КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА



VENÄJÄN TIEDEAKATEMIAN
KARJALAN TIEDEKESKUKSEN
POHJOISTEN ALUEIDEN VESIENTUTKIMUSLAITOS

WATER RESOURCES OF REPUBLIC OF KARELIA AND THEIR USE FOR DRINKING WATER SUPPLY

Experience of Karelian-Finnish cooperation

Petrozavodsk – Kuopio
2006

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ И ПУТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Опыт карельско-финляндского сотрудничества

KARJALAN TASAVALLAN VESIVARAT JA NIIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET VESIHUOLLOSSA

Karjalan Tasavallan ja Suomen yhteistyökokemuksia

Петрозаводск – Куопио
2006

Petroskoi – Kuopio
2006

УДК 556 (470.22) + 644.61/64

Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества / Ред. Н. Филатов, А. Литвиненко, А. Сяркиоя, Р. Порттикиви, Т. Регеранд. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. 263 с.: ил. 31, табл. 34. Библиогр. 193 назв.

В книге, подготовленной коллективом авторов из Карелии и Финляндии, представлены результаты более чем десятилетнего сотрудничества по изучению водных ресурсов Республики Карелия и возможностям их использования для водоснабжения. Тема исследования является чрезвычайно актуальной. Выполненная работа способствует повышению уровня жизни населения, укреплению здоровья людей, развитию внешних экономических и культурных связей, а также туризма в Республике Карелия. Данные этой публикации важны для гармонизации подходов к качеству воды, используемой для питьевого водоснабжения, принятых в РФ и странах ЕС.

Книга представляет интерес для специалистов в области водоснабжения, охраны окружающей среды, а также широкого круга читателей, интересующихся вопросами изучения и использования вод.

Kirjan tekijät ovat Karjalan Tasavallan ja Suomen asiantuntijoita, jotka ovat 10 vuoden aikana tehneet yhteistyötä ja selvittäneet alueemme pohjavesivarojen edellytykset ja mahdollisuudet vedenhankinnassa ja vesihuollossa. Aihetta pidetään erittäin ajankohtaisena. Tutkimus- ja selvitystyö mahdollistaa nostaa paikallisten asukkaiden elintasoa ja terveydenhuoltoa. Vesihuollon kehittäminen myötävaikuttaa Karjalan Tasavallan talous- ja kulttuuriyhteyksiin, myös turismi hyötyy. Kirjassa on esitetty materiaalia, jonka avulla voidaan tutustua Venäjän ja EU-maiden juomavedenlaatuvaatimuksiin.

Kirja on tarkoitettu vesihuollon ja ympäristönsuojelun asiantuntijoille ja myös kaikille lukijoille, jotka ovat kiinnostuneet vesien käytöstä ja tutkimuksista.

The volume, prepared by a team of authors from Karelia and Finland, presents the results of more than 10 years of co-operation in the study of Republic of Karelia water resources and the feasibility of their utilization for water supply. The problem is highly topical. The results of the activities promote the well-being and health of people, as well as foreign economic and cultural contacts and tourism in Republic of Karelia. The data reported in the book are essential for harmonizing Russia's and EU approaches to drinking water quality.

The book will be of interest to specialists in water supply, nature conservation, as well as to a wide readership concerned with water research and management.

Редакционная коллегия: ***Н. Филатов*** *(ответственный редактор),*
А. Литвиненко, А. Сяркиоя, Р. Порттикиви, Т. Регеранд
Toimittajat: ***N. Filatov, A. Litvinenko, A. Särkioja, R. Porttikivi, T. Regerand***

Перевод с финского языка ***– Т. Регеранд***
Перевод с русского языка ***– П. Хайми***
Käännös suomen kielestä venäjään ***– T. Regerand***
Käännös venäjän kielestä suomeen ***– P. Haimi***

Рецензенты – ***И. Зекцер, В. Лифшиц***
Resensentit – ***I. Zektcer, V. Livshits***

ISBN 5-9274-0208-9

© Карельский научный центр РАН, 2006
© Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, 2006
© Карельское отделение Русского Географического общества, 2006
© Центр окружающей среды Северная Саво, 2006
© Министерство окружающей среды Финляндии, 2006
© Министерство сельского и лесного хозяйства Финляндии, 2006
© Центр окружающей среды Финляндии, 2006
© Karjalan tutkimuskeskus, 2006
© Pohjoisten alueiden tutkimuslaitos, 2006
© Venäjän maantieteen seuran Karjalan osasto, 2006
© Pohjois-Savon ympäristökeskus, 2006
© Suomen ympäristöministeriö, 2006
© Suomen maa- ja metsätalousministeriö, 2006
© Suomen ympäristökeskus, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Summary . . . 8
Предисловие представителя Республики Карелия *(А. Склярский)* . . . 9
Предисловие представителей Финляндии *(Я. Хенттонен, Т. Коткасаари)* . . . 11
Благодарности . . . 13
Введение *(Н. Филатов)* . . . 17
Глава 1. Современное состояние водных объектов России и Финляндии: ресурсы, использование и охрана . . . 25
1.1. Водные ресурсы России *(Н. Филатов, А. Литвиненко)* . . . 27
1.2. Водные ресурсы Республики Карелия *(А. Литвиненко, И. Литвинова, Н. Филатов)* . . . 31
1.3. Водные ресурсы Финляндии *(Р. Порттикиви, А. Сяркиоя)* . . . 39
1.3.1. Поверхностные воды . . . 39
1.3.2. Подземные воды . . . 51
Глава 2. Поверхностные водные объекты Карелии как источник водоснабжения . . . 63
2.1. Особенности гидрографии *(А. Литвиненко, В. Карпечко, Н. Филатов)* . . . 65
2.2. Качество поверхностных вод *(П. Лозовик, Н. Филатов)* . . . 75
2.3. Возможности использования поверхностных водных объектов для питьевого водоснабжения . . . 87
2.3.1. Требования, предъявляемые к питьевой воде *(А. Морозов, А. Литвиненко)* . . . 87
2.3.2. Современное состояние питьевого водоснабжения *(А. Литвиненко, И. Литвинова, Н. Филатов)* 92
2.4. Наиболее крупные пресноводные озера Европы как источники водоснабжения . . . 97
2.4.1. Онежское озеро *(А. Литвиненко, А. Сабылина, Н. Филатов)* . . . 97
2.4.2. Ладожское озеро *(Н. Филатов)* . . . 105
Глава 3. Подземные воды Карелии как источник водоснабжения . . . 111
3.1. Гидрогеологические условия и ресурсы подземных вод *(М. Богачев, Г. Бородулина, А. Игонин)* 113
3.1.1. Гидрогеологические условия . . . 113
3.1.2. Ресурсы подземных вод . . . 120
3.2. Качество подземных вод *(Г. Бородулина)* . . . 127
3.2.1. Гидрогеохимическая характеристика подземных вод . . . 127
3.2.2. Эколого-геохимические особенности нормируемых элементов . . . 133
3.2.3. Особенности современного состояния подземных вод . . . 139
3.3. Результаты гидрогеологических исследований и перспективы использования вод из четвертичных отложений *(Г. Бородулина, М. Богачев, Н. Филатов)* . . . 144
3.4. Источники децентрализованного водоснабжения (родники и колодцы) *(Г. Бородулина)* . . . 161
Глава 4. Инвентаризация и мониторинг водных объектов Карелии . . . 167
4.1. Инвентаризация поверхностных и подземных вод *(Н. Филатов)* . . . 169
4.2. Мониторинг водных объектов . . . 179
4.2.1. Поверхностные воды *(П. Лозовик, Н. Филатов)* . . . 179
4.2.2. Подземные воды *(А. Игонин)* . . . 191
Глава 5. Возможные пути решения проблем питьевого водоснабжения в России и странах ЕС . . . 199
5.1. Опыт европейских стран по использованию запасов поверхностных и подземных вод *(Р. Порттикиви, А. Сяркиоя)* . . . 201
5.1.1. Условия организации водоснабжения в Европе . . . 202
5.1.2. Организация водоснабжения . . . 204
5.1.3. Водоснабжение . . . 207
5.1.4. Очистка сточных вод и канализация . . . 211
5.1.5. Стоимость воды . . . 212
5.1.6. Международное сотрудничество и руководство по использованию и охране водных ресурсов 217
5.1.7. Организация водоснабжения и законодательство по водоснабжению в Финляндии . . . 221
5.2. Охрана и устойчивое использование подземных вод в ЕС *(А. Сяркиоя, К. Катра, Т. Суомела)* 226
5.3. Организация водоснабжения в сельской местности *(Э. Сантала, А. Сяркиоя)* . . . 229
5.4. Совершенствование системы обеспечения населения питьевой водой в Российской Федерации и Республике Карелия *(А. Литвиненко, Н. Филатов)* . . . 236
Заключение . . . 242
Литература . . . 244
Приложение 1 . . . 249
Приложение 2 . . . 255

SISÄLLYSLUETTELO

Summary . . . 8
Karjalan Tasavallan edustajan alkusanat *(A. Skljarski)* . . . 9
Suomen edustajien alkusanat *(J. Henttonen, T. Kotkasaari)* . . . 11
Kiitokset . . . 15
Johdanto *(N. Filatov)* . . . 17

Osa 1. Venäjän ja Suomen vesistöjen nykytila: vesivarat, käyttö ja suojelu . . . 25
1.1. Venäjän vesivarat *(N. Filatov, A. Litvinenko)* . . . 27
1.2. Karjalan Tasavallan vesivarat *(A. Litvinenko, I. Litvinova, N. Filatov)* . . . 31
1.3. Suomen vesivarat *(R. Porttikivi, A. Särkioja)* . . . 39
1.3.1. Suomen pintavesistöt . . . 39
1.3.2. Suomen pohjavesivarat . . . 51

Osa 2. Karjalan Tasavallan pintavesistöt raakaveden lähteinä . . . 63
2.1. Hydrograafiset erikoispiirteet *(A. Litvinenko, V. Karpechko, N. Filatov)* . . . 65
2.2. Pintavesistöjen vedenlaatu *(P. Lozovik, N. Filatov)* . . . 75
2.3. Pintavesistöjen mahdollisuudet juomavesihuollossa . . . 87
2.3.1. Juomavedenlaadun vaatimukset *(A. Morozov, A. Litvinenko)* . . . 87
2.3.2. Nykyinen juomavesihuolto *(A. Litvinenko, I. Litvinova, N. Filatov)* . . . 92
2.4. Euroopan suurimmat järvet raakaveden lähteenä . . . 97
2.4.1. Ääninen *(A. Litvinenko, A. Sabylina, N. Filatov)* . . . 97
2.4.2. Laatokka *(N. Filatov)* . . . 105

Osa 3. Karjalan Tasavallan pohjavesivarat vesihuollossa . . . 111
3.1. Hydrogeologiset olosuhteet ja pohjavesivarat *(M. Bogachev, G. Borodulina, A. Igonin)* . . . 113
3.1.1. Hydrogeologiset olosuhteet . . . 113
3.1.2. Pohjavesivarat . . . 120
3.2. Pohjavesien laatu *(G. Borodulina)* . . . 127
3.2.1. Pohjavesien hydrokemia . . . 127
3.2.2. Normi-elementtien ympäristö-geokemian erikoispiirteet . . . 133
3.2.3. Pohjavesien nykytilan ominaisuudet . . . 139
3.3. Hydrogeologisten tutkimusten tulokset ja kvarttäärikautisten kerrostumien vesien käyttömahdollisuudet *(G. Borodulina, M. Bogachev, N. Filatov)* . . . 144
3.4. Keskittymättömän vesihuollon raakavesilähteet (lähteet ja kaivot) *(G. Borodulina)* . . . 161

Osa 4. Karjalan vesistöjen inventaario ja seuranta . . . 167
4.1. Pinta- ja pohjavesien inventaario *(N. Filatov)* . . . 169
4.2. Vesistöjen seuranta . . . 179
4.2.1. Pintavesistöt *(P. Lozovik, N. Filatov)* . . . 179
4.2.2. Pohjavesivarat *(A. Igonin)* . . . 191

Osa 5. Vesihuollon ongelmien ratkaisumahdollisuudet Venäjällä ja EU maissa . . . 199
5.1. Euroopan maiden pinta- ja pohjavesien käyttökokemukset *(R. Porttikivi, A. Särkioja)* . . . 201
5.1.1. Euroopan vesihuollon olosuhteet . . . 202
5.1.2. Vesihuollon organisointi . . . 204
5.1.3. Veden hankinta . . . 207
5.1.4. Jäteveden puhdistus ja viemäröinti . . . 211
5.1.5. Veden hinta . . . 212
5.1.6. Kansainvälinen yhteistyö ja ohjaus vesivarojen käytössä ja hoidossa . . . 217
5.1.7. Suomen vesihuollon lainsäädäntö . . . 221
5.2. EU-maiden pohjavesien suojelu ja kestävä käyttö *(A. Särkioja, K. Kaatra, T. Suomela)* . . . 226
5.3. Maaseudun vesihuollon kokemukset *(E. Santala, A. Särkioja)* . . . *229*
5.4. Venäjän Federaation ja Karjalan Tasavallan vesihuollon kehittäminen *(A. Litvinenko, N. Filatov)* . . . 236

Loppusanat . . . 242
Kirjallisuus . . . 244
Liite1 . . . 251
Liite 2 . . . 258

CONTENTS

Summary . . . 8

Preface . . . 9

Acknowledgements . . . 16

Introduction *(N. Filatov)* . . . 17

Chapter 1. Present-day status of water objects in Russia and Finland: resources, utilization and protection 25

1.1. Water resources of Russia *(N. Filatov, A. Litvinenko)* . . . 27

1.2. Water resources of Republic of Karelia *(A. Litvinenko, I. Litvinova, N. Filatov)* . . . 31

1.3. Water resources of Finland *(R. Porttikivi, A. Särkioja)* . . . 39

1.3.1. Surface waters . . . 39

1.3.2. Groundwaters . . . 51

Chapter 2. Surface water bodies in Karelia as raw water sources . . . 63

2.1. Hydrographic features *(A. Litvinenko, V. Karpechko, N. Filatov)* . . . 65

2.2. Surface water quality *(P. Lozovik, N. Filatov)* . . . 75

2.3. Feasibility of utilizing surface waters for drinking water supply . . . 87

2.3.1. Requirements to potable water *(A. Morozov, A. Litvinenko)* . . . 87

2.3.2. State-of-the-art in drinking water supply *(A. Litvinenko, I. Litvinova, N. Filatov)* . . . 92

2.4. Largest freshwater lakes of Europe as raw water sources . . . 97

2.4.1. Lake Onego *(A. Litvinenko, A. Sabylina, N. Filatov)* . . . 97

2.4.2. Lake Ladoga *(N. Filatov)* . . . 105

Chapter 3. Groundwater in Karelia as a raw water source . . . 111

3.1. Hydrogeological settings and groundwater resources *(M. Bogachev, G. Borodulina, A. Igonin)* . . . 113

3.1.1. Hydrogeological settings . . . 113

3.1.2. Groundwater resources . . . 120

3.2. Groundwater quality *(G. Borodulina)* . . . 127

3.2.1. Hydrogeochemical characteristics of groundwater . . . 127

3.2.2. Eco-geochemical properties of elements subject to normative regulation . . . 133

3.2.3. Present-day characteristics of groundwater condition . . . 139

3.3. Results of hydrogeological surveys and potential for utilization of water from Quaternary sediments *(G. Borodulina, M. Bogachev, N. Filatov)* . . . 144

3.4. Decentralized water supply sources (springs and wells) *(G. Borodulina)* . . . 161

Chapter 4. Water inventories and monitoring in Karelia . . . 167

4.1. Inventories of surface and ground waters *(N. Filatov)* . . . 169

4.2. Monitoring of water objects . . . 179

4.2.1. Surface waters *(P. Lozovik, N. Filatov)* . . . 179

4.2.2. Groundwater *(A. Igonin)* . . . 191

Chapter 5. Potential solutions to the drinking water supply problem for Russia and EU countries . . . 199

5.1. European experience of utilizing surface and ground water resources *(R. Porttikivi, A. Särkioja)* . . . 201

5.1.1. Conditions for water supply organization in Europe . . . 202

5.1.2. Organization of water supply . . . 204

5.1.3. Water supply . . . 207

5.1.4. Sewage treatment and diversion . . . 211

5.1.5. Water costs . . . 212

5.1.6. International cooperation and management of water utilization and protection . . . 217

5.1.7. Water supply organization and legislation in Finland . . . 221

5.2. Water protection and sustainable use of groundwater in the EU *(A. Särkioja, K. Kaatra, T. Suomela)* 226

5.3. Experience of water supply organization in rural areas *(E. Santala, A. Särkioja)* . . . 229

5.4. Upgrading of the system of drinking water supply to consumers in the Russian Federation and Republic of Karelia *(A. Litvinenko, N. Filatov)* . . . 236

Conclusion . . . 242

References . . . 244

Annex 1 . . . 252

Annex 2 . . . 260

SUMMARY

Studies carried out over the past 10 years by the Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Science (KRC of RAS) in co-operation with the Government Republic of Karelia, other organizations of the republic (Institute of Geology KRC of RAS, Karelian Geology Survey, Republic of Karelia Energy Commission and Sanitary Epidemic service RK) and with Finnish partners from the North Savo Regional Environment Centre (Kuopio), Finnish Environment Centre (SYKE), «Soil and Water» and «FinmapInfra» companies (Helsinki) with support from the Ministry of the Environment and Ministry of Agriculture and Forestry, Finland, have notably expanded the knowledge of the region's water resources, exposed the possibilities of their wider utilization in Karelia, and enabled application of the knowledge in some districts of the republic. The work was done within the national programme «Improvement of public potable water supply in the Russian Federation» and within bilateral Russian-Finnish co-operation programmes.

Many districts of Karelia were found to possess quite substantial groundwater resources. Simultaneously with surface waters, they were mapped for the first time, digital and paper versions of lake and river catalogues of Karelia were compiled, geographic information system on groundwater resources was developed in conformance with national and EU standards. Thus, essential contribution was made to the enhancement of potable water supply.

After years of joint research by experts from Karelia and Finland, the stores and quality of groundwater in Quaternary sediments were evaluated. High-quality groundwater stores were discovered sufficing for current and future public water supply of many communities (districts) in Karelia where water supply is an acute problem: Suojärvi, Porosozero, Kalevala, Kizhi, Pryazha, Louhi, Nadvoitsy, Chupa, etc. To approach the tasks comprehensively, we assessed water treatment characteristics, water supply networks, tap water quality, and considered the problems of centrally supplied water disinfection and mutagenicity. The comprehensive approach was crucial given the rather poor natural quality of humus-rich waters in Karelia, presence of iron and manganese in some waterbodies, wherefore water for potable water supply has to be pre-treated. Step-wise local development programmes were worked out for all the communities in question, describing the ways to improve water supply, predicting future water demand, analysing current problems and suggesting potential solutions based on economic calculations. Fairly inexpensive and effective measures have been proposed to rapidly improve potable water supply.

The studies have created the background for making the water supplied to people up to high quality standards and healthy. This task is essential for harmonizing Russia's and EU approaches to drinking water quality. As part of the Russian Federation, Karelia maintains over 800 km of national border with EU countries with quite many transboundary surface and groundwater bodies which should be wisely managed and conserved relying on agreed approaches based on sustainable development principles. Availability of plentiful surface and groundwater stores in Karelia is both of high importance for future socio-economic development of Northwest Russia and may later become of interest to other countries as well. The results promote the well-being and health of people, as well as foreign economic and cultural contacts and tourism in Republic of Karelia.

Despite all the developments, the rich water resources of Karelia are currently underused because of financial deficit. Ministries, departments, businesses, investors should take effort to apply available scientific expertise to make wider use of groundwater to provide people with sufficient amounts of high quality water. Measures to be taken by the government and local administrations to reduce health risks by improving drinking water quality using better protected, cleaner groundwater will pay the costs and bring the people of Karelia great benefits.

Good knowledge of the stocks and quality of surface and ground water, as well as successful implementation of scientific recommendations in a number of communities (districts) through construction of wells and boreholes with sufficient stores of high quality water could make Karelia a good showcase for some other Russian regions and some other counties, exemplifying the application of scientific knowledge for the solution of practical tasks of potable water supply, whereby the health and well-being of people is enhanced.

ПРЕДИСЛОВИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЯ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

KARJALAN TASAVALLAN EDUSTAJAN ALKUSANAT

Настоящая книга является результатом международного сотрудничества Финляндии и Карелии, основной целью которого была оценка возможности использования водных ресурсов и в особенности подземных вод для улучшения водоснабжения Республики Карелия. На основе результатов, полученных в ходе реализации совместных работ, была подготовлена программа совершенствования обеспечения населения Республики Карелия (РК) питьевой водой. При этом основное внимание было уделено возможности перевода водоснабжения на использование подземных вод, не требующих дорогостоящей первичной обработки, используя опыт водоснабжения Финляндии и других стран Европейского Союза (ЕС).

Исследования осуществлялись в виде нескольких подпроектов и успешно завершились, при этом полученные научные сведения имели большое практическое значение для РК. В период 1992–2004 гг. были проведены полевые работы по поиску и оценке запасов подземных вод в ряде населенных пунктов Карелии (Суоярви, Поросозеро, Калевала, Кестеньга, Лоухи, Чупа, Деревянка, Челмужи, Пряжа, Калевала, Муезерский, а также на территории музея-заповедника «Кижи»). Город Суоярви решением Правительства Республики Карелия на начальном этапе был выбран в качестве основного объекта по проекту в связи с наиболее сложной ситуацией по водоснабжению. На основе полученных результатов, одобренных Комитетом природных ресурсов РК, были определены участки для строительства водозаборных колодцев для водоснабжения г. Суоярви, оценены запасы подземных вод, и в 1999 г. построены три колодца. Однако реализация следующего этапа – строительство водовода – в настоящий момент затруднена по экономическим причинам. В 1999 г. проведены поисково-оценочные исследования на территории музея-заповедника «Кижи», где также построен водозаборный колодец, который является основой для продолжения проекта по водоснабжению острова в будущем. Проведены поисково-оценочные исследования запасов подземных вод на территории РК. В 2002 г. сторонами был представлен руководству республики окончательный отчет о совместных работах. Считаем сотрудничество в данном направлении весьма успешным и полезным для Республики Карелия, а проведение комплексных работ по

Tämä kirja on Suomen ja Karjalan Tasavallan yhteistyön tulos. Yhteistyön päällimmäisenä tavoitteena oli Karjalan Tasavallan vesivarojen ja ennen kaikkea pohjavesien käytön mahdollisuuksien selvittäminen vesihuollon kehityksessä. Yhteistyön tulosten perusteella laadittiin Karjalan Tasavallan vesihuollon kehitysohjelma, joka painottui pohjavesivarojen käyttöön. Käyttäen Suomen ja EU:n vesihuollon kokemuksia, eniten huomiota kiinnitettiin sellaisiin ratkaisuihin, jotka perustuvat hyvälaatuisiin ja määräisesti riittäviin pohjavesivaroihin, jotka eivätkä vaadi kallista esikäsittelyprosessia.

Selvitystyö koostui muutamista alaprojekteista, jotka olivat varsin hyvin suoritettu loppuun ja niiden tuloksilla on erittäin arvokas käytännöllinen merkitys Karjalan Tasavallalle. Vuosina 1992–2002 suoritettiin kenttätyötä, jolloin etsittiin ja arvioitiin eri paikkojen pohjavesivaroja tasavallan alueella (Suojärvi, Porosozero, Kalevala, Kestenga, Louhi, Tchupa, Derevjanka, Prääsä, Tchelmuzhi, Mujezerski ja «Kizhi» – museon ja luonnonsuojelualueella). Alkuvaiheessa Karjalan Tasavallan hallituksen päätöksen perusteella valittiin Suojärven alue, sillä sen vesihuollolla oli erittäin vaikea tilanne. Saatujen tulosten perusteella valittiin Suojärven vedenottamon pohjavesikaivojen paikat, jotka hyväksyttiin Karjalan Tasavallan luonnonvarojen komiteassa. Paikoille järjestettiin tarvittavat suojelualueet ja vuonna 1999 rakennettiin 3 kaivoa. Kuitenkin seuraavaan vaiheeseen eli vesijohdon rakentamiseen ei löytynyt rahaa. Vuonna 1999 tutkittiin pohjavesivaroja «Kizhi» – museon ja luonnonsuojelualueella. Sinne myös rakennettiin vedenottamon kaivo, jonka perusteella voidaan kehittää saaren vesihuoltoa tulevaisuudessa. Koko Karjalan Tasavallan alueella kartoitettiin pohjavesivaroja, kuvattiin vettäjohtavia horisontteja ja laskettiin niiden suodatusarvoja. Vuonna 2002 osapuolet toimittivat Karjalan Tasavallan hallitukselle loppuraportin yhteistyöstä. Pidämme yhteistyötämme erittäin onnistuneena ja hyödyllisenä Karjalan Tasavallalle. Pohjavesien kartoitus, pohjavesien varojen inventaario ja suojelun toimenpideohjelma ovat varsin tärkeitä vesihuollon kehityksen näkökulmasta. Tutkimukset, jotka aloitettiin projektin aikana, tällä hetkellä vielä jatkuvat ja niissä laajasti käytetään kansainvälisiä kokemuksia, mm. pohjavesien paikkatietokantoja, joita

инвентаризации запасов подземных вод на территории Карелии с целью выделения перспективных участков для водоснабжения населенных пунктов и составления планов мероприятий по их охране – крайне важными. Исследования, начатые во время проекта и осуществляемые в настоящее время с применением международного опыта по составлению баз данных по запасам подземных вод и поверхностных водных объектов на основе ГИС-технологий с последующим использованием их для решения экономических задач, необходимо продолжить в более широких масштабах с охватом всей территории республики. Очень важно, что во время реализации проекта проводилась широкая информационная работа, которая включала как научные и научно-производственные семинары и конференции, так и публикации в СМИ, издание материалов проекта в виде отчетов, рекомендаций и методических разработок, которые направлялись руководству республики и во все районы Карелии. Настоящая книга подводит итог совместным работам и является полезным документом для специалистов в области водоснабжения, административных и научных работников, всех жителей Карелии, которые увидят, как результаты научного сотрудничества могут быть использованы на практике для улучшения качества жизни, сохранения здоровья населения.

Первый заместитель председателя
Государственного Комитета Республики Карелия
по реформированию жилищно-коммунального
хозяйства А. М. Склярский

voidaan käyttää myös eri taloustehtävissä. Tutkimuksia kannattaa jatkaa koko tasavallan alueella. Mainittakoon, että projektista tiedotettiin massamediassa, järjestettiin tieteellisiä ja tieteellis – käytäntöllisiä seminaareja ja konferensseja, julkistettiin raportteja, joissa esitettiin ehdotuksia ja suosituksia, joita toimitettiin tasavallan ja piirien johtajille. Tämä kirja on pitkän yhteistyövaiheen lopputulos ja yhteenveto. Luulen, että kirja on hyvin hyödyllinen vesihuoltoasiantuntijoille, myös tutkijoille ja monille muille Karjalan Tasavallan asukkaille. Lukijat vielä saavat mahdollisuuden nähdä miten yhteistutkimusten tuloksia käytetään ihmisten elintason nousua ja terveydenhuoltoa varten.

A. M. Skljarski
Karjalan Tasavallan asuntotaloudellisuudistamisen
Valtion Komitean puheenjohtajan
ensimmäinen sijainen

ПРЕДИСЛОВИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ФИНЛЯНДИИ

SUOMEN EDUSTAJIEN ALKUSANAT

В середине 1990-х гг. в рамках сотрудничества между Финляндией и Россией начались работы по проекту развития водоснабжения в Республике Карелия. Основной целью совместного проекта было исследование наиболее важных с точки зрения водоснабжения месторождений подземных вод по всей республике и составление планов использования запасов подземных вод для водоснабжения. Результатом совместной работы стал подготовленный план развития водоснабжения, одобренный Правительством Республики Карелия, основывающийся на использовании картированных запасов подземных вод. Дополнительно были осуществлены отдельные пилотные проекты по питьевому водоснабжению и исследования по охране подземных вод. Более подробно результаты проекта представлены в отдельных главах данного издания.

В настоящее время водоснабжение Республики Карелия почти полностью базируется на использовании поверхностных вод. При этом нагрузка на водоемы от коммунальных и промышленных сточных вод весьма значительна. Качество воды поверхностных водоемов, используемой в виде исходной для водоснабжения, плохое. Это приводит к необходимости обеззараживания питьевой воды хлором в больших количествах. Фактором риска становится взаимодействие хлора и гумуса, содержащегося в исходной воде, результатом чего является высокая мутагенность питьевой воды, что повышает риск канцерогенных заболеваний. Часто возникают санитарные проблемы, связанные с питьевой водой.

Осуществлению проекта в течение десяти лет способствовало финансирование со стороны Республики Карелия, а также Министерства сельского и лесного хозяйства и Министерства окружающей среды Финляндии в рамках приграничного сотрудничества. В рабочую группу проекта входили организаторы совместной работы: Центры окружающей среды Финляндии и провинции Северная Саво, а также Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской Академии наук, Комитет природных ресурсов, Региональная энергетическая комиссия по Республике Карелия. В качестве консультантов выступали СЭС РК, а также фирма «Земля и Вода» и университет г. Куопио (Финляндия).

Venäjän Karjalan Tasavallan ja Suomen lähialueyhteistyöhankkeena alkoi vuoden 1990-luvun puolivälissä Karjalan Tasavallan vesihuollon kehittämishanke. Yhteistyöhankkeen tärkeimpänä tuloksena tutkittiin vedenhankinnan kannalta tärkeät pohjavesialueet koko tasavallan alueella ja laadittiin suunnitelma pohjavesivarojen hyödyntämiseksi vedenhankinnassa. Yhteistyön tuloksena valmistuikin Karjalan Tasavallan hallituksen hyväksymä vesihuollon kehittämissuunnitelma, joka perustuu kartoitettujen pohjavesivarojen hyödyntämiseen. Myös yksittäisiä juomaveden hankintaa ja vesiensuojelua palvelevia tutkimuksia ja pilottiprojekteja toteutettiin. Yksityiskohtaisemmin projektin tuloksia esitellään tämän julkaisun artikkeleissa.

Yhdyskuntien vedenhankinta perustuu Karjalan Tasavallassa nykyisin lähes kokonaan pintaveden käyttöön. Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien kuormitus vesistöön on huomattavan suuri. Raakavetenä käytetyn pintaveden laatu on usein huono ja erityisesti keväisin ja syksyisin koetaan vaikeuksia vedenpuhdistuksessa. Tämä on johtanut Karjalassa hyvin suureen kloorin käyttöön juomaveden desinfioinnissa. Haittavaikutuksena on ollut kloorin ja raakavedessä olevan humuksen yhteisvaikutuksena korkea juomaveden mutageenisuus, mikä korkeina arvoina on osoitus karsinogeenisista riskeistä. Hygieenisiä haittoja juomavedessä esiintyy usein.

Venäjän Karjalan Tasavallan ja Suomen maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön lähialueyhteistyörahoitus mahdollisti lähes kymmenen vuotta kestäneen projektin. Työryhmässä olivat yhteistyöorganisaatioina Suomesta Pohjois-Savon ympäristökeskus ja Suomen ympäristökeskus sekä Karjalan Tasavallasta Venäjän tiedeakatemian Karjalan tiedekeskuksen pohjoisten vesiongelmien tutkimuslaitos, Geologian ja luonnonvarojen komitea sekä Karjalan Tasavallan energiakomitean kunnallistalouden osasto.

Työryhmän puheenjohtajana toimi yli-insinööri Reijo Porttikivi sekä jäseninä hydrogeologi Aarno Särkioja Pohjois-Savon ympäristökeskuksesta ja Erkki Santala Suomen ympäristökeskuksesta. Karjalan Tasavallan edustajina työryhmässä olivat johtaja Nikolai Filatov, tieteellinen sihteeri Tatjana Regerand, laboratoriopäällikkö Aleksander Litvinenko, johtava hydro-

Постоянными участниками проекта были руководитель рабочей группы старший инженер Центра окружающей среды Северная Саво Рейо Порттикиви и гидрогеолог Аарно Сяркиоя этого же центра, сотрудник Центра окружающей среды Финляндии Эркки Сантала. От Республики Карелия в рабочей группе участвовали сотрудники Института водных проблем Севера: директор Николай Филатов, ученый секретарь Татьяна Регеранд, старший научный сотрудник Александр Литвиненко, ведущий гидрогеолог Михаил Богачев, научный сотрудник Галина Бородулина, а также руководитель унитарного предприятия Станислав Титаренко.

Председателями руководящей группы от Карелии были В. Дубов, а затем А. Склярский, а от Финляндии – советник по окружающей среде Министерства окружающей среды Финляндии Я. Хенттонен и начальник отдела, старший руководитель Министерства сельского и лесного хозяйства Т. Коткасаари.

В результате осуществления совместного проекта было подтверждено, что в Республике Карелия имеются запасы подземных вод как достаточного количества, так и высокого качества. Водоснабжение в перспективе следовало бы организовывать на долгосрочном использовании подземных вод. Одной из основ развития водоснабжения должно быть приграничное сотрудничество. Хорошо действующая система водоснабжения является основой жилищно-коммунального хозяйства, сельского хозяйства и промышленности. Как показал опыт, развитая технология использования подземных вод, существующая в Финляндии, хорошо подходит и для условий Республики Карелия. Инвестиционные потребности для водоснабжения в Карелии достаточно большие, что предполагает целенаправленные ежегодные вложения, государственное финансирование и развитие системы тарифов на водопотребление.

Яакко Хенттонен
Старший руководитель
Финляндско-Российской рабочей группы
по водоснабжению Principal Banker, EBRD
Тимо Коткасаари,
Министерство сельского и лесного
хозяйства,
начальник отдела, старший руководитель

geologi Mihail Bogatsev, hydrogeologi Galina Borodulina ja johtaja Stanislav Titarenko.

Tutkimuslaitoksen ohella johtoryhmässä olivat edustettuina Venäjän Karjalan Tasavallan energiakomitean kunnallistalouden osasto ja ekologian ministeriö sekä Suomesta maa- ja metsätalousministeriö ja ympäristöministeriö. Johtoryhmän puheenjohtajina toimivat Karjalan Tasavallasta ministeri Valeri Dubov ja Suomesta ympäristöneuvos Jaakko Henttonen ympäristöministeriöstä ja osastopäällikkö, ylijohtaja Timo Kotkasaari maa- ja metsätalousministeriöstä.

Lähialueyhteistyöhankkeen tuloksena voidaan todeta, että Venäjän Karjalan Tasavallassa on sekä määrältään ja laadultaan hyvät pohjavesivarat. Vedenhankinnan tulisikin perustua pitkällä aikavälillä pohjavesivarojen hyödyntämiseen. Vesihuollon kehittämisen tulisi olla yksi tärkeä pilari lähialueyhteistyössä. Onhan hyvin toimiva vesihuolto kaiken asutuksen, maatalouden ja yritystoiminnan perusta. Suomessa pohjavesivarojen hyödyntämiseen kehitetty teknologia soveltuu hyvin myös Karjalan Tasavallan olosuhteisiin. Vesihuollon investointitarpeet ovat Karjalan Tasavallassa suuret, mikä edellyttää vuosien määrätietoista panostusta, valtion rahoitusta ja vesimaksujärjestelmän kehittämistä.

Jaakko Henttonen
Suomen Akatemian alaisen Suomen ja Venäjän
vesihuollon yhteistyöryhmän pj Principal Banker,
EBRD,
Timo Kotkasaari
Maa- ja metsätalousministeriö Osastopäällikkö,
ylijohtaja

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящая книга является результатом международного сотрудничества Финляндии и Карелии по проекту «Развитие водоснабжения Карелии». Исследование, поиск подземных вод и строительство колодцев осуществлялись в виде нескольких пилотных проектов и успешно завершились благодаря многим организациям и специалистам как Карелии, так и Финляндии.

Авторы книги благодарны за постоянную поддержку и внимание со стороны Правительства РК, а также Министерства сельского и лесного хозяйства Финляндии и Министерства окружающей среды Финляндии.

Основную нагрузку по организации работы и управлению взяли на себя члены руководящей группы проекта. Начиная с 1995 г. в нее входили со стороны Финляндии представители Министерства сельского и лесного хозяйства, Министерства окружающей среды и Центра окружающей среды Северная Саво. До 1998 г. ее возглавлял советник по окружающей среде Министерства окружающей среды Финляндии Я. Хенттонен, а далее старший руководитель Министерства сельского и лесного хозяйства Т. Коткасаари. От Правительства Республики Карелия руководящую группу возглавлял в начале проекта В. Дубов, позднее в ее состав вошли Председатель Региональной энергетической комиссии Ю. Ахтарин и первый заместитель Председателя А. Склярский, а также С. Титаренко от Государственного предприятия по производству, материально-техническому снабжению и электроснабжению жилищно-коммунального хозяйства Республики Карелия. В состав руководящей группы от Карелии постоянно входили представители Комитета природных ресурсов по Республике Карелия: председатели, возглавлявшие комитет в разные годы работы по проекту, А. Булавин, А. Морозов, позднее Ю. Кореньков, заместитель председателя Комитета Б. Чихачев. Научную часть проекта возглавлял директор Института водных проблем Севера КарНЦ РАН доктор географических наук Н. Филатов.

В работе руководящей группы со стороны Финляндии активное участие принимали старший инспектор М. Маунула и советник по водоснабжению А. Хаверинен из Министерства сельского и лесного хозяйства, сотрудник Министерства окружающей среды Ю. Виртанен, сотрудники Центра окружающей среды Финляндии И. Тиайнен, К. Хоманен, Э. Сантала, специальный исследователь Л. Хаверинен, директор Центра окружающей среды Северная Саво М. Хентонен.

Особо важная миссия была у представителей Центра окружающей среды Северная Саво: старшего инженера Р. Порттикиви, гидрогеолога А. Сяркиоя, старшего мастера Й. Эронена, эксперта-прораба Т. Хюнюнена. В работе также участвовали планировщик К. Маатта, инженер по вопросам водоснабжения Я. Сиеккинен, секретарь К. Сойнинен и секретарь по издательским работам Х. Койвисто.

На последующих этапах работы в проект органично вписались представители администраций городов Финляндии Вааса – Ю. Лаурила и Варкауса – К. Крооксе.

В практических работах по строительству водозаборных сооружений помощь оказал М. Кауппиайнен.

Важная работа «Здоровье окружающей среды в Республике Карелия» была подготовлена во время проекта стажером Университета Хельсинки В.-П. Тюнкиненом.

В реализации пилотных проектов по картированию запасов подземных вод, в создании баз данных и геоинформационных систем активное участие принимали консалтинговые фирмы Финляндии: Maa ja Vesi Oy (Куопио и Хельсинки), Suunnittelukeskus Oy (Куопио), Viatek (Хельсинки), FINNMAP Infra Oy (Хельсинки), Omavesi Oy (Тампере), Yritysvoima Oy (Хельсинки). Выражаем большую благодарность специалистам этих фирм (Х. Викман, Ю. Кайя, О. Яскеляйнен, К. Микконен, Л. Сайонмаа, Ю. Рятю, Р. Матила, О. Довгулевич, Ю. Сурилайнен, Э. Шеберг), а также сотрудникам Центра окружающей среды Финляндии (С. Митикка-Антикайнен, Р. Теинирантa, Ю. Суксдорф, М. Иокола, П. Харма).

В осуществлении некоторых пилотных проектов принимали участие представители Министерства экологии и природных ресурсов Республики Карелия, включая министра М. Фещенко, заместителей министра А. Ширлина и В. Соломонова и ведущего специалиста Б. Зубковича. В гидрогеологических работах участвовали сотрудники Карельской геологической экспедиции Р. Еникеев, В. Михайлов, Н. Ручьева и сотрудник Института геологии КарНЦ РАН И. Демидов. Ценные консультации и комментарии относительно санитарно-эпидемиологической ситуации, связанной с питьевым водоснабжением, были представлены заместителем главного врача

Центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора Республики Карелия В. Оберемченко. Большую практическую помощь в проведении пилотного проекта по развитию водоснабжения острова Кижи, включающего исследования запасов подземных вод и строительство водозаборного колодца, оказал сотрудник музея-заповедника «Кижи» Ю. Протасов. Необходимо отметить активную работу, понимание и поддержку сотрудников региональных администраций, заинтересованных в реальном улучшении водоснабжения населенных пунктов Республики Карелия.

Помощь в подготовке иллюстративного материала оказали сотрудники ИВПС КарНЦ РАН М. Богданова, Ю. Сало, М. Сярки, А. Коросов.

Книга подготовлена за счет средств и возможностей Института водных проблем Севера КарНЦ РАН и Центра окружающей среды Северная Саво (г. Куопио).

Институт признателен за содействие в работе предприятию «Петрозаводские коммунальные системы».

Авторы благодарны рецензентам профессору, докт. геогр. наук И. Зекцеру и канд. техн. наук В. Лифшицу за полезные замечания и советы.

KIITOKSET

Tämä kirja on Suomen ja Karjalan Tasavallan kansainvälisen yhteistyön tulos «Karjalan Tasavallan vesihuollon kehittäminen» -projektin yhteydessä. Pohjavesiselvitykset ja vesikaivojen rakentaminen suoritettiin pilot-hankkeiden muodossa monien Suomen ja Karjalan Tasavaltojen organisaatioiden ja asiantuntijoiden tuella ja voimilla.

Kirjantekijät ovat kiitollisia Karjalan Tasavallan hallinnolle, Suomen maa- ja metsätalousministeriölle, Suomen ympäristöministeriölle jatkuvasta tuesta ja huomiosta.

Projektin ohjausryhmällä on ollut hyvin suuri vastuu ja osuus työn edistämisessä. Vuodesta 1995 alkaen ohjausryhmään kuuluivat Suomen ympäristöministeriön, Suomen maa- ja metsätalouden ministeriön ja Pohjois-Savon ympäristökeskuksen edustajat. Suomen ympäristöministeriön ympäristöneuvos Jaakko Henttonen johti ohjausryhmää vuoteen 1998 saakka ja sen jälkeen Suomen maa- ja metsätalouden ministeriön osastonpäällikkö ylijohtaja Timo Kotkasaari. V. Dubov johti ohjausryhmää Karjalan Tasavallan hallituksen puolesta ja myöhemmin ohjausryhmään kuuluivat alueellisen energialautakunnan puheenjohtaja J. Ahtarin, ensimmäinen varapuheenjohtaja A. Skljarski sekä Karjalan Tasavallan sähkö- ja kunnallistekniikan liikelaitoksen edustaja S. Titarenko. Karjalan Tasavallan luonnonvarojen komitean edustajat osallistuivat koko projektin ajan ohjausryhmän toimintaan – puheenjohtajat – A. Bulavin, A. Morozov, J. Korenkov ja varapuheenjohtaja B. Tchihatchjov. Karjalan Tasavallan tutkimuskeskuksen pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen johtaja maantieteellinen tohtori N. Filatov johti projektin tutkimuksia.

Suomen puolelta ohjausryhmään kuuluivat maa- ja metsätalousministeriön ylitarkastaja M. Maunula ja vesihuoltoneuvos A. Haverinen, ympäristöministeriön asiantuntija J. Virtanen, Suomen ympäristökeskuksen asiantuntijat I. Tiainen, K. Homanen, E. Santala, erikoistutkija L. Haverinen ja Pohjois-Savon ympäristökeskuksen johtaja M. Henttonen.

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen edustajat hoitivat projektin tärkeät tehtävät: vanhempi insinööri R. Porttikivi, hydrogeologi A. Särkioja, vanhempi rakennusmestari J. Eronen, erikoistyönjohtaja T. Hynynen. Suunnittelija K. Määttä, vesihuoltoinsinööri J. Siekkinen, sihteeri K. Soininen ja julkaisusihteeri H. Koivisto myös osallistuivat projektiin.

Vaasan kaupungin edustaja J. Laurila ja Varkauden kaupungin edustaja K. Krooks tekivät varsin paljon työtä projektissamme.

Urakoitsija M. Kauppinen osallistui vedenottamokaivojen rakennusvaiheeseen.

Projektin puitteissa harjoittelija V.-P. Tynkkynen teki tärkeän selvitystyön «Karjalan Tasavallan ympäristöntila ja terveys».

Pohjavesien kartoituksen pilot-hankkeisiin ja paikkatietojärjestelmän kehittämiseen osallistuivat konsultit: Maa ja Vesi Oy (Kuopiosta ja Helsingistä), Suunnittelukeskus Oy (Kuopio), Viatek (Helsinki), FINNMAP Infra Oy (Helsinki), Omavesi Oy (Tampere), Yritysvoima Oy (Helsinki). Lämpimästi kiitämme firmojen asiantuntijoita: H. Vikman, J. Kaija, O. Jääskeläinen, K. Mikkonen, L. Saijonmaa, J. Räty, R. Matila, O. Dovgulevitch, Y. Surialainen, E. Seberg. Kiitämme myös Suomen ympäristökeskuksen edustajia – S. Mitikka, R. Teiniranta, Y. Suksdorff, M. Joukola ja P. Harmaa.

Karjalan Tasavallan ympäristöministeriön edustajat osallistuivat pilot-hankkeisiin, mukaan lukien ministeri M. Feshenko, varaministerit A. Shirlin ja V. Solomonov, johtava asiantuntija B. Zubkovitch. Karjalan geologian ekspedition edustajat osallistuivat hydrogeologisiin tutkimuksiin: R. Enikeev, V. Mihailov ja N. Rutchjova ja I. Demidov (Karjalan tutkimuskeskuksen geologian tutkimuslaitos). Karjalan Tasavallan terveysviraston varapäälääkäri V. Oberemtchenko antoi projektille arvokkaita kommentteja ja avusti konsulttina juomavesihuollon asioissa. «Kizhi»-saaren museon asiantuntija J. Protasov avusti meitä paljon pohjavesien kartoituksessa ja vedenottamokaivon rakennustyössä. Haluamme myös korostaa Karjalan Tasavallan taajamien hallintojen aktiivista työtä vesihuollon kehittämisessä. Kiitämme asiantuntijoita tuestaan ja ymmärryksestään.

Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen asiantuntijat M. Bogdanova, J. Salo, M. Särki ja A. Korosov tekivät paljon kuvamateriaalia julkaisua varten.

Kirjan valmistaminen on tehty Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen ja Pohjois-Savon ympäristökeskuksen (Kuopio) varoilla ja resursseilla.

Tutkimuslaitos kiittää «Petrozavodskije kommunalnye sistemy» (Petroskoin kunnallis-tekniikan laitos) -yritystä.

Tekijät myös kiittävät kirjan tekstin arvostelijaa – maantieteellistä tohtoria, professori I. Zektseria ja tekniikan kandidaattia V. Livshitsia hyödyllisistä huomautuksista ja neuvoista.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present volume is an outcome of bilateral co-operation between Finland and Republic of Karelia in the project «Water Supply Development in Karelia». Research, groundwater prospecting and well construction were carried out as several pilot projects and completed successfully owing to concerted efforts of quite many organizations and specialists from both Karelia and Finland.

The authors have appreciated constant support and solicitude from the Republic of Karelia Government, as well as from the Finnish Ministry of Agriculture and Forestry, and Ministry of the Environment.

The main load of organizing and administrating the activities was taken on by the project Steering Group. Starting 1995, its Finnish part included representatives of the Ministry of Agriculture and Forestry, Ministry of the Environment and North Savo Regional Environment Centre. Until 1998, it was chaired by J. Henttonen, Counsellor for the Environment, Ministry of the Environment, Finland, and then by T. Kotkasaari, Director General, Ministry of Agriculture and Forestry, Finland. The Steering Group co-chairman for Republic of Karelia Government was first V. Dubov, who was later joined in the Group by J. Ahtarin, Chair of the Regional Energy Commission and A. Skliarskiy, First Vice-Chair, as well as by S. Titarenko, representing the State Enterprise for Production, Procurement and Energy Supply of Republic of Karelia Housing and Communal Facilities. The Karelian part of the Steering Group constantly included representatives of the Republic of Karelia Committee for Natural Resources: current chairs of the Committee A. Bulavin, A. Morozov, later on – J. Koren'kov, Vice-Chair of the Committee B. Chikhachev. The scientific component of the project was supervised by Dr. Filatov, Director of the Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Science (KRC of RAS).

Active participants of the Steering Group on the Finnish part were M. Maunula, Chief Inspector, A. Haverinen, Counsellor for Water Supply, Ministry of Agriculture and Forestry, J. Virtanen, Specialist, Ministry of the Environment, I. Tiainen, K. Homanen, E. Santala from the Finnish Environment Centre, L. Haverinen, Special Researcher, M. Henttonen, Director of the North Savo Regional Environment Centre.

The most important mission was fulfilled by representatives of the North Savo Regional Environment Centre: Chief Inspector R. Porttikivi, Hydrogeologist A. Särkioja, Senior Craftsman J. Eronen, Expert Foreman T. Hynynen. Planner K. Maatta, Water Supply Engineer J. Siekkinen, Secretary K. Soininen and Publishing Secretary H. Koivisto also took part in the activities.

At later phases, representatives of Finnish municipal authorities J. Laurila from Vaasa and K. Krooks from Varkaus smoothly joined the project.

Assistance in the actual construction of water intake facilities was provided by M. Kauppinen.

An essential publication «Environmental Health in the Karelian Republic» was prepared during the project by V.-P. Tynkkynen.

Active contribution within pilots project for mapping groundwater resources, generation of databases and GIS was done also by consulting companies from Finland: Maa ja Vesi Oy (Kuopio and Helsinki), Suunnittelukeskus Oy (Kuopio), Viatek (Helsinki), FINNMAP Infra Oy (Helsinki), Omavesi Oy (Tampere), Yritysvoima Oy (Helsinki). Our deepest thanks go to experts from these firms H. Vikman, J. Kaija, O. Jääskeläinen, K. Mikkonen, L. Saijonmaa, J. Räty, R. Matila, O. Dovgulevitch, Y. Surialainen, E. Seberg, as well as to people from the Finnish Environment Centre S. Mitikka-Antikainen, R. Teiniranta, Y. Suksdorff, M. Youkola, P. Harmaa.

Some of the pilot projects were implemented with participation of representatives of the Republic of Karelia Ministry for Ecology and Natural Resources, including the Minister M. Feshchenko, Vice-Ministers A. Shirlin and V. Solomonov, and the Leading Specialist B. Zubkovich. Some hydrogeological activities involved experts from the Karelian Geology Survey R. Yenikeev, V. Mikhailov and N. Ruchjova, and researcher from the Institute of Geology, KRC of RAS I. Demidov. Valuable counsel and comments regarding the sanitary and epidemiologic situation in the sphere of potable water supply were given by the Deputy Head of the Republic of Karelia Sanitary and Epidemiologic Inspectorate V. Oberemchenko. Much practical assistance in implementing the pilot project on water supply development on the Kizhi Island, including surveys of groundwater resources and construction of the water intake well, was provided by the «Kizhi» reserve museum employee J. Protasov. A noteworthy fact is the active work, understanding and support demonstrated by regional authorities, interested in tangible improvement of water supply to Republic of Karelia communities.

Illustrations were prepared with the help of employees of the Northern Water Problems Institute, KRC of RAS: M. Bogdanova, J. Salo, M. Sjarki, A. Korosov.

The volume was prepared using the resources and facilities of the Northern Water Problems Institute, KRC of RAS and the North Savo Regional Environment Centre (Kuopio).

The Institute is grateful to the «Petrozavodsk Communal Systems» enterprise for assistance.

The authors would like to thank the reviewers, Prof. I. Zektser and Dr. Lifschits for useful comments and advice.

ВВЕДЕНИЕ

JOHDANTO

Водные ресурсы играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития. Состояние здоровья населения, развитие экономики стран в значительной степени зависят от наличия и качества водных ресурсов, их рационального комплексного использования и охраны (Water for People, Water for Life, 2003). Россия является одной из наиболее обеспеченных водными ресурсами стран, располагая более чем 20% мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод. Среднемноголетние ресурсы речного стока России составляют 4 262 км^3 в год (10% объема мирового речного стока). Из них около 90% приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов и менее 8% – на бассейны Атлантического океана и Каспийского моря. На одного жителя страны приходится около 30 тыс. м^3 воды в год или 78 м^3 в сутки (второе место в мире после Бразилии). Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод составляют свыше 360 км^3 в год (Бабкин, 2004). Учитывая подверженность открытых водных источников антропогенному воздействию, все больше в мире используют подземные воды, более защищенные от загрязнения.

В последние 20–30 лет заметно обострились проблемы, связанные с противоречиями между растущими потребностями человечества и природными ресурсами. К их числу относится проблема загрязнения вод человеком и обеспечение населения питьевой водой полноценного качества. Глобальные масштабы этой проблемы в полной мере обозначились еще в 1977 г. на Конференции ООН по водным ресурсам, а в 2003 г. – на Всемирном водном форуме. Анализ ситуации, сложившейся во многих странах мира и характеризующейся количественным и качественным дефицитом питьевой воды, ростом и масштабами заболеваемости населения, связанными с негативным влиянием водного фактора, явился причиной провозглашения 1980-х гг. Десятилетием питьевой воды и санитарии. Недостаток в пресной воде отмечается на территории, составляющей около 60% всей площади суши Земли. Во многих районах водный фактор начинает сдерживать развитие промышленности и сельского хозяйства.

По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно 1,2 млрд человек страдают от нехватки

Vesivaroilla on tärkeä rooli Venäjän sosiaalis-taloudellisessa kehityksessä. Väestön terveys ja maan taloudellinen kehitys riippuvat suuressa määrin vesivaroista – niiden määrästä ja laadusta ja siitä, miten monipuolisesti ja järkevästi niitä käytetään ja suojellaan. Venäjällä on riittävät makeaveden varat, siellä on 20 % maailman pinta- ja pohjavesien varoista. Venäjän jokien monivuotinen keskivalunta on 4262 kuutiokilometriä vuodessa (10 % maailman jokivalunnasta), niistä noin 90 % kuuluu Pohjoisen ja Tyynen valtameren ja alle 8 % kuuluu Kaspian ja Azovin meren valuma-alueelle. Valunta on noin 30 000 m^3/vuodessa (eli 78 m^3/vuorokaudessa) per 1 asukas (tämän arvon mukaan Venäjä on toisella sijalla maailmassa Brasilian jälkeen). Ennusteiden mukaan Venäjän käyttökelpoisten pohjavesivarojen määrä ylittää 360 km^3/vuodessa. Pintavesistöjä käytetään hyvin paljon raakaveden lähteenä, koska ne ovat pintavesistöihin verrattuna enemmän alttiita ihmistoiminnasta aiheuttuviin kuormituksiin ja vaikutuksiin.

Jo aikoja sitten havaittiin, että ihmiskunnan kasvavilla tarpeilla ja luonnonvarojen välillä on selkeät ristiriidat ja ongelmat, jotka huomattavasti pahenivat viime 20–30 vuoden aikana. Juuri siihen kuuluu myös vesistöjen kuormituksen ja pilaantumisen ongelmat ja ihmisten hyvälaatuisen juomaveden saanti. Maailmanlaajuisesti tästä keskusteltiin vuonna 1977 UKK:n vesivarojen konferenssissa ja sen jälkeen myös vuonna 2003 maailman vesifoorumissa. Tilannetta analysoitiin monissa maissa, joissa ei ole hyvänlaatuista vettä tai vettä ylipäänsä on hyvin vähän. Toisaalta väestön juomavesiperäisiin tauteihin liittyvät sairastuvuudet lisääntyvät. Tästäkin syystä 1980-luku julistettiin «Juomaveden ja sanitarian vuosikymmeneksi». Makean veden puutteita on havaittu 60 % kuivamaan alueella. Vesitekijä rajoittaa teollisuuden ja maatalouden kehitystä monissa maapallon kolkissa.

Arvion mukaan maailman vedentarve kasvaa yhdyskuntien vesihuollossa, teollisuudessa ja maataloudessakin. Maailman terveysorganisaation (WHO) tietojen mukaan noin 1,2 miljardia ihmistä kärsii juomaveden puutteesta. Sen lisäksi juomaveden laatu huononee ja se vaikuttaa negatiivisesti ihmisryhmien terveyteen kehitys- ja kehittyneissäkin maissa. Tilan-

питьевой воды. Особую озабоченность вызывают факты ухудшения гигиенических показателей питьевой воды, что отрицательно сказывается на состоянии здоровья значительных по численности групп населения в ряде развивающихся и некоторых развитых государств и требует срочных и решительных мер для исправления создавшегося положения. Хорошая вода уже стала предметом экспорта. Многие страны, такие как Израиль, Гонконг и ряд других, полностью используют для своих целей водные ресурсы других государств. Чистые глубинные воды оз. Байкал продаются в Германию и Японию. Гонконг получает воду по специальным трубопроводам из Китая, а в засушливые годы вода доставляется сюда танкерами. Рядом стран рассматриваются проекты закупки пресной воды, например, крупнейших озер Европы: Ладожского и Онежского.

За последние 50 лет поверхностные воды подвергаются очень серьезному влиянию человека. Многие реки и озера загрязнены настолько, что их воду не только нельзя пить, но в них даже нельзя купаться. Можно вспомнить «умирающие» когда-то Великие американские озера или загрязнение р. Рейн в Германии. Когда осознали масштабы и серьезность проблемы загрязнения водных объектов, были предприняты беспрецедентные меры по их спасению. В настоящее время приостановлено загрязнение и эвтрофирование озер Эри и Онтарио. Постепенно восстанавливаются воды р. Рейн, в которую вернулось около 70 видов рыб, чище стали американские озера. В результате предпринятых мер, а также из-за падения производства в РФ замедлился процесс антропогенного эвтрофирования и загрязнения крупнейших пресноводных озер Европы – Онежского и Ладожского, а также оз. Байкал, как и на Великих американских озерах.

В последние десятилетия во многих странах стало очевидным, что одним из важнейших видов водных ресурсов, которые можно использовать для питьевых целей, являются подземные воды. Про них гидрогеологи говорят, что это полезное ископаемое номер один. Главная особенность подземных вод – их защищенность от непосредственного воздействия загрязнений, возобновляемость в процессе общего круговорота воды, что коренным образом отличает подземные воды от всех других полезных ископаемых. Кроме того, при эксплуатации подземных вод происходит не только расходование, но во многих случаях и дополнительное формирование, вызванное усилением питания подземных вод поверхностными, а также за счет уменьшения испарения с поверхности грунтовых вод. Другая существенная особенность подземных вод – их подвижность и тесная взаимосвязь с окружающей средой. Несмотря на значительно меньшие объемы по сравнению с поверхностными (всего 0,27% от объема всей гидросферы), подземные воды занимают значительное место в водном балансе суши.

Ihmisen on alkaa vaatimaan nopeita ja päättäviä toimenpiteitä. Hyvälaatuinen vesi on nykyään vientitavara. Monet maat, esimerkiksi Israel ja Hongkong, käytävät omassa vesihuollossaan toisten maiden vesivaroja. Puhtaat Baikal -järven vedet myydään Saksaan ja Japaniin. Hongkong saa vettä Kiinasta vesijohtoa pitkin, mutta kuivana aikana vettä kuljetetaan sinne laivoilla. Tietyt maat harkitsevat vedenostoa Laatokasta ja Äänisestä.

Ihmisten toiminta on vaikuttanut hyvinkin paljon pintavesistöjen tilaan, varsinkin viimeisten 50 vuoden aikana. Monet järvet ja joet ovat niin pilaantuneita, että niiden vettä ei saa jouda. Monissa paikoissa ei saa edes uida. Muistetaan «kuolevia» Amerikan Suuria järviä ja Saksan Rein -joen kohtaloa. Vasta silloin, kun tilanne oli todella vakava siellä suoritettiin mittavia vesistösuojelun ja kuormitusta rajoittavia toimenpideohjelmia. Rein -joen veden laatu vähitellen paranee ja siinä jo 70 kalalajia viihtyy taas hyvin. Suurten järvien veden laatu on parempi. Eri toimenpiteiden ja tuotannon laskun takia Euroopan suurimpien järvien – Äänisen ja Laatokan tilat ovat huomattavasti parantuneet. Sama suuntaus on myös Baikal järvellä.

Luonnonvaroista pohjavesien arvo on noussut erittäin paljon viimeaikoina. «Hyödyllinen kaivannainen numero yksi» näin geologit kutsuvat nykyään pohjavesiä. Niiden uusiutuminen globaalisessa veden kierrossa on varsin hyvä ominaisuus. Sen lisäksi pohjavesien hyväksikäytössä varoja kulutetaan, mutta monissakin tapauksissa tapahtuu pohjavesien ylimääräistä muodostusta, toisin sanoen pintavesistöjen suodatus pohjakerroksiin moninkertaistuu ja haihdunta pohjakerroksista pienenee. Pohjavesien toinen erikoisuus on niiden liikkuvuus ja kiinteä vuorovaikutus ympäristön kanssa. Pohjavesien määrä on vain 0,27 % hydrosfäärin volyymista, mutta niiden rooli vesihuollossa on todella merkittävä. Pohjavesien käytössä on myös hyvin paljon vaikeuksia ja kysymyksiä. Esimerkiksi, miten arvioidaan pohjavesien määrät, jotka voidaan turvallisesti ottaa pois vahingoittamatta ympäristöä?

Karjalan Tasavallassa, kuten Venäjällä, on runsaasti vesivaroja, mutta vesihuollossa on sittenkin vakavia ongelmia. Huonon juomavedenlaadun ja heikon terveydentilan välillä on selkeä yhteys. Terveysviranomaisten tietojen mukaan 30–80 % tautitapauksista johtuu tai liittyy jotenkin huonon juomaveden laatuun. Vesihuollon ongelmasta johtuen vuonna 1998 Venäjän hallitus on laatinut pitkäaikaisen ohjelman. Ohjelman perusteella Karjalan Tasavallassakin laadittiin vastaava ohjelma vuonna 1999. Toteutettujen toimenpiteiden tuloksista huolimatta jo vuonna 2000 heinäkuussa päätettiin, että huono vesihuolto aiheuttaa uhan Venäjän kansallisen turvallisuudelle. Vuonna 1999 Venäjän eduskunnan alahuone eli

тельное место в обеспечении потребностей человека в воде. При этом возникает достаточно много проблем не только поиска и обеспечения населения этой водой, но и правильного обоснования того объема воды, который можно взять из водоносного горизонта в течение расчетного периода без ущерба для подземных вод и окружающей среды.

Несмотря на обилие водных ресурсов, в Карелии, как и в России в целом, имеются серьезные проблемы с водоснабжением и состоянием здоровья населения из-за некачественной питьевой воды. По некоторым оценкам организаций здравоохранения, от 30 до 80% болезней в той или иной степени связаны с некачественной водой. Учитывая серьезные проблемы с обеспечением населения питьевой водой, Правительством России в 1998 г. была подготовлена долгосрочная программа. На основе этой программы в 1999 г. была разработана такая же программа и для Республики Карелия. Однако, несмотря на принимаемые меры по программе, уже в июле 2000 г. в связи неблагоприятным положением развития питьевого водоснабжения, которое создает угрозу национальной безопасности России, Госдума РФ принимает постановление о проблемах питьевой воды и питьевого водоснабжения в Российской Федерации. В целом по стране только один процент исходной воды поверхностных источников питьевого водоснабжения соответствует нормативу 1 класса качества для питьевых водозаборов. В постановлении отмечается необходимость принятия экстренных мер по улучшению водоснабжения населения. В 2002 г. по проблемам чистой воды были проведены заседания комитетов Госдумы РФ, а в 2003 г. такие же слушания были организованы в Совете Федерации РФ. В результате была принята программа мер по реализации водной политики в России на долгосрочную перспективу. В обсуждении программы работ по водной политике в Ростове-на-Дону в 2003 г. принял участие Президент Российской Федерации Владимир Путин. Для реализации водной политики в 2004 г. в России было вновь сформировано специальное ведомство.

А каково же положение в Карелии? Всем известно, что у нас более 60 тыс. озер и около 27 тыс. рек. Обеспеченность Карелии поверхностными водными ресурсами очень высока и превосходит среднероссийские показатели в 2–3 раза. Количественные параметры водных ресурсов не являются фактором, лимитирующим развитие экономики республики, которая во многом основана на использовании вод. Однако вместе с упомянутыми благополучными фактами в ежегодном Государственном докладе о состоянии окружающей среды по РК (1999 г.) как и в ряде последующих выпусков этого издания отмечается, что для большинства населенных пунктов Карелии вода постоянно или периодически не соответствует нормативам. Наблюда-

Duuma teki oman päätöksen Venäjän juomavedenhuollosta ja sen kehityksestä. Koko Venäjän alueella vain 1 % raakavedestä vastaa I:n luokan laatuvaatimuksiin. Duuman päätöksessä on kiinnitetty huomiota nopeisiin toimenpiteisiin vesihuollon kehittämistä varten. Vuonna 2002 juomaveden ongelmista keskusteltiin Duuman eri komiteoissa ja vuonna 2003 samat asiat käsiteltiin eduskunnan ylähuoneessa eli Federaation Neuvonnassa. Lopputuloksena oli Venäjän vesipolitiikan pitkäntähtäimen toimenpideohjelma. Venäjän presidentti Vladimir Putin osallistui keskusteluun vesipolitiikasta vuonna 2003 Rostov-na-Donu kaupungissa. Vuonna 2004 Venäjällä perustettiin erillinen vesipolitiikan viranomainen.

Entäs mikä tilanne on meillä Karjalan Tasavallassa? Monet tietävät, että meillä on 60 000 järveä ja 27 000 jokea. Erittäin kauniit ovat meidän vesistömme sekä rannikkomme. Laatokka ja Ääninen ovat vetovoimaisia monille turisteille. Vesivaroja on täällä paljon, pintavesistövaroja asukasta kohti meillä on 2–3 kertaa enemmän kuin muualla Venäjällä. Kyllä vettä on paljon, sen määrästä ei ole puutetta. Vesivarat eivät rajoita tasavallan taloudellista kehitystä ja teollisuus monissa paikoissa perustuu veden käyttöön. Karjalan Tasavallan vuoden 1999 ympäristöraportissa on sanottu, että miltei kaikissa taajamissa juomaveden laatu joko jatkuvasti tai väliaikaisesti ei vastaa «Juomavesi» -Venäjän GOST-normeja. Raakavesivesistöt ovat kuormitettuja ja pilaantuneita kemiallisesti tai mikrobiologisesti. Keskimäärin 70 % taajamien verkoston vesinäytteistä ei vastaa juomaveden vaatimuksia. Viime 5 vuoden aikana vesijohtoveden laatu ei parantunut lainkaan. Monet ihmiset käyttävät kaivoja, porakaivoja ja lähteitä, joita on noin 800. Mutta niidenkään veden laatu ei ole ihan hyvä, koska vesistö- ja vedenottamojen suojeluvyöhykkeiden vaatimuksia ei noudateta kaikkialla.

Karjalan Tasavallan pintavesistöjen vedenlaatu ei ole täysin sopivaa vesihuoltoon, koska veden mineraalisaatio on hyvin pieni eli alle 100 mg/l ja vain tietyissä vesistöissä 200 mg/l – vesi on varsin pehmeää. Optimaalinen ionien summa ihmisten terveyden näkökulmasta on paljon korkeampi eli 300–400 mg/l. Karjalan vesistöjen ongelmaparametri, varsinkin Petroskoissa, on veden korkea väriluku. Sen aiheuttaa humuksen korkea pitoisuus. Juomaveden desinfiointi, eniten kloorilla, myös aiheuttaa ylimääräisiä ongelmia. Pintavesistöjen vedet sisältävät paljon orgaanisia aineita, jotka kloorin kanssa yhdistettyinä voivat aiheuttaa tiettyjä tauteja. Sen lisäksi vedessä on vähän fluoria ja sen puute aiheuttaa hampaiden kariesta. Nadvoitsyn taajamassa teollisuuden päästöjen takia vedessä on taas liian paljon fluoria ja siellä on paljon fluoroosi – tautia. Karjalan paperiteollisuus keskittymien ympärillä vesistöt ovat kuormittuneet orgaani-

ется высокий уровень химического и микробиологического загрязнения водоемов – источников водоснабжения. В среднем около 70% проб воды, поступающей в разводящие сети в населенных пунктах Карелии, не отвечает гигиеническим требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Ее качество за последние пять лет не улучшилось. Многие жители республики используют децентрализованные источники, такие как колодцы, скважины, родники, однако ситуация и с этими источниками водоснабжения не благополучна, так как плохо выполняются положения о водоохранных зонах, недостаточно хорошо обустроены сами источники.

При этом надо отметить, что поверхностные воды Карелии имеют недостаточно высокое природное качество для использования в целях питьевого водоснабжения. Они характеризуются очень низкой минерализацией (менее 100 мг/л и только в отдельных водоемах – до 200 мг/л), вода очень мягкая. И хотя по этому показателю вода соответствует принятым нормативам для водоснабжения, оптимальными для здоровья человека являются более высокие их значения (до 300–400 мг/л). Проблемным в Карелии и в том числе в Петрозаводске является показатель цветности воды, обусловленный повышенным содержанием органических веществ. Обеззараживание воды в основном хлорированием порождает и ряд побочных проблем. Хлорирование поверхностных вод с высоким содержанием органических веществ для предотвращения микробиологического загрязнения может способствовать мутагенности и риску развития канцерогенных заболеваний. Кроме того, на нашей территории воды бедны фтором, недостаток которого вызывает кариес. Напротив, его переизбыток в воде в районе пос. Надвоицы в результате антропогенной деятельности приводит к заболеваниям флюорозом. Для Карелии характерно загрязнение водоемов органическими веществами в зоне действия предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, минеральными, в первую очередь калием, в районе Костомукши. А устаревшие, изношенные сети для подачи воды способствуют дополнительному загрязнению питьевой воды.

Так что же мы в Карелии живем у воды и без воды? Что делается в республике, чтобы улучшить ситуацию, что надо знать людям о том, какую воду они пьют? Как можно решить проблему в масштабах республики, а также силами самих жителей Карелии? Мы постараемся коснуться этих вопросов.

В книге изложены цели и задачи программы по улучшению обеспечения населения Карелии питьевой водой. Показано, что же сделано учеными и практиками за последнее десятилетие, и намечены перспективы улучшения питьевого водоснабжения. В связи с возможными непреднамеренными аварийными ситуациями, а также возможными направленными действиями (террористическими, военными) предлосилла aineilla. Kostamuksen vesistöissä on paljon kaliumia. Huono vesijohtojen kunto on osittain syynä siihen, että juomavedessä on paljon nitraatteja, jotka aiheuttavat veriperäisiä tauteja.

Kävi näin, että Karjalan Tasavallassa asumme vesistöjen rannoilla, mutta ilman vettä? Mitä on meneillä tasavallassamme, jotta tilanne olisi parempi? Mitä ihmisten täytyy tietää juomavedestä? Miten ongelmat voidaan ratkaista koko tasavallan alueella ja mitä asukkaat voisivat tehdä itse? Näihin kysymyksiin haluamme antaa vastaukset tässä kirjassa ainakin osittain.

Kirjassa on esitetty Karjalan Tasavallan vesihuollon kehitysohjelman tavoitteet ja tehtävät. Uusien hätätila- (terrori-isku tai sota) ja ympäristöturvallisuusvaatimusten mukaan nykyään etsitään uudet ratkaisut, joiden avulla suuret kaupungit, sellaiset joiden asukasluku ylittää 250 000, saavat vaihtoehtoiset vesihuoltolähteet. Juuri sen takia Karjalan Tasavallan pääkaupungissa – Petroskoissa – myös selvitetään kuinka paljon vettä voidaan hyödyntää kvarttäärikauden kerrostumista, miten paljon voidaan käyttää vesihuollossa lähteitä ja kaivoja ja kuinka hyvä on niiden veden laatu? Tutkitaan vedenottokohdan siirron eri vaihtoehtoja: Petroskoinlahden kaupungin vastaranta, Ivanovin saaret tai Varvinskiniemen alue? «Puhdas vesi» – Petroskoin kaupungin ohjelman mukaan ja Maailman Pankin lainalla pyrittiin tehostamaan veden käsittelyä vesilaitoksella. Muualla taajamissa juomavettä pumpataan verkostoihin ilman käsittelyä ja desinfiointia varten käytetään klooria (Louhi, Kestenga, Mujezerski ja muut). Erittäin vaikea tilanne on Suojärven ja Aunuksen vesilaitoksilla. Tasavallassa on 700 taajamaa, mutta vesijohtoverkostoja on noin 100. Verkoston putkimateriaalina on valurautaa ja terästä. Juomavesi sisältää paljon orgaanisia aineita ja sen pH on alhainen ja sen takia vesi on aggressiivinen ja aiheuttaa korroosiota. Verkoston vuotoja on paljon (keskimäärin 15 %) ja verkostoon pääsee ylimääräisiä vesiä, mm. ympäristöstä ja jopa viemärivesiä. Putkien sisällä on omia kerrostumia. Piirien viranomaisten arvion mukaan eri taajamien verkostot ovat kuluneet hyvin paljon ja eri arvioiden mukaan 10–80 % vaatii korjausta tai vaihtoa.

Karjalan Tasavallan kehityskonseptio sisältää vesitalousotsikon. Artiklan 10.2.18 mukaan vuoden 2002 mennessä tärkein tavoite on veden toimittaminen talouskohteille sekä juomavettä ihmisille. Asiakirjassa on myös esitetty mekanismeja, joiden avulla tavoitteet voidaan saavuttaa. Yksi niistä on Karjalan Tasavallan «Vesistöjen kunnostus ja suojelu» – erikoisrahasto, joka perustetaan Venäjän «Vesikoodeksin / lakikokoelman» mukaisesti. Lainsäädäntö nimittäin pyrkii keräämään maksuja vesistöjen käytöstä.

жены пути улучшения требований экологической безопасности, в соответствии с которыми каждый город РФ с населением более 250 тыс. человек должен иметь альтернативные источники водоснабжения. В связи с этим рассматриваются варианты их поиска для столицы Карелии – г. Петрозаводска. В соответствии с городской программой «Чистая вода» за счет кредита Мирового банка предпринимались меры по улучшению очистки вод на водопроводных очистных сооружениях. Кроме предпринимаемых Петрозаводским муниципальным унитарным предприятием «Водоканал» мер по совершенствованию очистки воды, качество питьевой воды можно улучшить путем переноса городского водозабора к противоположному берегу Петрозаводской губы, Ивановским островам или мысу Варвинскому.

Во многих населенных пунктах вода подается населению без очистки (Лоухи, Кестеньга, Муезерский и др.). Тяжелое положение с водоснабжением отмечается в городах Суоярви, Олонец. Из более чем 700 населенных пунктов водопроводные сети имеют только около 100. В сетях используются в основном чугунные и стальные трубы. Поскольку водопроводная вода часто содержит большие концентрации органических веществ и не подщелачивается, она является агрессивной по отношению к этим материалам и вызывает их коррозию. Это увеличивает объемы утечек (в среднем примерно 15%) и риск попадания в водопроводную сеть некондиционной (в том числе канализационной) воды. Кроме того, на качестве водопроводной воды сказываются и отложения, накапливающиеся в трубах. По оценкам районных администраций, доля изношенных участков сетей колеблется по населенным пунктам от 10 до 80%.

Проблемы водного сектора упомянуты в Концепции развития РК. В соответствии со статьей 10.2.18 Концепции в области водного хозяйства, основной целью является обеспечение объектов экономики водными ресурсами, удовлетворение потребности населения в питьевой воде. В качестве механизма реализации предусмотрено несколько мероприятий. Одно из них – создание целевого фонда Республики Карелия «Восстановление и охрана водных объектов», который был создан и функционирует в соответствии с Водным кодексом РФ.

К воде, предназначенной для питьевого водоснабжения, предъявляются повышенные требования. Здесь учитываются не только безвредность химического состава и благоприятные органолептические свойства воды, но и гигиенический аспект, направленный на охрану здоровья населения и создание оптимальных санитарных условий для жизни.

Большинство поверхностных источников централизованного водоснабжения в Карелии из-за высокой цветности, содержания гумуса требует проведения

Juomavedelle nykyään esitetään korkeat laatuvaatimukset. Kemiallisen koostumuksen on oltava vaaratonta ja sen lisäksi veden hygieeniset ominaisuudet, mm. maku ja haju on oltava sellaisia, että se takaa terveyden ja optimaalisen saniteettitason.

Karjalan Tasavallan pintavesistöjen raakavedet käsittelyssä yleensä vaativat pH nostoa, suodatusta ja desinfiointia korkean väriluvun ja humuspitoisuuden takia. Reagensseja tällä hetkellä käytetään vain tietyissä vesilaitoksissa eli Petroskoissa ja Kostamuksessa. Muualla, esimerkiksi Belomorskissa, Kalevalassa, Kemissa, Kontupohjassa juomavettä käsitellään vain mekaanisesti. Prosessin huono saniteettitilanne pakottaa käyttämään kloorin yliannosmääriä, koska klooraus on ainoa desinfiointikeino koko tasavallan alueella.

Kloorin annostusta on todennäköisesti mahdotonta pienentää ilman terveysriskiä, ainakin toistaiseksi. Valitettavasti paljon orgaanisia aineita sisältävän veden klooraus voi aiheuttaa terveyshaittoja, mikäli sellaista vettä käytetään monen vuoden ajan. Mikäli pintavesistöä kuormitetaan myös sellu- ja paperiteollisuuden päästöillä, raakavesi sisältää mutageenisiä aineita ja niiden vaikutus ihmisten terveyteen on jopa suurempi humuspitoiseen veteen verrattuna. Suomessa ja muissakin maissa tehtyjen tutkimusten perusteella on todettu, että klooratuksen käsittelyn jälkeen juomavedessä muodostuu aineita, jotka aiheuttavat sisäelimien, varsinkin virtsanerityselimien syöpäriskin kasvua. 1970- ja 1980-luvun tutkimusten perusteella Suomessa toteutettiin tarvittavat toimenpiteet ja juomaveden mutageenisuus pienisi 30 %:lla. Tilannetta parannettiin joko siirtämällä vedenottamoita pintavesistöistä pohjavesikaivoihin, joissa raakaveden laatu on huomattavasti korkeampi, tai juomaveden käsittelyprosessia parantamalla, ennen kaikkea vähennettiin esikloorausta. Tällä hetkellä pohjavesien osuus Suomen juomavesihuollossa on ylittänyt 50 %, kun taas Karjalan Tasavallassa vastaava arvio on vain 4–5 %.

Juomaveden korkeat nitraattipitoisuudet aiheuttavat hengenvaarallisia veritauteja ennen kaikkea nuorilla. Yleensä pohjavedet ovat mikrobiologisesti vaarattomia ihmisille, mutta korkeat nitraattipitoisuudet ovat vaarallisia lapsille. Sellainen ongelma on havaittu Aunuksen vesihuollossa, missä pohjavedet ovat pilaantuneet maatalouden jätevesillä.

1990-luvulla tasavallassa on tapahtunut muutama vakava vatsatautiepidemia, joiden syynä on ollut huono juomavedenlaatu. Sairastuvuuden ja juomavedenlaadun vuorovaikutusta ei ole tutkittu loppuun, koska perustietoja on toistaiseksi liian vähän. Tilastosarjat sairastuvuudesta ja juomaveden kulutuksesta ovat hyvin lyhyitä.

Miten voidaan mahdollisesti ja suhteellisen nope-

реагентной очистки с подщелачиванием, фильтрованием и последующим обеззараживанием. Сейчас реагентная обработка воды из-за несовершенства имеющихся установок коагуляции и отсутствия должного количества реагентов производится только на отдельных водоочистных сооружениях (ВОС) в Петрозаводске, Костомукше. На многих ВОС (в Беломорске, Калевале, Кеми, Кондопоге и др.) выполняется только механическая очистка воды. Неблагополучная санитарная обстановка на большинстве источников питьевого водоснабжения обусловливает необходимость применения для обеззараживания питьевой воды повышенных доз хлора (хлорирование – единственный метод обеззараживания, используемый в Карелии).

Снизить уровень хлорирования в Карелии без риска для здоровья, по-видимому, в настоящее время невозможно. К сожалению, хлорирование воды с высоким содержанием органики (из-за природных особенностей вод региона, богатых гумусом) при ее длительном (годы) употреблении может стать опасным для здоровья населения. А при использовании в качестве питьевой воды поверхностных вод, загрязненных сточными водами промышленности, подверженность населения воздействию мутагенных компонентов еще выше, чем в случае использования воды, содержащей высокие концентрации гумуса после хлорирования. В некоторых эпидемиологических исследованиях, проведенных в Финляндии и других странах, было показано, что вещества, синтезируемые в процессе хлорирования, способствуют увеличению вероятности возникновения раковых заболеваний внутренних органов и особенно мочевыводящих путей. После проведения специальных исследований в 1970–1980-х гг. и принятия необходимых мер по уменьшению мутагенных компонентов в питьевой воде, в Финляндии уровень мутагенности снизился на 30%. Улучшение положения здесь было достигнуто либо переходом на использование исходной воды более высокого качества (в основном из подземных источников), либо значительным усовершенствованием процессов водоподготовки и прежде всего сокращением первичного хлорирования. Для питьевых целей в Финляндии в настоящее время используется более 50% вод из подземных источников, а в Карелии – только 4–5%.

В республике в 1990-х гг. было зарегистрировано несколько серьезных эпидемий желудочно-кишечных заболеваний, обусловленных некачественной питьевой водой (Государственный доклад о состоянии окружающей среды Карелии, 1996–2003 гг.). Анализ связи качества питьевой воды с возникновением заболеваний из-за недостатка информации в настоящее время носит в основном оценочный характер. В ряде случаев это обусловлено недостаточно длинным рядом

asti tehdä Karjalan Tasavallan vesihuollon parantamiseksi?

Kuten Suomessakin vesihuoltoa voidaan kehittää käyttämällä suuremmissa määrissä pohjavesivaroja. Pohjavesien hyväksikäytön ja siitä seurauksena juoma- ja jäteveden käsittelyn kulujen säästämisen lisäksi ihmisten terveysriski pienenee lyhyen ja pitkän aikavälin tapauksissa. Pohjavesi hyvin usein ei vaadi monimutkaista käsittelyä ja juuri sen takia kustannuksia säästetään muihin vaihtoehtomenetelmiin ja prosesseihin verrattuna. Pohjavesien käyttö toki aiheuttaa suojeluvyöhykkeiden perustamista ja tiettyjen toimenpiteiden suorittamista vedenottamon ympäristölle. Karjalan Tasavallan hallituksen ohjelmassa on julistettu, että vedenottamoiden siirto ja pohjavesivarojen käyttö ovat prioriteettitehtäviä vesihuollon kehityksessä. Vastaava kehitys on jo alkanut ja tapahtunut koko maailmassa. Tämä tehtävä kuitenkin on erittäin vaikea, ongelman ratkaisu vaati aikaa, resursseja ja rahaa. Tehtävää on mahdotonta suorittaa koko tasavallan alueella hetkessä. Sen takia valittiin «ongelmapaikkoja», missä vesihuollon tilanne on erittäin vakava.

Vuosien 1992–2004 välisenä aikana Pohjoisten alueiden vesistötutkimuslaitos ja Pohjois-Savon ympäristökeskus, toteuttaen Karjalan Tasavallan vesihuollon kehitysohjelmaa, ovat tutkineet pohjavesivaroja hiekkakerrostumissa seuraavissa taajamissa: Suojärvi, Kalevala, Porosozero, Louhi, Tchupa, Derevjanka, Kestenga, Prääsä ja Tchelmuzhi. Joissakin tapauksissa porauspisteissä ei ollut vettä ja useimmiten antoisuus oli hyvin pieni. Monien porauspisteiden pohjavesi sisältää joko kohonneet tai korkeat rautapitoisuudet (Kalevala, Suojärvi). Tchelmuzhi – taajaman pohjaveden ionien pitoisuus on korkea (yli 1 g/l). Selvityksen aikana arvioitiin pohjavesien varoja ja laadittiin pohjavedenottamoiden suunnitelmia, jotka voisivat nopeuttaa kokeilutoimintaa ja sen jälkeen niiden käyttöönottoa. Pohjavesivarat ovat «sijoittuneet» Karjalan Tasavallan alueella hyvin epätasaisesti. Pohjavesien käyttöaste myös vaihtelee nolla – tasosta Kostamuksessa, Belomorskin, Kemskin ja Kalevalan piireissä 66,25 % asti Aunuksen piirissä. Petroskoissa voidaan käyttää pohjavesivaroja 10 700 m^3/vrk ja uusia pohjavesiesiintymiä löydettiin Suojärven ja Louhen seuduilla.

Koko Karjalan Tasavallan pohjavesivaroja kartoitettiin hyvin nopeasti ja tehokkaasti käyttäen alan suomalaista kokemusta. Varoja ja resursseja on mennyt huomattavasti vähemmän perinteisiin menetelmiin verrattuna eli kun käytetään geofysiikan menetelmiä ja raskasta porauskalustoa. Selvitystyön aikana tutkittiin 1500 eri vesipistettä (lähteet, kaivot ja porakaivot). Näytteistä analysoitiin kemia- ja kaasukoostumusta, tutkittiin pohjavesien muodostumien fysi-

наблюдений за состоянием здоровья населения и качеством потребляемой им воды.

Какие же возможные и достаточно быстрые пути улучшения водоснабжения населения РК? Улучшения состояния питьевого водоснабжения можно добиться, как это было сделано в Финляндии, большим объемом использования подземных вод. Более широкое их использование как источника питьевого водоснабжения или значительные изменения как методов водоподготовки питьевой воды, так и очистки сточных вод могут привести к снижению риска отрицательных последствий для здоровья, имеющих длительный или кратковременный период. Кроме того, объем затрат при использовании подземных вод для питьевого водоснабжения будет меньшим по сравнению с другими мерами, поскольку в большинстве случаев они достаточно чистые, лучше защищены от загрязнений по сравнению с поверхностными, и исходная вода не нуждается в обработке. Однако при этом должна быть сокращена потенциально опасная хозяйственная деятельность на территории водосборного бассейна подземных вод. В программе Правительства РК было заявлено о приоритетности использования в качестве питьевых водоисточников подземных вод, что является общепринятым почти во всем мире. Однако эта задача является очень сложной, время-, трудо-, ресурсо- и финансовоемкой. Решить ее быстро для всей республики невозможно. Поэтому принят путь поэтапной реализации программы. Был выделен ряд наиболее «проблемных» пунктов, для которых необходимость решения проблемы с водоснабжением стоит наиболее остро.

В период 1992–2004 гг. Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН совместно с Центром по охране окружающей среды Северная Саво (Финляндия) в рамках Программы обеспечения населения РК чистой питьевой водой проводил работы по поиску и оценке месторождений подземных вод в песчано-гравийных отложениях для ряда населенных пунктов. В рамках данного проекта был подготовлен общий план водоснабжения как всей Республики Карелия, так и Суоярвского района. Последний в настоящее время находится на стадии практической реализации, как и проект водоснабжения о. Кижи. Для десяти городов республики по проекту ТАСИС охарактеризовано современное состояние организации водоснабжения, оценена перспективная потребность в воде, выявлены основные проблемы и дан их анализ, предложены возможные пути их решения. Реализуются практические мероприятия по обеспечению населения питьевой водой.

Меры, которые должны быть предприняты администрацией, наукой, местными органами по снижению риска для здоровья путем улучшения качества питьевой воды, весьма оправдывают себя и будут

kaaliset olosuhteet. Hankkeen aikaina laadittiin Karjalan Tasavallan ja Suojärven piirin vesihuollon yleissuunnitelmat. Suojärven kohdalla suunnitelmat pääsivät jo toteuttamisen vaiheelle niin kuin myös Kizhi -saaren tapauksessa. TACIS – hankkeen puitteissa kuvattiin tasavallan 10 kaupungin vesihuoltoa ja arvioitiin vedenkulutusta tulevaisuudessa sekä kuvattiin ongelmat ja niiden mahdolliset ratkaisut. Jotkut vesihuollon kehitystoimenpiteet parhaillaan toteutetaan. Projektin aikana korostettiin juomavedenottamoiden suojeluvyöhykkeiden tarpeellisuutta.

Alueemme vesivarojen rikkautta käytetään valitettavasti hyvin puutteellisesti. Edessämme on vielä paljon yhteistyötä ministeriöiden, yritysten ja asukkaiden välillä, jotta tutkimustulokset ja suositukset olisi toteutettu käytännössä. Tällä hetkellä monet vesilähteet ovat suosittuja paikallisille ihmisille, mutta ne on varustettu hyvinkin puutteellisesti, niiden saniteettitaso on erittäin heikko ja pohjavettä suositellaan keittämään kunnolla ennen käyttöä.

Vesihuollon kehitystoimenpiteiden toteutus on varsin kannattava toiminta. Jos tutkijoiden työtä jatketaan yhteistyössä alue- ja paikallisten viranomaisten kanssa, lopputuloksena on terveysriskien pienentäminen ja monipuolinen positiivinen vaikutus Karjalan Tasavallan väestölle. Vesihuollon kehitys houkuttelee uusia matkailijoita ja yrityksiä.

Jatkotoiminnan tavoitteena on Karjalan Tasavallan vesihuollon kehittäminen nykyisen Euroopan maiden tasoon asti.

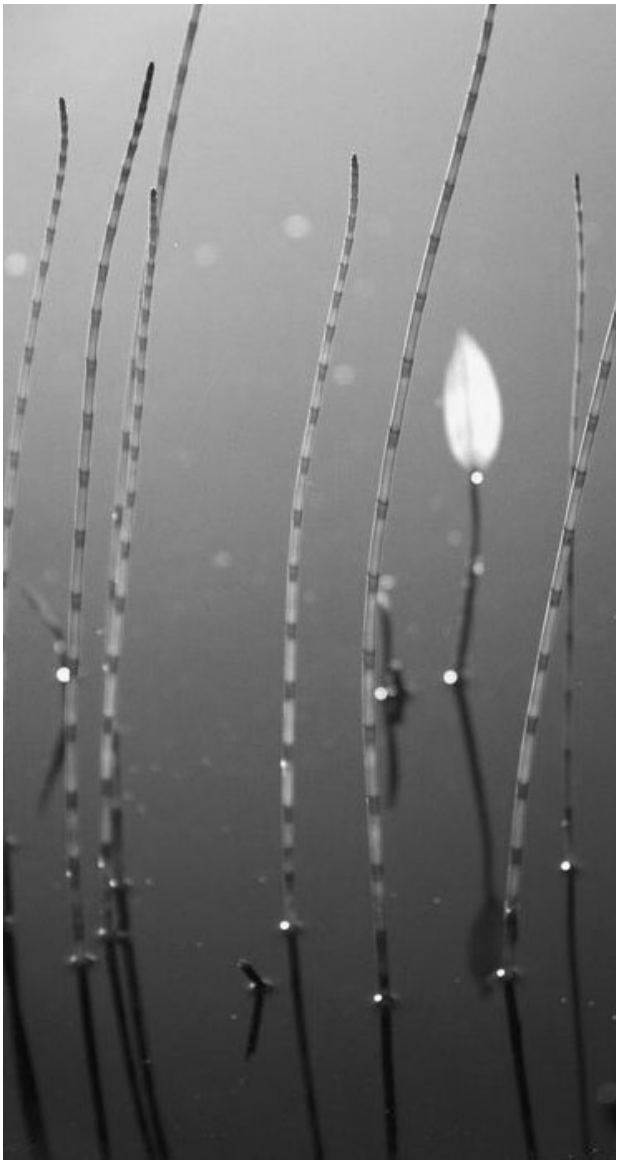
Yhteistyö Pohjois-Savon ympäristökeskuksen ja Karjalan tutkimuskeskuksen Pohjoisten alueiden tutkimuslaitoksen välillä on ollut hyvin tehokasta viimeisten 10 vuoden aikana. Suomen kollegojen avustuksella ja innokkaan työnsä ansiosta saimme erittäin paljon uutta tietoa pohjavesivaroista. Sen lisäksi rakennettiin uusia pohjavesikaivoja. Yhteistyön tulosten perusteella TACIS – ohjelman puitteissa laadittiin Karjalan Tasavallan 10 kaupungin vesihuollon kehitysohjelma. Pinta- ja pohjavesivarat on kartoitettu paikkatietojärjestelmän muodossa. Karjalan Tasavallan joki- ja järvirekisteri on laadittu. Nykyisen yhteistyön vaiheen lopputuloksena on myöskin tämä kirja, joka käsittelee Karjalan Tasavallan vesihuoltoa ja sen kehitysnäkymiä.

иметь большой положительный эффект для населения Карелии, сделают республику еще более привлекательной для туристов, предпринимателей.

В проекте было предусмотрено, что важной целью должно быть улучшение состояния водоснабжения в РК до современного европейского уровня.

Эффективность совместной деятельности представителей Карелии и Финляндии была достаточно высока благодаря скоординированной работе сотрудников Центра окружающей среды Северная Саво (г. Куопио, Финляндия) и Института водных проблем Севера КарНЦ РАН (г. Петрозаводск). Благодаря помощи и инициативе коллег из Финляндии (Министерство сельского и лесного хозяйства, Министерство окружающей среды, Центр окружающей среды Северная Саво, фирмы «Земля и Вода» и «Финмап») при использовании современного оборудования, предоставленного финской стороной, удалось не только получить достаточно много новой информации о ресурсах и качестве подземных вод, но и построить ряд водозаборных колодцев. Наши совместные исследования легли в основу крупной международной программы ТАСИС по водоснабжению десяти городов РК. Выполнены задания по картированию поверхностных и подземных вод, разработаны геоинформационные системы. Силами ИВПС КарНЦ РАН с использованием российских подходов и опыта финских коллег созданы бумажный и электронный каталоги озер и рек Карелии.

Свои исследования мы решили завершить не только конкретными техническими сооружениями, отчетами, представленными руководству республики, но и совместной монографией о состоянии водных ресурсов РК и возможности их использования для питьевого водоснабжения. Надеемся, что эта книга будет полезна всем, кто отвечает за обеспечение населения республики качественной водой, жителям Карелии, интересующимся этой проблемой. Нам представляется, что книга будет интересна и для других регионов России как пример сотрудничества ученых-исследователей и практиков (руководителей субъектов федерации, муниципальных образований, жилищно-коммунальных служб, комитетов природных ресурсов и др.).



Эта книга – наш вклад Международному десятилетию действий «Вода для жизни».

Tämä kirja on omistettu Kansainvälisen vuosikymmenen «Vettä elämän hyväksi».

This book devote to the International Decade «Water for Life»

ГЛАВА 1

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОССИИ И ФИНЛЯНДИИ: РЕСУРСЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА



OSA 1

VENÄJÄN JA SUOMEN VESISTÖJEN NYKYTILA: VESIVARAT, KÄYTTÖ JA SUOJELU

1.1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ

1.1. VENÄJÄN VESIVARAT

Водные ресурсы играют важнейшую роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития России. Состояние здоровья населения, развитие экономики страны в значительной степени зависят от наличия и качества водных ресурсов, их рационального использования и охраны. Водный фонд Российской Федерации и его ресурсы являются национальным достоянием страны. Восстановление и их сохранение в экологически благоприятном состоянии должны являться стратегическим направлением государственной водохозяйственной политики (Из справки МПР РФ, представленной Федеральному собранию страны, 2002 г.). Располагая столь значительными ресурсами и используя не более 3% речного стока ежегодно, Россия в целом ряде регионов испытывает острый дефицит воды, обусловленный неравномерным их распределением по территории (на наиболее развитые и заселенные центральные и южные районы европейской части России, где сосредоточено 80% населения и промышленного потенциала, приходится лишь около 8% ресурсов), а также низким качеством вод, в особенности поверхностных. Загрязнение водных объектов – источников питьевого водоснабжения при недостаточной барьерной роли действующих водоочистных сооружений – резко обострило проблему водообеспечения многих регионов России питьевой водой и создает серьезную опасность для здоровья населения, обусловливает высокий уровень заболеваемости кишечными инфекциями, гепатитом, повышает степень риска воздействия на организм человека различных факторов.

Россия, располагающая более чем 20% мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод, является одной из наиболее богатых водными ресурсами стран мира. Она имеет очень хорошо развитую гидрографическую сеть, относящуюся к бассейнам трех океанов (Тихого, Атлантического и Северного Ледовитого) и Каспийского моря (озера). Длина морской береговой линии составляет около 60 тыс. км. Территорию страны омывает 13 морей (включая Каспийское). Общая площадь морской акватории, попадающая под юрисдикцию Российской Федерации (РФ), составляет 7 тыс. км^2 (Кратко о водах России, 1997). Суммарные водные ресурсы и запасы вод России приведены в табл. 1.1.

Vesivaroilla on tärkeä roolinsa Venäjän kestävässä kehityksessä. Väestön terveys, maan talouselämä hyvinkin paljon riippuu vesivaroista, vedenlaadusta ja vesistöjen suojelutoimenpiteistä. Venäjän Federaation vesivarat ovat maan kansallinen omaisuus. Vesivarojen hyvinvointiin sisällyttämisen on oltava valtion vesitalouspolitiikan strategisena suuntana (Venäjän luonnonvarojen ministeriön raportista Federaation kokoukselle, 2002). Siitä huolimatta, että Venäjällä on suuret vesivarat ja jokien vuodenaikaisesta virtaamasta käytössä on alle 3 %, maasta löytyy alueita, jotka kärsivät veden puutteista. Vesivarat nimittäin ovat sijoittuneet epätasaisesti. Venäjän eurooppalaisella keski- ja eteläalueilla, missä asuu 80 % ihmisistä ja jotka ovat eniten teollistuneita, on noin 8 % maan vesivaroista. Sen lisäksi vesistöjen, varsinkin pintavesistöjen vedenlaatu on siellä heikompi. Vesistöjen pilaantuminen ja kuormitus on useasti pahentanut Venäjän juomavesihuoltoa. Mainittakoon, että monilla vesilaitoksilla on selkeitä puutteita prosesseissa. Seurauksena on ihmisten terveysriskien kasvu ja terveysuhkat, jotka näkyvät hepatiitin ja suoliston tartuntatautitilastossa. Heikko juomavedenlaatu pahentaa myös muiden riskitekijöiden vaikutusta ihmisiin.

Venäjällä on noin 20 % koko maailman makean veden varoista, jos arvioinnissa on pinta- ja pohjavesivarat. Venäjän hydrografinen verkosto on varsin laaja, maan vesistöt kuuluvat Kaspian meren ja kolmen valtameren valuma-alueisiin (Tyyni, Atlantin ja Pohjoisvaltameri). Venäjällä on 7 000 км^2 13 meren (mm. Kaspian meri) vesialueita, merirannikon viivan pituus on noin 60 000 km (Кратко о водах России, 1997). Venäjän vesivarat ovat esitetty taulukossa 1.1.

Jokien, järvien ja pohjavesien makeat vedet ovat tärkeimmät vesitalouden näkökulmasta.

JÄRVET.

Venäjällä on 2,7 miljoonaa makean ja suolaisen veden järveä. Niiden yhteispinta-ala on 408 856 km^2, makean veden volyymi on 26 500 km^3. Kuitenkin vain 19 järven pinta-ala ylittää 1000 km^2. Järvistä 98 % pinta-ala on alle 1 km^2 ja syvyys alle 1,5 m. Juuri sen takia suurin osa makean veden varoista (24,25 km^3) kuuluu 7:lle suurimmille järvelle (taulukko 1.2) (Государственный доклад.., 2003).

Наиболее значимыми для водного хозяйства являются пресные воды рек, озер и подземных горизонтов.

ОЗЕРА. Общее число пресных и соленых озер, расположенных на территории РФ, составляет свыше 2,7 млн. Суммарная площадь их акватории равна 408 856 км^2, объем воды в пресных водоемах – 26,5 тыс. км^3. Однако площадь свыше 1000 км^2 имеют только 19 водоемов. Около 98% озер имеют площадь менее 1 км^2 и глубину до 1,5 м, поэтому основная часть пресной воды (более 24 тыс. км^3) сосредоточена в 7 крупнейших водоемах (табл. 1.2) (Государственный доклад.., 2003).

По территории России озера распределены очень неравномерно. Основная их часть расположена на Северо-Западе (Карелия, Кольский полуостров), Урале, в Западной Сибири, на Ленско-Вилюйской возвышенности, в Забайкалье и бассейне р. Амур (Черняев, 1996) (рис. 1.1).

Озерные воды в основном относятся к категории вековых (статических) водных ресурсов, поэтому их интенсивное использование может привести к негативным экологическим последствиям. Допускается использование только динамических, ежегодно возобновляющихся ресурсов, но их объем для крупных озер составляет в среднем только 1,5–2% от общего.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ. Широко, но неравномерно распространены по всей территории страны. Активно используются в водном хозяйстве (в первую очередь, для питьевого водоснабжения), но интенсивность использования, по сравнению с поверхностными, в настоящее время гораздо ниже. Подземные воды также являются важным источником питания рек, особенно в меженные (маловодные) периоды.

Согласно оценкам прогнозные ресурсы подземных вод составляют 316,75 км^3/год, из них 157,98 формируется за счет поверхностных. Разведанные эксплуатационные запасы равны 32,36 км^3/год (Государственный водный кадастр.., 2002).

По состоянию на 2002 г. в РФ разведано 4 483 месторождения подземных вод, но эксплуатируются из них только 1 990. Общий объем разведанных эксплуатационных запасов составляет 89,4 млн м^3/сут, в том числе подготовленных для промышленного освоения – 80,4. А общая добыча подземных вод составляет 28,15 млн м^3/сут, из них на участках с разведанными запасами – 15,32, на неутвержденных запасах – 12,83 млн м^3/сут (Государственный доклад.., 2003).

РЕКИ. Основным видом водных ресурсов для большинства районов России является динамичный, ежегодно возобновляющийся речной сток. По его годовому объему РФ занимает второе после Бразилии место в мире.

На территории страны насчитывается 2 562 489 рек суммарной протяженностью 8 373 606 км. Из этого числа 214 рек (0,008%) имеют длину более 1000 км, а

Järvet ovat «sijoittuneet» Venäjällä hyvin epätasaisesti. Eniten järviä on Luoteis-Venäjällä (Karjalan Tasavalta, Kuolan niemimaa), Uralilla, Länsi-Siperiassa, Lena-Viljuskin vuoristoalueella, Baikalin seudulla ja Amur-joen valuma-alueella (Черняев, 1996) (kuva 1.1).

Järvien vedet kuuluvat monivuotisiin (staattisiin) vesivaroihin, sen takia niiden tehokas hyväksikäyttö voi aiheuttaa negatiivisia ympäristöseuraamuksia ja haittoja. Dynaamisten eli vuosittain uusiutuvien vesivarojen käyttö on sallittu, mutta suurten järvien tapauksessa niiden osuus on yleensä vain 1,5–2 %.

POHJAVEDET.

Pohjavesivarat ovat myöskin suuret, mutta nekin ovat epätasaisesti jakautuneet Venäjällä. Pohjavesillä on tärkeä rooli vesitaloudessa (eniten juomavedenhuollossa). Pintavesistöihin verrattuna pohjavettä

Таблица 1.1. Суммарные ресурсы и запасы воды на территории Российской Федерации (Государственный доклад.., 2003)

Taulukko 1.1. Venäjän Federaation vesivarat

Водоисточник	Vesistö	Естественные ресурсы, км^3/год	Статические (вековые) запасы, км^3
		Luonnolliset varat, km^3/vuosi	Staattiset (monivuotiset) varat, km^3
Реки	Joet	4270,6	470
Озера	Järvet	530	26500
Ледники	Jäätiköt	110	15148
Подземный лед	Maanalaiset jäät	–	15800
Болота	Suot	1000	3000
Почвенные воды	Maaperän sisäiset vedet	3500	–
Подземные воды	Pohjavedet	787,5	28000
Всего	Yhteensä	7770,6	88918

Таблица 1.2. Основные характеристики крупных пресных озер Российской Федерации (Государственный доклад.., 2003; С водой на «Вы», 2003)

Taulukko 1.2. Venäjän Federaation suurimmat järvet

Озеро	Järvi	Площадь зеркала, тыс. км^2 Pinta-ala, tuhat km^2	Глубина, м Syvyys, m		Объем воды, км^3 Vesivolyymi, km^3
			Средняя Keski-arvo	Максимальная Maksimaalinen	
Байкал	Baikal	31,5	730	1741	23000
Ладожское	Laatokka	17,7	51	(230)	908
Онежское	Ääninen	9,7	(30)	(120)	(295)
Таймыр	Taimyr	4,6	2,8	26	13
Ханка	Hanka	3,9–5	4	11	16,5
Чудское и Псковское	Peipsi-järvi	3,6	7,1	15	25,2
Белое	Beloje	1,3		20	5,2

Примечание. В скобках приведены данные из других источников.
Huom. Suluissa on toisen lähteaineiston tiedot.

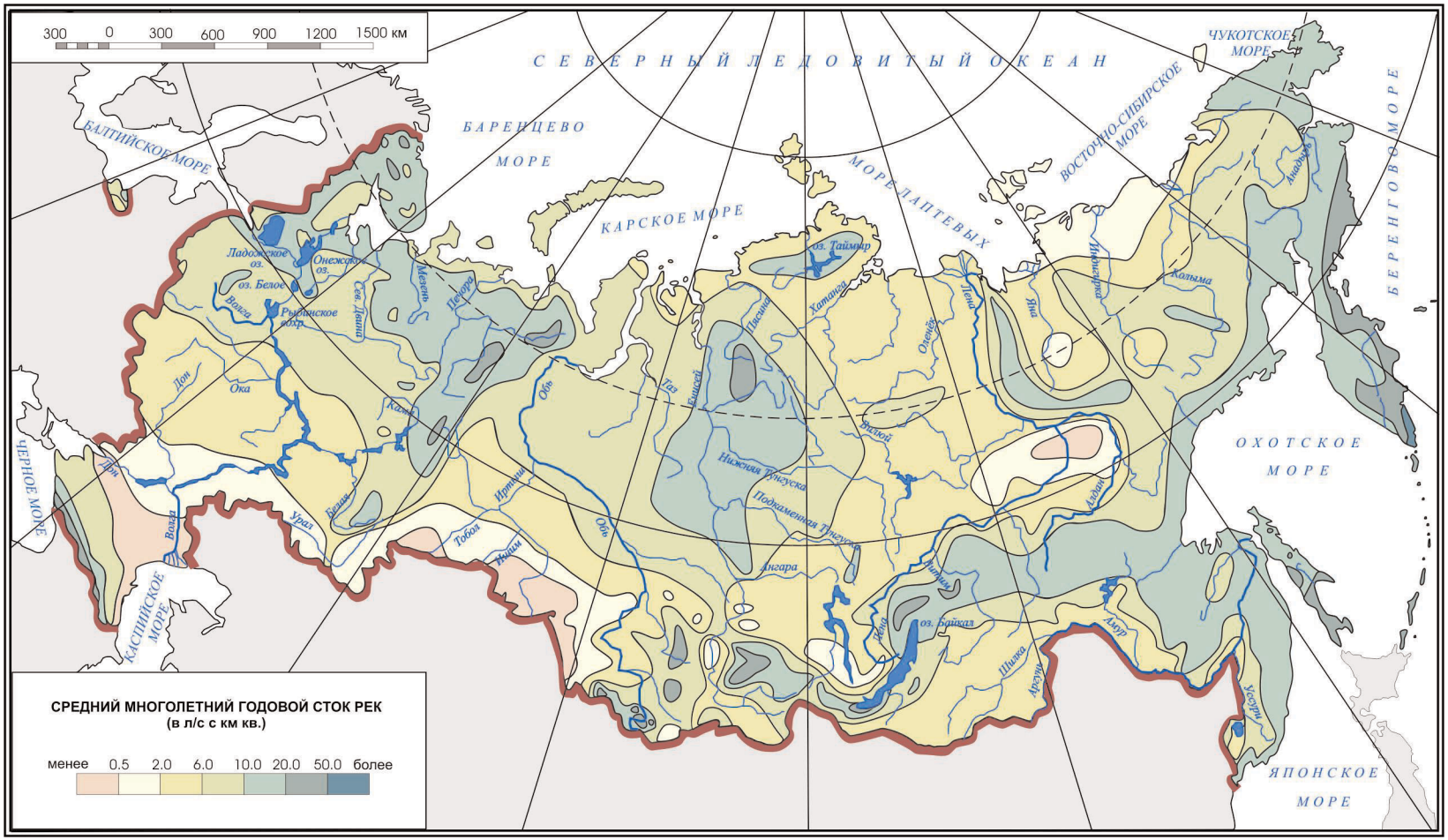


Рис. 1.1. Водные ресурсы России

Kuva 1.1. Venään vesivarat

Таблица 1.3. Наиболее крупные реки Российской Федерации (Государственный доклад.., 2003)

Taulukko 1.3. Venäjän Federaation suurimmat joet

Река	Joki	Площадь бассейна, тыс. км^2 Valuma-alue, tuhat km^2	Длина, км Pituus, km	Среднемноголетний Monivuotinen		Сток маловодного года, км^3 Vähävetisen vuoden valunta, km^3
				сток, км^3 valunta, km^3	расход, м^3/с virtaama, m^3/s	
Обь	Ob	2975	4345	403	12830	282,0
Амур	Amur	2050	2850	403	12830	209,0
Лена	Lena	2478	4270	489	15500	424
Енисей	Enisei	2580	3490	585	18600	528
Волга	Volga	1360	3530	238	7960	182

Примечание. Данные по: Кратко о водах России, 1997; С водой на «Вы», 2003.

около 95% – менее 25. Пять рек имеют площадь водосбора более 1 млн км2 (Государственный доклад.., 2003) (табл. 1.3).

На территории России формируется 4 043 км3 воды в средний по водности год (местный сток). А с учетом притока с территории сопредельных государств ресурсы речного стока составляют 4 262 км3 (общий сток) (Государственный водный кадастр.., 2002). Удельная водообеспеченность местным стоком 27,6 тыс. м3 в год на человека и 236,8 тыс. м3 в год на 1 км2 территории (Государственный доклад.., 2003). Первый показатель почти в 5 раз выше среднемирового уровня, второй – более чем в 1,2 раза уступает ему (Коронкевич, Зайцева, 2003).

Несмотря на высокую водообеспеченность речным стоком, при его использовании часто возникают значительные сложности. Они связаны с большой временной и пространственной его изменчивостью. Речная сеть распределена по территории очень неравномерно. Наибольшая ее густота характерна для северных и горных районов, наименьшая – для южных. Соответственно большая часть речного стока сосредоточена в малонаселенных и слабоосвоенных районах Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока, в то время как в южных регионах часто возникают существенные проблемы с обеспечением водой отраслей экономики и населения.

Очень резко выражена межгодовая изменчивость речного стока, особенно для тех же южных районов степной и полупустынной зоны, где разница в объемах речного стока много- и маловодных лет может достигать десятков раз (особенно для небольших водотоков). За последние 70 лет при среднем значении общего речного стока 4 262,0 км3/год его колебания составили от 3 761,1 до 4 711,0 км3/год (Государственный водный кадастр.., 2002).

Существенной является также проблема внутригодовой неравномерности распределения речного стока. За короткий период весеннего половодья может проходить от 40–50 (на севере) до 90–100% на юге объема годового стока. Вследствие этого возникает необходимость регулирования речного стока, как сезонного (годового), так и многолетнего. В настоящее время на территории РФ существует 103 крупнейших водохранилища объемом свыше 100 млн м3. Их суммарная

käytetään varsin vähän, ainakin tällä hetkellä. Aliveden ja kuiva-aikana monet joet saavat vettä pohjavesivaroista.

Olemassa olevien arviointien mukaan pohjavesivarat varat ovat 316,75 km3/vuodessa, niistä 157,98 saavat lisävettä pintavesistöistä. Käyttökelpoiset pohjavesivarat ovat 32,36 km3/vuodessa (Государственный водный кадастр.., 2002).

Vuonna 2002 Venäjällä on ollut 4483 pohjavesiesiintymää, joista käytössä oli vain 1990. Tutkitut pohjavesivarat arvioitiin 89,4 milj. m3/d tasolle, joista 80,4 milj. m3/d on jo rakennettu hyväksikäyttöä varten. Tällä hetkellä käytetään 28,15 milj. m3/d, joista 15,32 tutkituilla alueilla ja 12,83 milj. m3/d alueilla, joiden pohjavesivaroja ei ole virallisesti vahvistettu (Государственный доклад.., 2003).

JOET.

Vuosittain uusiutuva jokivirtaama on useiden Venäjän alueiden vesivarojen muoto. Tämän suureen mukaan Venäjä on maailmassa toisella sijalla Brasilian jälkeen.

Maan alueella on 2 562 489 jokea, joiden yhteispituus on 8 373 606 km. 214 joen (0,008 %) pituus ylittää 1000 km, 95 % on alle 25 km. Viidellä joella valuma-alue ylittää 1 milj. km2 (Государственный доклад.., 2003) (taulukko 1.3).

Keskimäärin Venäjän alueella muodostuu 4043 km3 vettä vuodessa (paikallinen valunta). Rajavaltioiden alueilta tulee lisää vettä, joten jokivalunta on 4262 km3 vuodessa (kokonaisvalunta) (Государственный водный кадастр.., 2002). Vesivarojen ominaisarvot ovat 27 600 m3/vuodessa/henkilö ja 236 800 m3 / vuodessa / 1 km2 (Государственный доклад.., 2003). Ensimmäinen arvo ylittää maailman keskiluvut melkein 5-kertaiseksi ja toinen on 1,2 kertaa pienempi kuin maailman keskiarvo (Коронкевич, Зайцева, 2003).

Vaikka jokien valunta on varsin suuri, Venäjällä on tiettyjä vaikeuksia vesivarojen käytössä. Nämä vaikeudet johtuvat jokivalunnan jakautumisesta maan alueella ja myös ajan funktiona. Jokiverkosto on laaja vuoristo- ja pohjoisalueilla. Etelässä taas jokia on vähän. Siellä, missä on vähän ihmisiä – Pohjois-

площадь составляет 101 155,7 км^2, полезный объем – 338 649,2 млн м^3. Также имеется большое количество искусственных водоемов с полезным объемом от 1 до 100 млн м^3 и малых водохранилищ и прудов с меньшими параметрами (Кратко о водах России, 1997).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ. Использование водных объектов осуществляется либо с изъятием, либо без изъятия воды из водоема. Соответственно выделяются два вида их эксплуатации: водопотребление и водопользование. К последнему относятся водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, рекреация, гидроэнергетика. Все они на территории России активно функционируют. Водопотребление предназначено для удовлетворения потребностей населения, промышленности, сельского хозяйства (в том числе для орошения).

В 2002 г. забор воды непосредственно для использования по официальным данным составил из поверхностных источников 67 430,4 млн м^3, из подземных – 9 804,6 млн м^3. Величина забора воды для перераспределения стока между бассейнами рек достигла 8 968 млн м^3. Объем использования свежей воды составил в целом 64 863,9 млн м^3, что почти на 3% меньше, чем в 2001 г. Пресной воды было использовано 59 589,8 млн м^3, морской – 5 274,1 млн м^3. Треть объема использованной воды – питьевого качества, остальная часть относится к категории технической. Основным водопотребителем в России является промышленность. На ее долю приходится 59,05% использованной воды. Жилищно-коммунальное хозяйство использовало 20,95%, сельское – 19,20%.

Из общего количества добытой подземной воды 62,4% использовано для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, 18,2 – для производственно-технического снабжения объектов промышленности, 1,57 – для орошения земель и обводнения пастбищ, 17,83% – сброшено без использования. Доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения страны составила 45%. Более 60% городов и поселков городского типа удовлетворяют потребности в питьевой воде за счет подземных источников, около 20% – за счет смешанных источников водоснабжения. В сельской местности на подземные воды в хозяйственно-питьевом водоснабжении приходится 80–85% от общего объема. Следует отметить низкий уровень использования общих разведанных запасов – 18–20%, а в пределах эксплуатируемых месторождений с разведанными запасами – 30–32%, при значительных объемах добычи подземных вод на участках с неподтвержденными запасами (Государственный доклад.., 2003).

Важной проблемой обеспечения надлежащего состояния водных объектов являются водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы водных объектов, зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения.

Venäjällä, Siperiassa ja Kauko Idässä, ovat suurimmat vesivarat. Etelä-Venäjän vesihuollossa on vaikeuksia sekä väestön että teollisuuden palvelussa.

Jokien valunta vaihtelee myös ajan myötä. Eteläalueilla, aavikko- ja aroseuduilla jokivalunta eri vuosina vaihtelee hyvinkin paljon. Vähävetisten ja tulvavuosien jokivalunnan ero voi olla jopa kymmenkertainen, varsinkin pienten vesistöjen kohdalla. Viimeisten 70 vuoden aikana keskivalunta oli 4262,0 km^3/vuodessa ja vaihteluväli 3761,1–4711,0 km^3/vuodessa (Государственный водный кадастр.., 2002).

Jokien virtaama vaihtelee epätasaisesti myös vuoden sisällä aiheuttaen säännöstelytoimenpiteitä. Pohjoisessa 40–50 % vuoden valunnasta menee kevään tulvien aikana. Sama arvo etelässä nousee 90–100 %. Virtaamia säännöstellään vuoden sisällä ja monivuotisella aikataululla. Tällä hetkellä Venäjällä on 103 tekojärveä, joiden volyymi ylittää 100 milj. m^3, niiden yhteispinta-ala on 101 155,7 tuhatta km^2 ja niiden «hyötyvolyymi» on 338 649,2 milj. m^3. Sen lisäksi on paljon pienempiä tekojärviä tilavuudeltaan 1 ja 100 milj. m^3 välillä ja myös pieniä vesivarastoja, lammikoita jne (Кратко о водах России, 1997).

VESIVAROJEN KÄYTTÖ.

Vesistöä voidaan käyttää joko ottamalla sieltä vettä tai jollakin toisella tavalla. Juuri sen takia venäjän kielessä on kaksi sanaa, jotka kuvaavat vesivarojen käyttöä – vedenkuluttaminen ja vedenkäyttö. Esimerkiksi, vesiliikenne, uitto, kalatalous, virkistys, vesivoimalat kuuluvat «vedenkäyttö» – muotoon ja niitä harrastetaan koko Venäjän alueella. Vedenkuluttamisessa vettä käytetään teollisuuden, maatalouden ja yhdyskunnantekniikan vesihuollossa. Mm. kastelu on vedenkuluttamisen muoto.

Virallisten tietojen mukaan vuonna 2002 pintavesistöistä otettiin 67 430,4 milj. m^3 vettä ja 9804,6 milj. m^3 pohjavettä. Jokien valunnan säännöstelyssä valuma-alueiden välillä pumpattiin 8968 milj. m^3 vettä. Yhteensä raakavettä käytettiin 64 863,9 milj. m^3 eli melkein 3 % vähemmän kuin vuoteen 2001 verrattuna. Makeaa vettä käytettiin 59 589,8 milj. m^3 ja merivettä 5274,1 milj. m^3. Käytetystä volyymistä yksi kolmasosa on juomavesilaatua ja loput on ns. «teknillistä» vettä. Venäjän suurin vedenkuluttaja on teollisuus, sen osuus on 59,05 % käytetystä vedestä, yhdyskuntatekniikan osuuden ollessa 20,95 % ja maatalouden 19,20 %.

Koko pohjavesimäärästä 62,4 % käytettiin juomavesihuollossa, 18,2 % teollisuudessa, 1,57 % kastelutarpeisiin ja 17,83 % on jäänyt käyttämättä. Pohjaveden osuus koko maan juomavesihuollossa on ollut 45 %. Kaupungista ja taajamista yli 60 % käyttävät pohjavettä ja 20 %:n vesihuolto perustuu pinta- ja pohjavesivaroihin. Maaseudulla pohjavesien osuus on 80–85 %. On korostettava, että kaikista tutkituista

Установление в соответствии с действующим законодательством водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов – источников питьевого водоснабжения, зон санитарной охраны, а также контроль за соблюдением в них режима хозяйственной деятельности, обеспечивающего поддержание водных объектов в экологически безопасном состоянии, является важнейшей мерой, направленной на улучшение качества вод поверхностных источников питьевого водоснабжения и защиту от антропогенных загрязнений подземных источников.

Пятая часть (19,63%) поверхностных и подземных источников централизованного питьевого водоснабжения страны (105 431) не отвечает санитарным нормам и правилам, в том числе 17,4% – из-за отсутствия зон санитарной охраны. Из них поверхностных источников – 964 из 2 072 (46,53%), в том числе 38,37% – из-за отсутствия зон санитарной охраны (Справка о состоянии водных ресурсов, 2002).

Одной из основных причин, способствующих загрязнению водных объектов, является массовая застройка водоохранных зон и прежде всего прибрежных полос, несоблюдение режима хозяйственной деятельности в водоохранных зонах водных объектов, зонах санитарной охраны источников питьевого водоснабжения.

pohjavesivaroista käytössä on 18–20 % ja niistä pumpataan noin 30–32 % mahdollisista määristä. Sen lisäksi ei-hyväksytyillä (sellaisilla pohjavesialueilla, missä antoisuut ei ole vahvistettu) pohjavesialueilla käytetään varsin paljon vettä (Государственный доклад.., 2003).

Monien vesistöjen ongelmana on vesistösuojeluvyöhykkeiden ja rantakaistojen valvonta ja kunnossapito sekä raakavedenottamoiden ns. «saniteettialueiden» suojelu.

Vesistösuojeluvyöhykkeiden ja rantakaistojen suunnittelu ja perustaminen lainsäädännön mukaisesti ja niiden taloustoiminnan valvonta on erittäin tärkeä menetelmä, jonka avulla voidaan parantaa pintavesistöjen vedenlaatua ja myös suojella pohjavesialueita.

Pinta- ja pohjavesivedenottamoista viides osa (19,63 % eli 105 431 kpl) ei vastaa terveysviranomaisten vaatimuksiin. Niistä 17,4 %:lla syynä ovat saniteettisuojelualueen puutteet. Pintavesistöillä vastaava luku on 46,53 % eli 964 kpl 2072 :sta, niistä 38,37 %:lla on saniteettisuojelualueen puutteita (Справка о состоянии водных ресурсов, 2002).

Vesistösuojelualueille ja myös rantakaistoille rakennetaan suurin määrin, harrastetaan kiellettyjä taloustoimintoja. Samat rikkeet on havaittu raakavedenottamoiden lähiympäristöissä.

1.2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

1.2. KARJALAN TASAVALLAN VESIVARAT

Удовлетворение потребностей населения и экономики в воде осуществляется при помощи системы специальных социально-экономических, научно-технических и организационных мероприятий. Наиболее распространенным термином, определяющим эту систему, является термин «водное хозяйство», под которым понимается «совокупность мероприятий, направленных на изучение, учет, охрану и использование водных ресурсов для нужд народного хозяйства, а также на борьбу с вредным воздействием вод» (Водохозяйственный словарь, 1974, с. 119). В некоторых странах оно считается отраслью экономики. Вопрос о создании отрасли «Водное хозяйство» дебатировался и в нашей стране (Озиранский, 1979), но этот процесс до логического завершения не доведен.

Использование водных объектов может осуществляться либо с изъятием воды из них, либо без такового. В соответствии с этим выделяются и два вида их эксплуатации – водопотребление и водопользование. Такой трактовки придерживаются, например, А. И. Чеботарев (1978), Ю. П. Беличенко и М. М. Швецов (1986) и ряд других авторов. Логически близко

Väestön ja taloustoiminnan vesihuoltoa järjestetään sosiaali-taloudellisilla, hallinto-, tutkimus- ja teknillisillä erikoistoimenpidejärjestelmillä. Yleensä «vesitalous» – termillä kuvataan mainittua järjestelmää eli «kansantalouteen liittyvät vesivarojen tutkimukset, valvonta, suojelu, käyttö sekä haittojen torjunta» (Водохозяйственный словарь, 1974, sivu 119). Joissakin maissa vesitaloutta pidetään erillisenä teollisuusalana tai -haarana. Tästä keskusteltiin myös maassamme (Озиранский, 1979), mutta asiaa ei kuitenkaan saatettu loppuun asti.

Vesistöjä voidaan käyttää joko ottamalla niistä vettä tai ilman vedenottoakin. Vastaavasti ainakin Venäjän kielellä määritetään kaksi vesivarojen käyttömuotoa: vedenkuluttaminen ja vedenkäyttö. Tämän terminologian kannattajia ovat esimerkiksi A. I. Tchebotarjov (Чеботарев, 1978), J. P. Belitchenko ja M. M. Shvetsov (Беличенко, Швецов, 1986) sekä muut asiantuntijat. Loogisesti samalla tavalla asian esittää myös L. F. Konstantinov (Константинов, 1986), jonka mukaan «vedenkuluttaja» kuluttaa vettä aineena ja «vedenkäyttäjä» käyttää vesimassoja tai vesiympäristöjä.

понимание этих терминов у Л. Ф. Константинова (1986), который среди отраслей народного хозяйства по их отношению к водным ресурсам выделяет водопотребителей, использующих воду как вещество, и водопользователей, использующих ее как среду или массу.

Существует и иное понимание этих терминов, при котором в водопользование включаются все возможные виды эксплуатации водных объектов (в том числе и сброс сточных вод), а водопотребление рассматривается как его частный случай (специальное водопользование с изъятием воды) (Водохозяйственный словарь, 1974 , с. 130, 131).

Водопотребление чаще всего сопряжено с безвозвратными потерями воды для водного баланса источника водоснабжения. Однако такие потери могут быть и при некоторых видах водопользования, например, дополнительный расход воды на испарение при создании водохранилищ. Поэтому Г. В. Воропаев и др. (1986) предлагали применять термины «русловое» и «внерусловое» потребление, считая, что они точнее отражают существо процесса, чем группировка на водопользование и водопотребление.

Не возражая против сути данного утверждения, мы в настоящей работе используем традиционные термины, считая их в значительной степени синонимами руслового и внерусловой потребления. При этом понимаем:

– под водопотреблением – использование водных объектов (включая водоносные горизонты) для любых целей с изъятием воды из них, независимо от способа изъятия, а также места, времени, качества и количества возвращаемой воды;

– под водопользованием – использование водных объектов для любых целей без изъятия воды из них, независимо от влияния на их режим, качественные и количественные характеристики (Литвиненко и др., 1998).

Отрасли экономики, эксплуатирующие водные объекты, являются, в зависимости от способа использования, водопотребителями или водопользователями. Однако некоторые из них, имеющие сложную структуру и многоплановые задачи, могут быть отнесены к обеим категориям одновременно. Таковыми в условиях Карелии являются рыбное хозяйство и рекреация. К рыбохозяйственному водопотреблению относится использование воды на рыбоводных заводах, предприятиях товарного рыбоводства, научно-экспериментальных базах (если оно предполагает забор воды из водных объектов). Водопользование представлено организованным промыслом, рыбоводно-акклиматизационными мероприятиями, спортивным и любительским рыболовством, садковыми хозяйствами. Рекреация в качестве водопотребителя выступает при использовании гидроминеральных ресурсов для

Toiset tulkitsevat nämä termit toisella tavalla: «vedenkäyttö» (водопользование) on vesistöjen kaikki mahdolliset käyttömuodot (mm. jätevesien purku), «vedenkuluttaminen» (водопотребление) on vedenkäytön yksittäinen muoto (erityinen vedenkäyttömuoto on vedenotto) (Водохозяйственный словарь, 1974, sivu 130 ja 131).

Vedenkuluttaminen (водопотребление) on yleensä sellaista toimintaa, kun vettä otetaan vesistöstä palauttamatta eli otettu vesimäärä poistuu vesistön vesitaseesta lopullisesti. Toisaalta poistot syntyvät muillakin käyttömuodoilla. Esimerkiksi tekojärven rakentamisen jälkeen vesistön haihduntaan kuluu enemmän vettä. Sen takia G. V. Voropaev ja muut (Воропаев и др., 1986) ehdottivat käytettäväksi termejä «uoman kuluttaminen» ja «uoman ulkopuolinen kuluttaminen». Heidän mielestään sellaiset termit täsmällisemmin kuvaavat prosessia kuin niiden ryhmittäminen «vedenkuluttamiseen» ja «vedenkäyttöön».

Meillä ei ole mitään edellä mainittuja väitteitä vastaan. Tässä kirjassamme käytämme perinteisiä termejä olettaen että ne vastaavat «uoman» ja «uoman ulkopuolisiin käyttömuotoihin». Toisin sanoen tulkintamme on, että:

– vedenkuluttaminen on vesistön (myös pohjavesivarojen) käyttömuoto, kun vedenotto tapahtuu eritarkoituksiin riippumatta vedenottopaikasta ja keinosta eikä palautetun veden laadusta ja määrästä eikä ajasta.

– vedenkäyttö on vesistön käyttömuoto eri tarkoituksiin ilman vedenottoa puhumatta laatu- tai määrävaikutuksista vesistöön (Литвиненко и др., 1998).

Vastaavasti voidaan erottaa ne teollisuuslaitokset, jotka ovat joko «vedenkuluttajia» tai «vedenkäyttäjiä». Jotkut laitokset, joiden rakenteet tai tehtävät ovat hyvinkin monipuolisia, kuitenkin kuuluvat kahteen ryhmään. Karjalan Tasavallassa sellaisia ovat esimerkiksi kalatalous ja virkistys. Kalankasvattamolla tai kalantutkimuslaitoksilla hyvin usein ja paljonkin otetaan vettä vesistöistä. Kalataloudellista vedenkuluttamista on varsinainen urheilu- tai vapaa-ajan kalastus, ammattikalastus, kalojen kotiuttaminen ja kalakassien toiminta. Virkistys on «vedenkuluttamisen» muoto, jos vettä tai jotain muutakin otetaan vesistöistä esimerkiksi parantolassa. Kasteluvettä pumpataan kesämökkikylissä ja siirtolapuutarhassa.

Vesistöt ovat asutus- ja teollisuusjätevesien vastaanottajia. Sekin on vedenkäyttömuoto, mutta tällä toiminnalla on myöskin erillinen venäjänkielinen termi eli – «водоотведение» – «vesien pois kuljettaminen» – jätevesien ja ojitusvesien purku (viimeisiin kuuluvat myös taajamien sadevedet).

санаторно-курортного лечения и при потреблении воды для полива в садоводческих товариществах и дачных кооперативах.

Кроме того, элементы гидрографической сети часто выполняют функции приемников жидких отходов, образующихся в результате бытовой и хозяйственной деятельности. Хотя формально эта их функция подходит под определение водопользования, учитывая ее специфику и резкое отличие от других видов водопользования, она выделяется в отдельный вид эксплуатации водных объектов – водоотведение или сброс дренажных и сточных вод (включая в последние и ливневой сток с селитебных территорий).

Исходя из данных соображений, структура водохозяйственного комплекса (ВХК) Карелии может быть представлена в следующем виде (рис. 1.2).

Необходимо отметить, что данная схема отражает лишь те функции водного хозяйства, которые направлены на удовлетворение потребностей экономики в водных ресурсах, оставляя вне поля зрения функции изучения, учета и охраны вод, а также борьбы с их вредным воздействием.

Каждая из существующих структурных единиц комплекса имеет свою значимость, специфику, особенности развития. Однако основу ВХК республики составляют, несомненно, водопотребление и водоотведение, динамика которых в значительной степени характеризует ситуацию, существующую во всем водном хозяйстве. И наибольший интерес в настоящее время представляет питьевое водоснабжение.

Общее водопотребление складывается из водопотребления следующих водохозяйственных отраслей:

– населения и коммунально-бытовых предприятий,
– промышленности (производственные и коммунально-бытовые нужды),
– теплоэнергетики,
– сельского хозяйства,
– рыбного хозяйства.

Структура водопотребления Карелии (по данным за 2002 г.) отражена в табл. 1.4.

Объем водопотребления в пределах той или иной территориальной единицы является функцией двух групп параметров. Первая, которую можно назвать социально-экономическими условиями, характеризует степень и характер экономического развития территории. Она включает в себя такие показатели, как численность населения, уровень урбанизации, степень благоустройства жилого фонда, развитие водоподающих систем, структуру народного хозяйства, наличие водоемких производств, объем производства продукции и т. п. Вторая группа параметров (научно-техническая) отражает использование в производстве достижений НТП и мероприятий по экономии воды. Это совершенствование производства, развитие систем оборотного и повторного водоснабжения

Karjalan Tasavallan vesitalous voidaan esittää edellä mainittujen termien avulla (kuva 1.2).

On kuitenkin korostettava, että ehdotettu kuva ei paljasta vesistöjen tutkimus-, valvonta- ja suojelutoimintaa eikä haittojen torjuntaa.

Kaikilla vesitalousmuodoilla on oma merkityksensä sekä erityispiirteensä. Karjalan Tasavallan vesitalouden perustoiminnot ovat vedenkäyttö ja viemäröinti. Nykypäivänä juomavedenkäyttöön on kiinnitetty eniten huomiota.

Vedenkulutus taas on jaettu seuraavien alojen kesken:

– asutus / taajamat / talousvedet ja yhdyskunnantekniikan laitokset,
– teollisuus (varsinaiset prosessit ja talousvedet),
– lämpötuotanto,
– maatalous,
– kalatalous.

Karjalan Tasavallan vedenkulutus vuonna 2002 on esitetty taulukossa 1.4.

Alueen vedenkulutus riippuu kahdesta tekijäryhmästä. Toinen kuvaa sosiaalis-taloudellista kehitystä ja siihen kuuluu asukaslukumäärä, kaupunkien määrä ja niiden varustustaso, vedenjakeluverkoston pituus, teollisuusalojen ja varsinkin paljon vettä kuluttavien laitosten määrä, tuotannon määrät jne. Toinen ryhmä (tieteellis-tekninen) paljastaa miten paljon parhaita ja vettäsäästäviä teknologioita käytetään. Esimerkiksi kehitetäänkö prosesseja, käytetäänkö vähemmän kuluttavia prosesseja, käytetäänkö vettä järkevästi, pienentäen häviöt, noudetaanko optimaalisia vedenkulutusnormeja, esimerkiksi kastelun aikana jne. Vedenkulutuskäyrän muoto on siis monien tekijöiden summa, vaikka niiden osuus on erilainen.

Tuotannon kasvu määrää vedenkulutuksen teollisuudessa. Tuotanto kasvoi 80-luvun puolivälin saakka, mutta samanaikaisesti pyrittiin toteuttamaan erilaisia vettäsäästäviä toimenpiteitä. Silloin kehitettiin ja myös otettiin käyttöön vesienkierto- ja uudelleenkäytön teknologiat. Tuloksena oli vedenkulutuksen pysyminen melkein samalla tasolla (kuva 1.3). Selkeää nousua oli havaittu yhdyskuntatekniikan sektorilla.

Vuodesta 1989 alkaen maan sosiaalis-taloudellinen kehitys kääntyi laskuun. Karjalassakin havaittiin tuotannon laskua ja vastaavasti jyrkkää vedenkulutuksen laskua teollisuudessa. Korostettakoon, että ilmiö havaittiin kaikilla teollisuusaloilla (taulukko 1.5). 2–3 viimeisen vuoden aikana havaittiin, että laskun vauhti on hidastunut.

Hyvänä esimerkkinä on sellu- ja paperiteollisuuden kehitys. Sen osuus tasavallan vedenkulutuksesta on 80 %. Metsänhakkuiden lasku ja monet muut syyt aiheuttivat tuotannon laskua, sen seurauksena vesienkierto- ja uudelleenkäytön määrät laskivat. Ilmiö oli selkeästi havaittavissa Segezan ja Kontupohjan

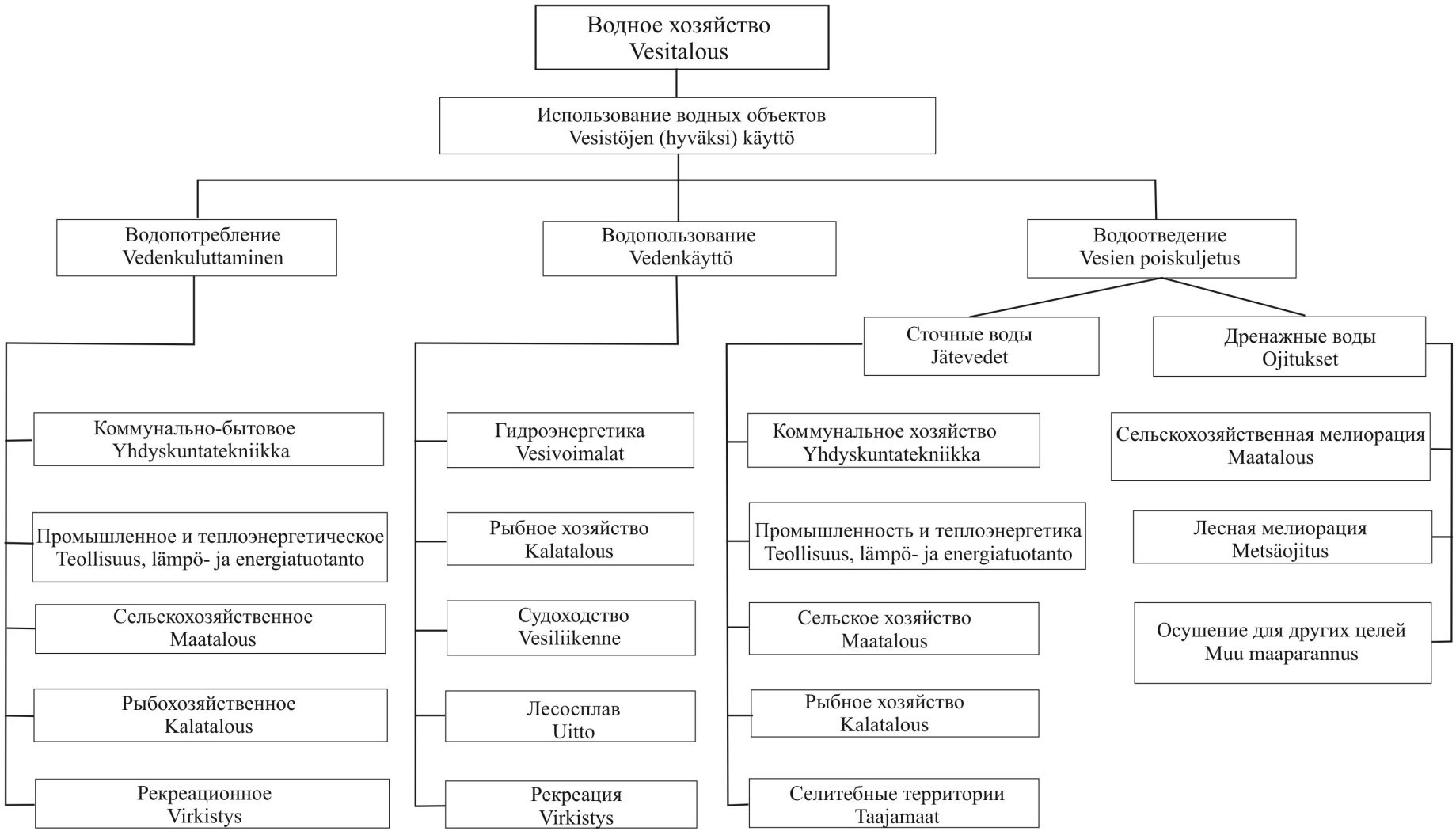


Рис. 1.2. Структура водного хозяйства Республики Карелия

Kuva 1.2. Karjalan Tasavallan vesitalouden rakenne

(СОПВ), внедрение прогрессивных безводных и маловодных технологий, сокращение бесполезных потерь воды, соблюдение оптимальных норм водопотребления, особенно при орошении и т. д.

Динамика водопотребления представляет собой результирующую кривую, отражающую влияние всех перечисленных выше факторов, хотя их вклад неодинаков, особенно для различных его видов.

Так, для промышленного водопотребления, являющегося наиболее значимой единицей ВХК, определяющими явились объем производства и развитие СОПВ. До второй половины 1980-х гг. происходило постоянное наращивание выпускаемой продукции при одновременном интенсивном увеличении объемов оборотной и повторно используемой воды с параллельным осуществлением других водосберегающих мероприятий. В результате этого объем годового прямого водопотребления был практически постоянен (рис. 1.3).

sellu- ja paperikombinaateissa, jotka ovat tasavallan suurimpia teollisuuslaitoksia. Vuonna 1989 niiden vedenkulutus oli 99,4 ja 68,0 milj. m^3, vastaavasti vuonna 2002 luvut olivat 32,8 ja 49,2 milj. m^3. Näiden suurvedenkuluttajien takia koko tasavallan teollisuuden vedenkulutus meni selvästi laskuun.

Samankaltaiset trendit on havaittavissa maataloudessa ja kalataloudessa, jotka eivät kuulu suurvedenkuluttajien joukkoon (ks. kuva 1.3).

Yhdyskunnantekniikan sektorilla viimeisten kymmenen vuoden aikana on samankaltaista nousukehitystä. Tasavallan asukaslukumäärän kasvaessa, varsinkin kaupungeissa, rakennetaan uusia kerrostaloalueita ja pyritään nostamaan palvelutasoa. Vuoden 1970 ja 1989 välisenä aikana Karjalan Tasavallan asukasmäärä kasvoi 10,7 %. Kaupungeissa on havaittu suurin kasvuvauhti eli 31 %. Samanaikaisesti maaseudun asukkaiden määrä pieneni 34 %.

Таблица 1.4. Структура водопотребления Республики Карелия, 2002 г.

Taulukko 1.4. Karjalan Tasavallan vedenkulutus vuonna 2002

Вид водопотребления Vedenkulutusmuoto		Объем водопотребления, млн м^3/год Määrä, milj. м^3/vuosi	Доля от общего водопотребления, % Osuus, %
Население и ком/быт. предприятия Väestö / Yhdyskuntatekniikka		73,3	34,3
Промышленность, тепло-энергетика и транспорт Teollisuus, lämmön tuotanto ja liikenne	производственные нужды teollisuusprosessit	113,2	53,0
	ком/быт. нужды talousvedet	4,9	2,3
Сельское хозяйство Maatalous		1,3	0,6
Рыбное хозяйство Kalatalous		20,8	9,7
Всего Yhteensä		213,5	100

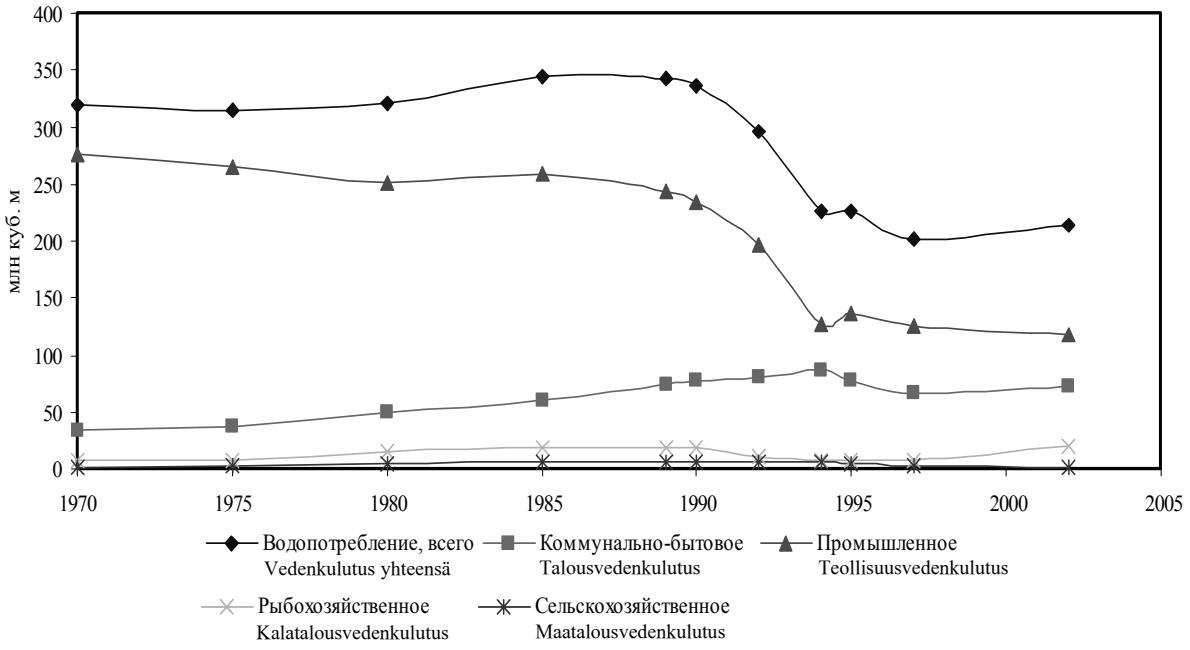


Рис. 1.3. Динамика водопотребления РК

Kuva 1.3. Karjalan Tasavallan vedenkulutus

Таблица 1.5. Структура водопотребления по отраслям промышленности, млн м^3

Taulukko 1.5. Eri teollisuusalojen vedenkulutus, milj. m^3

Отрасли промышленности Teollisuusala	1975	1980	1985	1989	1990	1992	1994	1995	1997	2002
Лесная, лесохимическая и деревообрабатывающая Metsä- ja metsäkemian teollisuus	12,5	11,8	10,4	10,5	10,6	7,3	5,8	4,9	2,8	2,1
Целлюлозно-бумажная Sellu- ja paperiteollisuus	216,2	204,7	208,7	196,1	189,1	152,9	105,8	115,1	103,1	105,0
Цветная металлургия Sellu- ja paperiteollisuus	4,6	2,7	2,7	2,8	2,5	2,7	1,3	0,7	0,6	0,9
Черная металлургия Rautametallurgia	2,2	1,8	4,8	3,5	3,3	3,0	2,9	3,7	2,8	3,0
Машиностроение и металлообработка Konerakennus ja metallien jatkokäsittely	8,9	9,8	10,4	5,9	5,5	5,0	2,8	2,8	2,1	1,7
Промстройматериалов Rakennustarvikkeiden tuotanto	9,8	11,6	10,8	9,2	9,0	7,6	3,6	2,5	2,0	1,4
Прочие Muut	11,5	8,9	11,5	15,3	13,5	18,5	4,2	6	4,6	4,0

Примечание. Структура водопотребления включает как производственные, так и собственные коммунально-бытовые нужды промышленных предприятий.

Отчетливая тенденция роста наблюдалась только для коммунально-бытовой отрасли.

В связи с ухудшающейся социально-экономической обстановкой, с 1989 г. в Карелии наметился спад производства, что повлекло за собой резкое падение масштабов промышленного водопотребления. Причем данный процесс характерен для всех отраслей индустрии (табл. 1.5). И только в последние 2–3 года наметилось замедление темпов развития этого явления.

В качестве примера можно привести наиболее водоемкую отрасль промышленности – целлюлозно-бумажную (ЦБП) – доля которой в промышленном водопотреблении составляет около 80%. Снижение уровня лесозаготовок и целый ряд других причин повлекли за собой сокращение уровня производства и, как следствие этого, снижение объемов прямого, повторного и оборотного водоснабжения. Особенно хорошо это видно при анализе деятельности крупнейших предприятий Карелии – Сегежского и Кондопожского целлюлозно-бумажных комбинатов: если в 1989 г. на их нужды израсходовано 99,4 и 68,0 млн м^3 воды, то в 2002 г. эти цифры снизились до 32,8 и 49,2 млн м^3 соответственно. Являясь основными водопотребителями, они в основном и обеспечили общую картину спада промышленного водопотребления в республике.

Подобные причины экономического характера обусловили аналогичную ситуацию для сельского и рыбного хозяйства, не являющихся крупными водопотребителями (см. рис. 1.3).

И только в коммунальном хозяйстве в последние десятилетия существует устойчивая тенденция увеличения объемов используемой воды. Она обусловлена ростом населения республики, в первую очередь городского, развитием жилищного строительства, повышением степени благоустройства жилого фонда. Так, с 1970 по 1989 г. число жителей Карелии выросло на 10,7%. Основной прирост (31%) дали жители

Viimevuosina asukkaiden lukumäärä pysynyt samana ja sen lisäksi taloja rakennettiin hyvin vähän.

Vedenkulutuskäyrä kuvailee kaikkien teollisuushaarojen kehitystä. Vuoden 1975–1989 välisenä aikana vedenkulutus nousi 9,2 %:lla, kiertovesien ja vesien uudelleen käytön määrät kasvoivat kaksinkertaisesti. Sen jälkeen kokonaisvedenkulutus ja veden kiertoprosessien määrät laskivat edellä mainittujen syiden takia. Vuonna 1997 vedenkulutus laski 36 %:lla, veden kiertoprosessien määrät laskivat 61 %:lla ollen vastaavasti 220,1 ja 446,7 milj. m^3. Tällä hetkellä kokonaisvedenkulutus on 213,5 milj. m^3, ja veden kiertoprosesseissa käytetään 829,4 milj. m^3.

Kuten edellä on jo mainittu, Karjalan Tasavallassa teollisuus käyttää eniten vettä eli 118,6 milj. m^3 (sellu- ja paperiteollisuuden osuus on 103,1 milj. m^3). Vakavia muutoksia tapahtui vedenkulutuksen jakelussakin. Viimeisten 30 vuoden aikana yhdyskunnan vedenkulutus kasvoi jatkuvasti. Vuonna 1970 yhdyskunnan osuus kokonaisvedenkulutuksesta oli yksi kymmenesosa, mutta 1990-luvun lopussa sen osuus saavutti jo yhden kolmanneksen tasoa. Nousun takana on seuraavia syitä: yhdyskuntatekniikan vedenkulutus 30 vuodessa kasvoi noin kaksinkertaiseksi. Vuoteen 1989 saakka teollisuuden vedenkulutus laski hyvin hitaasti vedenkiertoprosessien myötä, mutta vuoden 1989 jälkeen vedenkulutus teollisuudessa laski jyrkästi talouskriisin takia (taulukko 1.6).

Vuonna 1975 teollisuus käytti 85 % vettä, mutta tällä hetkellä sen osuus on 55,6 % kokonaisvedenkulutuksesta. Samalla ajanjaksolla yhdyskuntatekniikan osuus kasvoi 12:sta 34,2 %:iin. Vaikka teollisuus on edelleenkin suurin vedenkuluttaja, sen osuutta voidaan vertailla yhdyskuntatekniikkaan. Osuuksien tasoittuminen on tapahtunut monissa taloudellisesti kehittyneissä maissa, vaikkakin eri syistä. Viime vuonna kalatalous pääsi nousuun ja sen vedenkulutus kasvoi 20,7 milj. m^3 tasolle.

Таблица 1.6. Динамика водопотребления Карелии, млн м^3/год

Taulukko 1.6. Karjalan Tasavallan vedenkulutus, milj. m^3/vuosi

Год	Водопотребление, всего	Коммунально-бытовое водопотр. (к/б)	Доля к/б водопотр. от общего водопотр. республ., %	Промышленное водопотр.	Доля к/б водопотр. от пром. водопотр., %	Рыбохозяйственное водопотр.	Сельскохозяйственное водопотр.	Оборотное и повторное водоснабжение
Vuosi	Vedenkulutus, yhteensä	Yhdyskuntatekniikka (ykt)	Ykt:n osuus kokonaisvedenkulutuksessa, %	Teollisuus*	Ykt:n osuus teollisuuden vedenkulutuksesta,%	Kalatalous	Maatalous	Veden kierto ja uudelleen käyttö
1970	320,0	33,9	10,6	276,7	12,3	7,2	2,2	146,4
1975	314,0	37,9	12,1	265,7	13,7	7,2	3,2	540,8
1980	321,5	50,2	15,6	251,3	18,9	15,1	4,9	587,0
1985	343,5	59,9	17,4	259,3	23,8	18,1	6,6	1094,5
1989	342,9	74,3	21,7	243,3	28,7	18,4	6,9	1160,3
1990	336,4	77,7	23,1	233,6	31,9	18,4	6,7	1174,1
1992	295,9	81,2	27,4	197,0	41,2	11,1	6,6	909,8
1994	226,1	86,3	35,9	126,4	61,6	8,0	5,6	784,7
1995	226,3	78,0	31,7	135,7	50,6	8,0	4,6	792,3
1997	202,0	66,5	32,9	124,9	53,2	8,0	2,6	746,7
2002	213,5	73,0	34,2	118,6	61,6	20,7	1,2	829,4

Примечание. Промышленное водопотребление включает как производственные, так и собственные коммунально-бытовые нужды промышленных предприятий.

Huom. * - laitosten prosessi- ja muut talousvedet.

городских поселений, в то время как численность сельского населения сократилась на 34%. В настоящее время рост населения практически прекратился, но на общей тенденции это сказалось мало, так как негативные демографические процессы в большей степени характерны для сельской местности. Однако сокращение масштабов строительства жилья и коммунально-бытовых объектов, происходившее в последующие годы, привело к некоторому снижению темпов прироста коммунально-бытового водопотребления.

Кривая динамики общего водопотребления интегрирует особенности развития отраслевых видов и во многом определяется основным водопотребителем республики – промышленностью. С 1975 по 1989 г. объем используемой воды вырос на 9,2%, а количество воды оборотной и повторно используемой удвоилось. Но в последующие годы, в силу изложенных выше причин, суммарное водопотребление и объемы воды в СОПВ стали снижаться. К 1997 г. водопотребление снизилось на 36%, а объемы воды в СОПВ – на 61% и составили 220,1 и 446,7 млн м^3 соответственно. В настоящее время суммарное водопотребление – 213,5, СОПВ – 829,4 млн м^3.

Как уже отмечалось, основным водопотребителем в Карелии является промышленность, которая использует 118,6 млн м^3 (в том числе 103,1 – ЦБП). Однако и в структуре водопотребления произошли серьезные и характерные изменения. На протяжении последних трех десятилетий доля коммунально-бытового водопотребления в общем водопотреблении республики возрастала практически постоянно. Если в 1970 г. она составляла всего десятую часть, то к концу 1990-х гг. достигла трети от общего водопотребления. Такой рост обусловлен несколькими причинами: во-первых, за этот период при-

Viemäröinnin kehitys, joka eniten vaikuttaa vesistöympäristöön, on vedenkulutuksen seurausta. Jätevesien määrät (kokonaisuudessa ja teollisuusalojen mukaan) korreloivat vedenkulutuksen kanssa. Vastaavasti muutokset ovat samantyyppisiä. Eniten jätevettä laskettiin 1980-luvun puolivälissä (310 milj. m^3 vuodessa). Vuonna 2002 jätevesien määrät laskivat kolmanneksella 222,3 milj. m^3. Teollisuudella on suurin osuus (noin 60 %), ja sellu- ja paperiteollisuus on kärkisijalla. Loppu kuuluu melkein täysin yhdyskuntatekniikalle. Määrään kuuluvat myöskin 0,7 milj. m^3 sade- ja louhinta-alueiden vedet ja 18,7 milj. m^3 ojitusvettä, joka luokitetaan jätevedeksi (taulukko 1.7).

Jätevedet käsitellään puhdistamoilla, jotta niiden vaikutus ympäristöön olisi pienempi. Toiminta on toistaiseksi puutteellinen, koska vain 79 % jätevedestä ohjataan puhdistamoille (taulukko 1.8).

Jätevesipuhdistamoiden teho on myöskin heikko. Viimevuosina kaikkien käsitteltyjen jätevesien laatu kuuluu «saastunut käsittelyn jälkeenkin» – ryhmään. Vuonna 2002 Karjalan Tasavallan vesistöihin laskettiin 200,2 milj. m^3 «puutteellisesti käsiteltyjä» ja

Таблица 1.7. Сброс сточных, дренажных и карьерных вод, 2002 г.

Taulukko 1.7. Jäte-, ojitus ja louhinta-alueiden vesien määrät vuonna 2002

		Объем, тыс. м^3/год	Доля, %
		Määrä, tuhat. m^3/vuosi	Osuus, %
Всего сброшено	Yhteensä	222 360	100
В т. ч. сточных	jätevedet	202 881	91,2
дренажных	ojitusvedet	18 732	8,4
карьерных	louhinta-aluevedet	747	0,3

мерно удвоилось абсолютное значение объемов коммунально-бытового водопотребления; во-вторых, практически постоянно происходило снижение доли промышленного водопотребления – основной составляющей общего водопотребления республики. До 1989 г. спад промышленного водопотребления шел постепенно и был вызван увеличением объемов повторного и оборотного водоснабжения, а после 1989 г. – достаточно резко, в связи с общим экономическим кризисом (табл. 1.6).

Если в 1975 г. на долю промышленности приходилось 85% воды, то в наше время этот показатель снизился до 55,6%. За этот же период вклад коммунально-бытового хозяйства возрос с 12 до 34,2%. Таким образом, хотя промышленность и остается ведущим потребителем, ее удельный вес уже сравним с коммунальным хозяйством. Такое выравнивание долей является нормальным явлением для экономически развитых стран, если не принимать во внимание основные причины, его породившие. В последний год вновь начала оживать рыбохозяйственная отрасль, и водопотребление в ней увеличилось до 20,7 млн м³ .

Водоотведение, оказывающее наиболее сильное влияние на водно-экологическую ситуацию, является во многом производной от водопотребления. Их объемы (как суммарные, так и отраслевые) тесно коррелируют друг с другом, вследствие чего динамика их развития имеет сходный характер. Максимальные объемы сточных вод сбрасывались в водные объекты во второй половине 1980-х гг. (до 310 млн м³ в год). К 2002 г. их количество снизилось примерно на треть и достигло 222,3 млн м³. Основной вклад вносит промышленность (около 60%), где по этому показателю также лидирует ЦБП. Остальная часть почти полностью приходится на долю коммунального хозяйства. В этот объем входит 0,7 млн м³ учтенных ливневых и шахтных (карьерных) вод и 18,7 дренажных вод, которые мы также рассматриваем как часть сточных (табл. 1.7).

Для снижения негативного воздействия сточных вод на природные водные объекты осуществляется их очистка. Однако ее масштабы недостаточны – через канализационные очистные сооружения (КОС) пропущено только 79% объема, нуждающегося в такой операции (табл. 1.8).

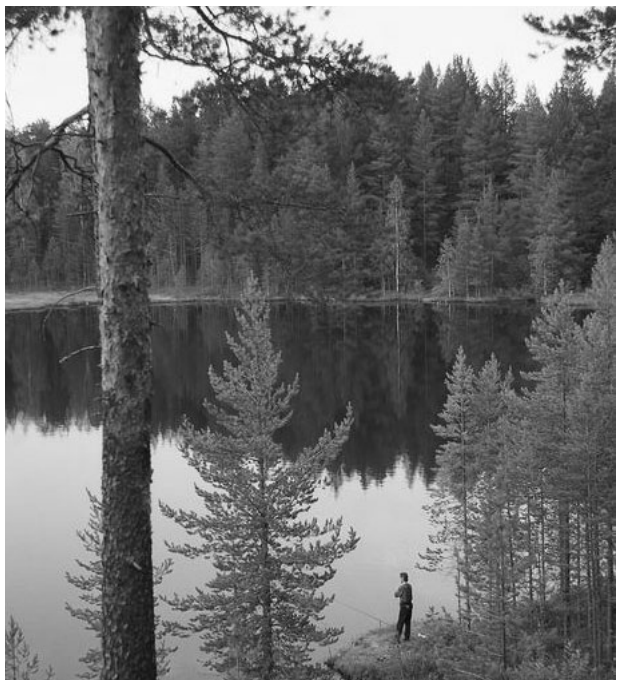
Низка и эффективность работы очистных сооружений. Последние годы весь объем стоков, прошедших через КОС, относится к категории «загрязненных после очистки». Таким образом, общий объем загрязненных или недостаточно очищенных вод, сброшенных в гидрографическую сеть Карелии в 2002 г., составил 200,2 млн м³. Для их нейтрализации необходимо по самым минимальным требованиям (10-кратное разбавление для нормативно-чистых без очистки и 50-кратное – для загрязненных и недостаточно очищенных) свыше 10 км³ чистой воды или почти треть объема стока всех рек Карелии в маловодный год 95% обеспеченности.

Таблица 1.8. Степень очистки сточных вод, 2002 г.

Taulukko 1.8. Jätevesien käsittely vuonna 2002

		Объем, тыс. м³/год Määrä, tuhat m³/vuosi	Доля, % Osuus, %
Всего сброшено сточных, дренажных и карьерных вод	Kaikki jätevedet, mm. ojitus ja louhintojen vedet mukaan luettuina:	222360	100
В т. ч. без очистки в водные объекты	laskettu ilman käsittelyä vesistöihin	21997	9,9
без очистки в выгреба	ilman käsittelyä sakonkaivoihin	2464	1,1
без очистки на рельеф	ilman käsittelyä maastoon	142	0,1
недостаточно очищенных	puutteellisesti käsitellyt jätevedet	175564	79,0
нормативно-чистых без очистки	normien mukaan käsitellyt jätevedet	22193	10,0
Безвозвратное водопотребление	Vedenkulutus, kun vettä ei palauteta takaisiin ympäristöön	10653	
Мощность канализационных очистных сооружений	Jätevesipuhdistamoiden suunniteltukapasiteetti	338833	

«saastuneita käsittelyn jälkeenkin» olevia jätevesiä. Vähimmäisvaatimusten mukaan tarvitaan 10 km³ puhdasta vettä, jotta niiden negatiivinen vaikutus ympäristöön olisi neutralisoitunut (10-kertainen laimennusta vaaditaan jätevesille, jotka ovat normien mukaan ns. puhtaita ilman käsittelyä ja 50-kertaista laimennusta vaaditaan jätevesille, jotka ovat puutteellisesti käsiteltyjä) taas on Koko Karjalan Tasavallan jokien virtaamasta 10 km³ on yksi kolmas osa vähänvetisenä vuotena (95 %).



1.3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ФИНЛЯНДИИ

1.3. SUOMEN VESIVARAT

1.3.1. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

При описании поверхностных вод Финляндии, их гидрологических особенностей, количества и качества, давая оценку использования поверхностных вод и их охраны, необходимо коротко проанализировать особенности формирования вод. Геологическая история Финляндии и Республики Карелия одинакова и, поскольку различия в климате минимальные, понятно, что природные характеристики водных объектов в основных чертах близки. Антропогенное воздействие естественно привело к изменению водных ресурсов, что сказалось на их использовании и охране.

История формирования водных ресурсов

На формирование рельефа и водных объектов Фенноскандии оказали значительное влияние материковые оледенения. Эта территория в течение четвертичного периода, который начался примерно 2,5 млн лет назад, несколько раз подвергалась оледенению. Самое холодное последнее Валдайское оледенение было 18–20 тыс. лет тому назад. Тогда ледник простирался до средней Европы, Британских островов и Валдая. По оценкам, толщина материкового льда превышала 3 км над уровнем северной части Ботнического залива.

Последующие за этим периоды потепления значительно изменили облик рельефа и кристаллических пород, сформировав особую форму скальных образований, почти гладкую поверхность моренных отложений, немногочисленные краевые образования, которые четко разделили равнины (Salpausselät), а также длинные грядовые образования, ориентированные по направлению движения ледника, которые являются важными территориями для накопления запасов подземных вод. Наиболее длинная гряда Салпауссельки начинается от Ханкониеми, проходит через территорию Южной Финляндии и поворачивает у Лаппенранты, продвигаясь далее по направлению государственной границы с Российской Федерацией на север. Салпауссельки II, проходящая в 20 км севернее, пересекает государственную границу в районе Иломантси. Широкое краевое образование Яманкангас, которое несколько моложе Салпауссельки II, расположено на южной стороне Хеютиайнен. Продолжением ее является краевое моренное образование Уймахарью, идущее по южной стороне Пейлинен, которое продолжается на территории Республики Карелия в виде большого краевого образования, расположенного на терри-

1.3.1. SUOMEN PINTAVESISTÖT

Kuvailtaessa Suomen pintavesivaroja on tarpeen lyhyesti palauttaa mieleen vesistöjen syntyvaiheet, kertoa niiden hydrologisista ominaisuuksista, kuvata määrää ja laatua sekä antaa selvitys pintavesivarojen käytöstä ja suojelusta. Suomen ja Karjalan Tasavallan geologinen historia on yhteinen ja, kun ilmastolliset erot ovat vähäisiä, on ymmärrettävää, että vesivarojen luontaiset ominaisuudet ovat hyvin paljon samankaltaisia. Ihmisen vaikutus on luonnollisesti johtanut eroihin vesivarojen kehityksessä, mikä on heijastunut vesivarojen käyttöön ja suojeluun.

Vesivarojen syntyhistoriasta

Fennoscandian ja Luoteis-Venäjän maaperän ja vesivarojen syntyyn on ratkaisevasti vaikuttanut mannerjää ja sen sulaminen. Alue on ollut toistuvasti mannerjäätikön peitossa kvartäärikauden aikana, joka alkoi noin 2,5 miljoonaa vuotta sitten. Jäätiköitymisjaksoja on ollut kymmenkunta viimeisten miljoonan vuoden aikana. Kylmimmillään viimeinen Veikseljääkausi oli vasta 18 000–20 000 vuotta sitten, jolloin jää ulottui Valdaille Keski-Eurooppaan ja Brittein saarille saakka. Mannerjäätikön on arveltu olleen yli kolmen kilometrin paksuinen Perämeren päällä.

Seurannut sulamiskausi muokkasi voimakkaasti maa- ja kallioperää paljastaen kalliomuotoja sekä aikaansaaden maahamme melko tasaisen moreenipeitteen, muutaman selvästi erottuvan maan poikki ulottuvan reunamuodostuman (Salpausselät) sekä jään sulamissuuntaan kulkevat pitkittäisharjut, jotka ovat tärkeitä pohjaveden varastoalueita. Ensimmäinen eli ulompi Salpausselkä alkaa Hankoniemeltä kulkien poikki Etelä-Suomen ja kääntyen Lappeenrannan tienoilla valtakunnan rajan suuntaisesti pohjoiseen. Parikymmentä kilometriä pohjoisempana kulkeva Toinen Salpausselkä ylittää valtakunnan rajan Ilomantsissa. Hieman Toista Salpausselkää nuorempi on laaja Jaamankankaan reunamuodostuma Höytiäisen eteläpuolella. Sen jatkeena on Pielisen eteläpuolella Uimaharjun reunamoreeni, jota voi seurata Karjalan Tasavallan suurille reunamuodostumille Kuittijärven alueelle. Sulamisen jatkuessa Jaamankangas muuttuu pitkäksi luoteeseen suuntautuvaksi saumaharjuksi, olla on solmukohta Iisalmen suuntaan erkanevan haaran kanssa Siilinjärvellä. Alkuperäinen harju jatkuu Perämeren rannikolle

тории Куйттиярви. На следующих этапах таяния ледника Яяманкангас преобразовался в длинную гряду, вытянутую в северо-западном направлении, на которой имеется узловой участок по направлению к Иисалми с ответвлением на Сиилинъярви. Основная гряда продолжается до берега северной части Ботнического залива. Согласно современным представлениям, Салпаусселькя I сформировалась примерно 11,2, а вторая – 10,7 тыс. лет назад. К берегу Ботнического залива лед подошел 9,3 тыс. лет назад (Taipale, Saarnisto, 1991).

С отступлением ледникового покрова началось формирование современной гидрографической сети, при этом на климатические факторы наложилось одно из последствий ледникового периода – поднятие земной поверхности. При этом на поверхности оказалась узкая полоса южно-финляндской озерной территории, на которой сформировались оз. Сайма, реки Кюмийоки и Кокемяенйоки. Одновременно начался период, при котором котловины озер, отделенные друг от друга различными кристаллическими образованиями, вытягивались в юго-восточном направлении. Водораздел, отделивший озерную территорию от моря, переместился под влиянием поднятия от Салпаусселькы к Суомусселькe. Изменения береговой линии в результате поднятия и опускания русел рек значительно повлияли на формирование современного облика поверхности. Последним наиболее значительным изменением был естественный сброс вод оз. Сайма через Салпаусселькя около 5000 лет назад, что привело к возникновению Иматракоски и Вуоксы. Повышение уровня воды в Ладоге позднее привело к возникновению р. Невы в результате сильного прорыва примерно 2000–2 500 лет назад.

С озерами, расположенными в северной части Финляндии, также произошли различные изменения, приведшие к трансформации береговых линий и понижению уровня, при этом все озера, за исключением Оулуярви, расположены выше уровня Балтийского моря. Типичным для этой территории являлось увеличение длины рек при отступлении берега моря. Последствием действия ледника является также характерная особенность территории северной Финляндии – огромное количество мелких озер-ламб и болот.

Гидрологические особенности

ВОДОСБОРНЫЕ БАССЕЙНЫ. Первое определение границ водосборных территорий, охватывающее всю Финляндию, было сделано в 1863 г. в Императорском главном управлении по дорогам и водным путям. Название издания было «Реки и озера Финляндии» (Gylden, 1863). Следующая попытка определения границ водосборных территорий была предпринята в 30-е

saakka. Nykyisen käsityksen mukaan Ensimmäinen Salpausselkä kerrostui noin 11 200 ja Toinen 10 700 vuotta sitten. Pohjanlahden rannikolle jää ehti 9 300 vuotta sitten (Taipale, Saarnisto, 1991).

Jään vetäydyttyä alkoi nykyisiin maan vesioloihin johtanut kehitys, missä ilmasto-olojen lisäksi näytteli pääosaa jääkauden jälkeinen maan kohoaminen. Etelä-Suomen järvialue minkä muodostavat Saimaan, Kymijoen ja Kokemäenjoen vesistöt kuroutui jo varhain erilleen merestä maan kohoamisen edetessä. Samalla alkoi vaihe, missä erillisten kalliokynnysten toisistaan erottamat järvialtaat kallistuivat kaakkoon. Järvialuetta merestä erottanut vedenjakaja siirtyi kallistuksen vaikutuksesta Salpausselkien vaiheilta Suomenselälle ja kallistumisesta johtuvat rantojen siirtymiset ja lasku-uomien muutokset vaikuttivat ratkaisevasti nykyiseen maan karttakuvaan. Viimeinen merkittävä muutos oli Saimaan vesien puhkaistessa ulomman Salpausselän noin 5000 vuotta sitten synnyttäen Imatrankosken ja Vuoksen, mikä aikaansai Laatokalla tulvimista johtaen maanpinnan kallistuksen myötä Neva-joen syntyyn noin 2000–2500 vuotta sitten.

Pohjois-Suomen järvissä on myös tapahtunut moninaisia rannan siirtymiä ja lasku-uoman muutoksia, vaikka suurimmat järvet Oulujärveä lukuun ottamatta ovat sijainneet Itämeren pinnan yläpuolella. Tyypillistä alueelle on ollut jokien pituuksien kasvaminen meren rannan väistyessä. Jääkauden peruja on myös erityisesti Pohjois-Suomelle ominainen pikku lampien ja soiden suuri lukumäärä.



Hydrologisia piirteitä

VESISTÖALUEET

Ensimmäisen koko Suomen kattavan vesistöaluerajauksen laaditutti vuonna 1863 Keisarillinen Tie- ja Vesikulkulaitoksen Ylihallitus. Julkaisun nimi oli «Suomenmaan joet ja järvet» (Gylden, 1863). Seuraava yritys valtakunnallisen vesistöaluerajauksen parantamiseksi tehtiin 1930-luvulla ja työtä jatkettiin

годы 19 века, и работа продолжалась до 1950–1970-х гг. Однако первая подготовленная в 1978 г. карта масштаба 1 : 20 000 дала возможность уточнения границ уже определенных водосборных территорий и небольших водных объектов в Отделе гидрологии Управления окружающей среды. Работа продолжалась в 1984–1990 гг., и составленный реестр был частично внесен в банк данных по окружающей среде в 1991 г. Список был издан в 1993 г. под названием «Водосборные бассейны Финляндии» (Ekholm, 1993).

Цифровой реестр данных по водосборным бассейнам содержит следующие параметры: название, признак, площадь и озерность примерно по 6000 бассейнам. В нумерации основных водосборных объектов площадью более 200 км^2 поддерживается ранее выработанный принцип. Нумерация начинается с водных объектов, впадающих в бассейн Ладожского озера, и обходит береговые территории по часовой стрелке, заканчиваясь на водоемах, впадающих в Белое море. Поскольку размер основных водосборных бассейнов превышал 10 000 км^2, их разбили на три раздела (в водосборном бассейне более чем 729 составляющих территорий). Водосборные территории площадью 1000–10 000 км^2 подразделены на два раздела (частных территорий на водосборном бассейне более 81). Основные водосборные территории площадью менее 1000 км^2 в большинстве случаев подразделены на 9 дополнительных территорий.

ВОДНЫЙ БАЛАНС. По климатическим показателям Финляндия, как и Карелия, расположена в переходной зоне от морского к континентальному климату, и их территории принадлежат к зоне северных хвойных лесов. Вследствие влияния течения Гольфстрим, а также Балтийского моря, высокой озерности, климат на этой территории более влажный, чем на других, расположенных между 60 и 70 параллелями.

На территории Финляндии за период 1961–1990 гг. в месяц выпадало в среднем 660 мм осадков. Из этого количества испарялось 341 мм, уходило в море и за пределы страны более 318 мм. Водные ресурсы увеличивались, таким образом, на 1 мм в год. Упомянутый сток в 318 мм соответствует расходу 3 400 м^3/сут и модулю стока 10,1 л · с/км^2 (Reuna, 2001) (табл. 1.9).

Из всех стран Европейского Союза в настоящее время объем атмосферных осадков на территории Финляндии наименьший. Однако при наименьшем испарении и осадках в Финляндии запасы воды в расчете на одного жителя более значительные, чем в других странах ЕС и составляют примерно 20 700 м^3 в год. Общие запасы воды, с учетом поступающих с речным стоком с территорий соседних государств, в Финляндии самые большие по сравнению с другими странами ЕС.

Наибольшее количество атмосферных осадков на территории Финляндии выпадает на северо-западе (местами более 700 мм). Наименьшее – в местности

1950- ja 70-luvuilla. Kuitenkin vasta peruskartoituksen valmistuminen vuonna 1978 mittakaavaan 1 : 20 000 antoi mahdollisuuden vesistöalueiden entistä tarkemmalle ja pienempiä osa-alueita koskevalle rajaukselle vesi- ja ympäristöhallituksen hydrologian toimistossa. Työ tehtiin vuosina 1984–1990. Rekisteri liitettiin osaksi ympäristötietojärjestelmää vuonna 1991. Luettelo julkaistiin vuonna 1993 nimellä «Suomen vesistöalueet» (Ekholm, 1993).

Numeerinen vesistöaluerekisteri käsittää nimi-, tunnus-, pinta-ala- ja järvisyystiedot noin 6 000 valuma-alueesta. Yli 200 km^2 päävesistöalueiden numeroinnissa on noudatettu aiemmin käytössä ollutta tapaa. Numerointi alkaa Laatokkaan laskevista vesistöistä ja kiertää rannikkoalueet myötäpäivään päättyen Vienanmereen laskeviin vesistöihin. Kun päävesistöalueen koko on ollut yli 10 000 km^2, on se yleisjaossa jaettu kolmeen jakovaiheeseen, jolloin vesistöalueella on enintään 729 osa-aluetta. Kooltaan 1000–10 000 km^2 suuruiset päävesistöalueet on jaettu kahteen jakovaiheeseen, jolloin osa-alueita vesistöalueella on enintään 81 kappaletta. Alle 1000 km^2 suuruiset päävesistöalueet on enimmillään jaettu yhdeksään osa-alueeseen.

VESITASE

Ilmastollisesti Suomi kuten Karjalan tasavaltakin sijaitsee merellisen ja mantereellisen ilmaston välialueella ja maat kuuluvat maantieteellisesti suurimmaksi osaksi pohjoiseen havumetsävyöhykkeeseen. Golf-virran, Itämeren ja suuren järvisyyden ansiosta ilmasto on suotuisampi kuin useimpien muiden 60. ja 70. leveyspiirien välissä sijaitsevien alueiden.

Suomen alueella on kaudella 1961–1990 satanut keskimäärin 660 mm. Siltä on haihtunut 341 mm sekä valunut meriin ja valtakunnan rajan yli 318 mm. Vesivarastot ovat kasvaneet 1 mm verran. Mainittu 318 mm valunta vastaa 3400 m^3/s virtaamaa ja 10,1 l · s/km^2 valumaa (taulukko 1.9).

Nykyisistä EU-maista Suomen alueella sataa vähiten, mutta kun samalla haihtuminen on pienin, on lopputuloksena se, että Suomessa on asukasta kohden eniten omia vesivaroja eli noin 20 700 m^3 vuodessa. Itse asiassa myös kokonaisvesivarojen suhteen, jolloin mukaan lasketaan jokien naapurimaista tuoma vesi, Suomen vesivarat ovat suurimmat EU-maista.

Suomessa sataa eniten Lounais-Suomessa paikoin yli 700 mm ja vähiten Käsivarren Lapissa noin 500 mm vuodessa. Eniten vettä haihtuu eteläisen Suomen järvistä noin 500 mm ja vähiten Pohjois-Lapin maa-alueilta noin 200 mm vuodessa. Taulukossa on Perämereen purkautuvat päävesistöt ryhmitelty kahteen ryhmään, joista eteläisempi tarkoittaa Kyrönjoen ja Temmesjoen välistä rannikkoa ja pohjoisempi Oulujoen ja Tornionjoen – Muonionjoen välistä

Таблица 1.9. Водный баланс территории Финляндии по водосборам и на всей территории в период 1961–1990 гг. (Hyvärinen, 1998)

Taulukko 1.9. Suomen vesitase purkualueittain ja koko Suomen alueella 1961–1990

Территория	Alue	Площадь, км^2	Атмосферные осадки, мм/год	Испарение, мм/год	Сток, мм/год	Изменение запасов, мм/год
		Ala, km^2	Sadetta, mm/vuosi	Haihdunta, mm/vuosi	Valunta, mm/vuosi	Varaston muutos, mm/vuosi
Бассейн притоков Ладожского озера	Laatokkaan laskevat vesistöt	56 399	711	401	308	+ 2
Бассейн притоков Финского залива	Suomenlahteen laskevat vesistöt	51 865	713	420	293	0
Бассейн притоков морских шхер	Saaristomereen laskevat vesistöt	10 479	747	434	313	0
Бассейн притоков южной части Ботнического залива	Selkämereen laskevat vesistöt	40 187	692	414	278	0
Бассейн притоков северной части Ботнического залива (42…58)	Perämereen laskevat vesistöt (42…58)	35 901	623	334	289	0
Бассейн притоков северной части Ботнического залива (59…67)	Perämereen laskevat vesistöt (59…67)	11 0550	635	276	357	+ 2
Бассейн притоков Северного Ледовитого океана	Jäämereen laskevat vesistöt	25 451	533	200	333	0
Бассейн притоков Белого моря	Vienanmereen laskevat vesistöt	6 212	660	279	381	0
Всего (среднее)	Yhteensä/keskimäärin	337 044	660	341	318	+ 1

Примечание. В таблице представлены данные по основным водным объектам, впадающим в северную часть Ботнического залива, которые разбиты на две группы по водосборным бассейнам: южный – по берегу моря между Кюронйоки и Теммесйоки и северный – между Оулуйоки и Торнионйоки-Муонионйоки.

Кясиварра, расположенной в Лапландии (примерно 500 мм в год). Больший слой воды испаряется с озер, расположенных на юге Финляндии (примерно 500 мм), меньший – на территории северной Лапландии (примерно 200 мм в год).

Границу между Финляндией и Россией длиной 1 600 км пересекают четыре тысячи озер, рек и ручьев. Из Финляндии в Россию поступает более 900 м^3/с, а из России в Финляндию – примерно 100 м^3/с. Самым крупным пограничным водным объектом является р. Вуокса.

Согласно наблюдениям сток на территории Финляндии, по крайней мере в южной части страны, за последние 100 лет увеличился. Это возможно только в двух случаях: при увеличении осадков или при уменьшении испарения. Однако нет сведений о том, что объемы испарения за это время изменились. С другой стороны, согласно многолетним данным по объемам атмосферных осадков по отдельным территориям, их количество увеличивается, но в каком объеме, пока неизвестно (Hyvärinen, 1998). Этот вопрос исследуется также с точки зрения влияния так называемого «парникового эффекта» на Северную Европу.

Запасы поверхностных вод

ОЗЕРА. Общая площадь Финляндии 338 145 км^2. Леса занимают 69%, сельскохозяйственные земли – 8,

valuma-aluetta. Suomen ja Venäjän välinen 1600 km pitkä raja ylittää nelisen sataa järveä, jokea ja puroa. Vettä virtaa Suomesta rajan yli noin 900 m^3/s ja Venäjältä Suomeen noin 100 m^3/s. Suurin rajavesistö on luonnollisesti Vuoksi.

Valunta Suomen alueelta on kasvanut havaintojen mukaan koko 1900-luvun varsinkin maan eteläosassa. Tämä on mahdollista vain, jos sadanta on kasvanut tai haihdunta pienentynyt. Ei ole viitteitä siitä, että haihdunta olisi muuttunut. Sen sijaan aluesadannan aikasarjojen mukaan sadanta on kasvamassa, kuinka paljon, on vielä epävarmaa (Hyvärinen, 1998). Ilmiön on tulkittavissa ns. kasvihuoneilmiön vaikutuksiin Pohjois-Euroopassa.

Pintavesivarojen määrä

JÄRVET

Suomen kokonaispinta-ala on 338 145 km^2, mistä metsämaaksi on luokiteltu 69 %, viljellyksi maaksi 8 % ja vesistöjen peitossa on 9,8 %. Loppu 13 % koostuu muista maankäyttömuodoista ja joutomaasta. On huomattava, että edellä luetelluissa luvuissa ei näy vesivarojen kannalta tärkeitä soita, joiden määrä on noin 30 % maa-alasta, mikä on suhteessa maan pinta-alaan nähden suurin määrä maailmassa. Nämä luvut tarkoittavat biologisia soita, siis soita, joissa on turvetta muodostavia kasviyhdyskuntia. Maaperäkar-

поверхностные водоемы – 9,8%. Остальные 13% приходятся на различные земельные участки и пустоши. Необходимо отметить, что в приведенной классификации не нашли место важные в отношении формирования водных запасов болота, площадь которых составляет 30%, что является самым высоким показателем в мире по отношению к территории суши. Эти цифры означают биологические болота, на которых произрастают сообщества растений, образующих торф. При картировании почв критерием выделения болот считается, по меньшей мере, метровая толщина слоя торфа. По такой методике площадь болот Финляндии снижается до 15,5% от площади суши. Только часть болот находится в естественном состоянии. Большинство их расположено на севере страны. Общая площадь болот равняется 10,4 млн га, из них 5,5 млн га мелиорированы для лесного хозяйства. Для сельского хозяйства подготовлено 700 тыс. га. Дополнительно для промышленных торфоразработок зарезервировано 0,5 млн га (Taipale, Saarnisto, 1991).

Основные сведения для реестра озер были собраны в 1986–1991 гг. отделом гидрологии Управления по воде и окружающей среде (в настоящее время Центр окружающей среды Финляндии). В то время в список включались все озера площадью более 1 га, каждому озеру присваивался идентификационный номер по водосборной территории и определялись координаты местоположения. Данные по площади и береговой линии поступали из Округов по воде и окружающей среде (в настоящее время Центры окружающей среды). В 1994 г. в реестр озер были внесены дополнительные сведения, при помощи которых можно охарактеризовать объекты с разных сторон, например, глубины, количества островов и данных по водосборному бассейну. Реестр постоянно усовершенствуется, и сейчас готовится графическое приложение для того, чтобы данные можно было рассматривать также с помощью графиков и карт (Hakala, 2001).

В Финляндии – три озера площадью более 1000 км^2: Сайма, Инари и Пяйянне. Озер с акваторией более 10 км^2 – 309 с общей площадью свыше 21 911 км^2, что составляет 65% от всех озер Финляндии. На рис. 1.4 представлено графическое изображение классификации озер Финляндии по занимаемой площади. Общее количество озер площадью более одного гектара составляет по литературным данным 56 015. Общая протяженность береговой линии всех озер оценивается примерно в 130 тыс. км. В Финляндии также имеются небольшие водоемы площадью менее 0,5 га. Общее их количество составляет 187 888. Большая их часть, относящаяся по классификации к ламбам, расположена в Северной Лапландии. Объем озер площадью более одного гектара удивительно маленький по сравнению с объемом озер, расположенных на территории соседних стран. Озера мелкие – средняя глубитoituksessa suon mittana pidetään vähintään metrin paksuista turvekerrosta. Tämän määritelmän mukaan Suomen suopinta-ala putoaa 15,5 % maa-alasta. Vain osa soista on luonnontilassa. Suurin osa niistä sijaitsee Pohjois-Suomessa. Soiden kokonaismäärästä 10,4 milj. ha on 5,5 milj. ha ojitettu metsänviljelyyn. Pelloksi on raivattu 700 000 ha. Lisäksi turveteollisuuden käyttöön on varattu puolisen miljoonaa hehtaaria (Taipale, Saarnisto, 1991).

Ns. järvirekisterin perustiedot on koottu vuosina 1986–91 vesi- ja ympäristöhallituksen (nykyisin Suomen ympäristökeskuksen) hydrologian toimistossa. Tuolloin luetteloitiin kaikki yli 1 ha:n suuruiset järvet ja kullekin järvelle annettiin uuden vesistöaluejaon mukainen tunnus sekä määritettiin sijaintikoordinaatit. Pinta-alat ja rantaviivatiedot saatiin vesi- ja ympäristöpiireistä (nykyisin alueelliset ympäristökeskukset). Vuonna 1994 järvirekisteriin lisättiin ominaisuuksia, joiden avulla voidaan kohdetta kuvata monella tavalla kuten esim. syvyyssuhteiden, saarien ja valuma-aluetietojen avulla. Kehitteillä olevasta rekisteristä on tarkoitus muodostaa graafinen käyttöliittymä, jolloin tietoja voi tarkastella myös käyrien ja karttojen avulla (Hakala, 2001).

Suomessa on kolme yli tuhannen neliökilometrin suuruista järveä – Saimaa, Inari ja Päijänne. Yli kymmenen neliökilometrin järviä on 309 kappaletta, joiden yhteinen pinta-ala on 21 911 km^2 eli 65 % Suomen järvialasta. Ohessa on graafinen esitys Suomen järvien pinta-alasta ja lukumäärästä kokoluokittain. Kaiken kaikkiaan yli 1 hehtaarin järviä kirjattiin 56 015 kappaletta. Järvien yhteenlasketuksi rantaviivan pituudeksi on arvioitu noin 130 000 km. Suomessa on myös selvitetty pysyvästi veden

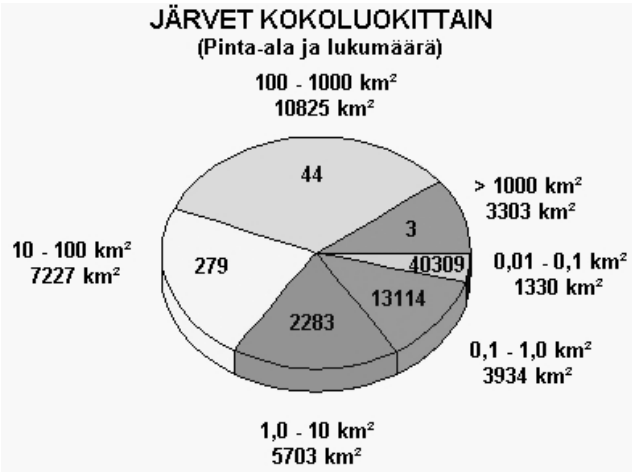


Рис. 1.4. Классификация озер Финляндии (площадь и количество)

Kuva 1.4. Suomen järvien pinta-ala ja lukumäärä kokoluokittain

на равняется лишь 7 м, так что их общий объем составляет 235 км³, что соответствует наиболее крупному оз. Швеции Веннерн, Онежскому оз. в Карелии или четвертой части объема Ладоги. Среднее годовое колебание объема составляет 40 км³.

В марте 2003 г. общий объем озер был равен 208 км³ или на 14 км³ меньше по сравнению со средним значением на данный период времени. Снижение можно считать относительно небольшим. Засушливый период второй половины 2002 г. оказал более значительное влияние на подземные воды, что проявилось в отсутствии воды в колодцах. Общий дефицит воды озер, болот, влажных земель и возобновляемых подземных вод достиг 60 км³, что соответствует 3,5 объема воды оз. Пяйянтеелинен (17 км³) (Kuusisto, 2003).

Озерная территория южной Финляндии отличается по своим гидрологическим характеристикам от других частей Финляндии высоким показателем озерности. Равномерное распределение большой цепочки озер по длине приводит к тому, что доля водоемов в системе Сайма, Пяйянен и Кокемяенйоки по всему водосборному бассейну достигает 35% и выше. Показатели озерности по всему водосборному бассейну составляют для перечисленных систем 19,8, 18,3 и 11,0% соответственно. Высокий показатель озерности с точки зрения ландшафта является важной природной особенностью, положительно характеризующей территорию.

РЕКИ. В табл. 1.10 приводится информация по основным водотокам Финляндии.

Таблица 1.10. Наиболее крупные реки Финляндии в порядке уменьшения показателя среднемноголетнего стока за период 1961–1990 гг.

Taulukko 1.10. Suomen suurinta jokea keskivirtaaman perusteella 1961–1990

Река	Joki	Расход, м³/с
Вуокса	Vuoksi	596
Кемийоки	Kemijoki	553
Торнионйоки	Tornionjoki	387
Оулуйоки	Oulujoki	332
Пелисйоки	Pielisjoki	259
Кокемяенйоки	Kokemäenjoki	231
Муонинйоки	Muonionjoki	184
Иййоки	Iijoki	174
Тенойоки	Tenojoki	157
Паатсийоки	Paatsjoki	153
Оунасйоки	Ounasjoki	148

Использование поверхностных водных объектов

Условия водной среды Финляндии – реки с береговой зоной, длинные озерно-речные системы, а также крупные водные объекты – озера и реки, расположенные на севере, предоставляют естественные и довольно хорошие возможности их использования в разных целях, например, транспорт, рыбная ловля, гидроэнергетика. Использование водных объектов предполагает

alla olevat yli viiden aarin painanteet. Niiden lukumääräksi saatiin 187 888 kappaletta. Valta-osa näistä lammiksi luettavista kohteista sijaitsee Pohjois-Lapissa.

Yli hehtaarin suuruisten järvien tilavuus on hämmästyttävän pieni, jos niitä vertaa naapurimaiden järvien tilavuuksiin. Järvet ovat matalia – keskisyvyys vain noin seitsemän metriä – joten niiden kokonaistilavuus 235 km³ täyttäisi vain Ruotsin suurimman järven Vänernin, Karjalan Äänisen tai neljänneksen Laatokkaa. Vuotuinen keskimääräinen tilavuuden vaihtelu on noin 40 kuutiokilometriä.

Vuoden 2003 maaliskuussa järvien kokonaistilaisuus oli 208 km³ eli 14 km³ pienempi ajankohdan keskimääräiseen tilavuuteen verraten. Vuoden 2002 jälkipuoliskon kuivuus heijastui vaikutuksiltaan eniten pohjavesiin ja kaivojen vedenpuutteeseen. Järvien, soiden, maan kosteuden ja uusiutuvan pohjaveden yhteenlaskettu vajaus kohosi 60 km³:iin, mikä vastaa kolmea ja puolta Päijänteellistä (17 km³) vettä. Vajausta voidaan pitää suhteellisen pienenä verrattuna vuosien 1941–42 havaittuun vaikeaan kuivakauteen (Kuusisto, 2003).

Etelä-Suomen järvialue erottuu hydrologialtaan suuren järvisyytensä takia muusta Suomesta. Pitkien järviketjujen virtaamia tasaava vaikutus perustuu siihen, että Saimaan, Päijänteen ja Kokemäenjoen vesistöissä järvien osuus valuma-alueesta kohoaa paikoin yli 35 %:n. Koko valuma-alue lukien vesistöjen järvisyydet ovat edellä luetellussa järjestyksessä: 19,8 %, 18,3 % ja 11,0 %. Suuri järvisyys on maisemallisesti luonnollisesti tärkeää aluetta positiivisesti karakterisoiva ominaisuus.

JOET

Kaksitoista Suomen suurinta jokea ovat kauden 1961–90 keskivirtaaman perusteella seuraavat (taulukko 1.10).

Rakentamattomia ja samalla säännöstelemättömiä jokia luetelluista ovat Muonio, Teno ja Ounasjoki sekä Tornionjoen pääuoma. Jos keskivirtaamaksi edellytetään vähintään kuutiometri sekunnissa, saadaan Suomen jokien yhteispituudeksi 20 000 km.

Pintavesivarojen käyttö

Suomen vesistöolot – rannikon joet, Järvi-Suomen pitkät vesireitit sekä pohjoisen suuret joet ja järvet – ovat luoneet jo varhain hyvät mahdollisuudet monipuoliselle vesien käytölle kuten liikenteelle, kalastukselle ja vesivoiman hyödyntämiselle. Vesivarojen hyväksikäyttö on edellyttänyt fyysisiä toimenpiteitä vesistöissä. Tällaisia ovat olleet

проведение разнообразных мероприятий. Таковыми могут быть: строительство дамб, регулирование, расчистка, спуск воды из озер, мелиорация и строительство насыпей, а также различные технические сооружения, которые необходимы, например, для судоходства.

На территории Финляндии построено почти 2000 различных дамб. Регулирование озер необходимо для многих видов их использования, основным из которых является получение гидроэнергии. В Финляндии примерно 300 зарегулированных озер и 28 искусственных водоемов. Площадь зарегулированных озер составляет почти третью часть от площади всех озер. Годовое колебание уровня воды в них примерно 1,4 м (согласно расчетам по 50 озерам со средней площадью 270 км^2), а в природных озерах – только около 0,8 м (50 озер со средней площадью 150 км^2) (Timonen et al., 2001). Поскольку озера Финляндии, как правило, мелкие с пологими берегами, они очень чувствительны к изменениям, вызванным колебаниями уровня воды с точки зрения гидрологического режима и гидробиологии. Необходимо отметить, что в Финской Лапландии находятся самые крупные искусственные водоемы-водохранилища стран ЕС – Порттипахта и Локка, площадь которых 149 и 315 км^2 соответственно. Однако общее число искусственных водоемов в Финляндии незначительное по сравнению с другими странами южной и восточной Европы. Максимальное изменение уровня воды в котловине Локка может достигать 5, а в Порттипахта – 11 м. Средние значения в каждом из них находятся в пределах 2,5 м.

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА. Использование воды как источника энергии для мельниц известно еще с 13 столетия. Гидроэнергия с начала 16 века стала использоваться при производстве железа и деревообработке. Энергия воды для получения электричества успешно используется начиная с конца 18 века. Производство энергии значительно увеличилось после второй мировой войны, а в начале 1960-х гг. гидроэнергетика обеспечивала 80% потребности в электричестве в стране. Вследствие развития экономики, потребление электроэнергии постоянно возрастало. Однако запасы энергии воды ограничены, и, таким образом, в начале 1980-х годов доля гидроэнергетики была ниже 30%, а в настоящее время составляет примерно 15% от потребности страны в электричестве. Значение гидроэнергетики в производстве электричества в стране, однако, более значительно, чем непосредственная доля его потребления. Простое регулирование работы гидроэлектрических станций может использоваться для сглаживания скачков потребления энергии в течение дня и в конце недели. Общая мощность гидроэлектростанций равняется примерно 2 900 Мвт. Станций с мощностью более 0,5 Мвт в Финляндии насчитывается около 187.

patoamiset, juoksutuksen säännöstely, perkaaminen, järvien lasku, valtaojitus ja pengertäminen sekä erilaiset teknilliset laitteet ja rakennelmat, joita esimerkiksi vesiliikenne on tarvinnut.

Erilaisia patorakenteita on maassa lähes 2000. Järvien säännöstely on palvellut useaa vesistönkäyttömuotoa pääosin kuitenkin vesivoiman tuotantoa. Suomessa on noin 300 säännösteltyä järveä ja 28 tekojärveä. Säännösteltyjen järvien pinta-ala on noin kolmannes koko järvipinta-alastamme. Suurin osa järvisäännöstelyistä on lieviä. Vuotuinen vedenkorkeuden vaihtelu on niissä noin 1,4 metriä (laskelman perustana 50 järveä, joiden pinta-ala keskimäärin 270 km^2) ja luonnontilaisissa järvissä noin 0,8 metriä (50 järveä, joiden pinta-ala keskimäärin 150 km^2) (Timonen et al., 2001). Koska Suomen järvet ovat matalia ja loivarantaisia, siksi ne ovat herkkiä vedenkorkeuden vaihtelun aiheuttamille muutoksille vesimaisemaan ja järvien biologiaan. Mainittakoon, että Suomen Lapissa sijaitsee kaksi EU-maiden suurinta tekojärveä – Porttipahta ja Lokka, joiden pinta-alat ovat 149 ja 315 km^2. Kuitenkin tekoaltaiden kokonaismäärä Suomessa on varsin vaatimaton Etelä- ja Länsi-Euroopan maihin verrattuna. Lokan altaan vedenkorkeuden vaihtelu voi suurimmillaan olla 5 metriä ja Porttipahta 11 metriä. Käytännössä vedenkorkeuden vaihtelu on kummassakin ollut kahden ja puolen metrin luokkaa keskimäärin.

VESIVOIMA

Vesivoiman käytöstä myllyjen voimanlähteenä on tietoja jo 13. vuosisadalta. Uusi käyttökohde vesivoimalle syntyi 1600-luvulla raudan valmistuksessa ja puun sahauksessa. Sähkön tuotantoon on vesivoimaa käytetty menestyksellä 1800-luvun lopulta lähtien. Tuotanto laajeni Toisen maailmasodan jälkeen voimakkaasti ja 1960-luvun alussa vesivoimalla tyydytettiin 80 % maan sähkön tarpeesta. Talouden kasvun myötä energian kulutus on myös kasvanut. Vesivoimavarat ovat kuitenkin rajalliset ja niinpä 1980-luvun alussa vesivoiman osuus oli alle 30 % ja nykyisin se on noin 15 % sähkön tarpeesta. Vesivoiman merkitys valtakunnan energiahuollossa on kuitenkin suurempi kuin sen suoranainen osuus kulutuksesta. Vesivoimalaitosten helppoa säädettävyyttä voidaan käyttää hyväksi kulutuksen vuorokausi- ja viikkohuippujen peittämiseksi. Vesivoimalaitosten yhteinen koneteho on noin 2900 megawattia. Yli 0,5 megawatin laitoksia on maassa 187.

ALUSLIIKENNE

Alusliikenne merellä on Suomen maantieteellisen aseman vuoksi aina ollut tärkeä elinkeinojen ja yhteyksien ylläpitäjä. Samoin sisämaan järvialueen satoja kilometrejä pitkät järviketjut ja rannikkoalueen joet ovat olleet vuosisatoja tärkeitä kulkureittejä.

СУДОХОДСТВО. Морское судоходство, вследствие прибрежного расположения Финляндии, всегда было важным средством существования и поддержания связей. Так же и внутри страны в озерной зоне, где озера, образующие озерно-речные системы и составляющие водный путь длиной несколько сотен километров, реки с пологими берегами являлись важными транспортными системами в течение сотен лет. Их значение стало возрастать в 30-х годах 18 века, когда в стране начался этап активного строительства каналов и водных путей. Первый шлюзовой канал был построен в п. Утра на р. Пейлисйоки в 1832 г. для промышленных целей, а второй – в Тайпалеенен в Варкаусе в 1840 г. для государственных нужд. Решающим моментом для развития судоходства было строительство канала на Сайме в 1856 г., что дало возможность судам выйти в море и сделать более энергичной торговлю между восточной Финляндией и Санкт-Петербургом. Судоходство, важное для развития экономической жизни всей страны, возросло, когда были проведены работы по углублению основных водных путей и построены каналы. В тот период, когда железнодорожный транспорт не был достаточно развит, открытие водных путей имело большое значение для развития как пассажирских, так и грузовых перевозок, в частности, торговли древесиной. Значение судоходства в дальнейшем возросло после 1968 г., когда обновленный после нескольких войн канал Сайма стал вновь эксплуатироваться (Järvenpää, 2000). В то же время был готов глубинный фарватер на водоемах системы Вуоксы (глубина 4,2 м), который был продлен до Сиилинъярви севернее Куопио в конце 1979 г. До 1980-х гг. было построено более 6 тыс. км внутренних водных путей, имеющих большое значение для судоходства. В настоящее время выдвигаются новые проекты по созданию соединяющих водных путей и развитию других видов транспорта. Кроме того, договор, заключенный с Советским Союзом об аренде канала Сайма на 50 лет, закончится в скором времени.

СПЛАВ ЛЕСА. Сплав леса являлся в Финляндии абсолютно преобладающим способом транспортировки древесины. Он проводился на большей части Финляндии от мелких ручьев до крупных озер. Максимально использовалось примерно 40 тыс. км водных путей, пригодных для лесосплава, половина из которых поддерживалась в рабочем состоянии исключительно для этой цели. Первоначально он проходил как «свободный сплав», т. е. стволы деревьев передвигались по течению каждый отдельно или буксировались по проливам в виде плотов. С развитием дорог и автомобилей свободный сплав леса был прекращен как нерентабельный. Последний свободный сплав был проведен на р. Кемийоки в 1992 г., после чего сплав продолжался на водоемах бассейна рек Вуокса и Кюмийоки в виде плотового. Самый интенсивный

Niiden merkitys alkoi kasvaa 1830-luvulta lähtien, jolloin maassa käynnistyi voimakas kanavien ja vesiväylien rakentamiskausi. Ensimmäinen sulkukanava rakennettiin Pielisjoen Utraan vuonna 1832 teollisuuden tarpeisiin ja toinen valtion toimesta Varkauden Taipaleeseen 1840. Ratkaiseva vesiliikenteen kehitykselle oli tämän jälkeen Saimaan kanavan valmistuminen vuonna 1856, mikä mahdollisti alusten pääsyn merille ja minkä ansiosta Itä-Suomen ja Pietarin välinen kauppa nousi kukoistukseen. Koko maan talouselämälle tärkeä liikenne kasvoi sitä mukaa, kun päävesistöjen reittejä saatiin syvennetyksi ja kanavat rakennetuiksi. Varsinkin aikoina, jolloin rautatieliikenne ei ollut vielä kehittynyt, vesiteiden avautuminen merkitsi suurta edistystä niin matkustaja-, rahti- ja puutavaraliikenteelle.

Alusliikenteen merkitys kasvoi jälleen vuoden 1968 jälkeen, kun Saimaan kanava uusittuna sotien jälkeen otettiin käyttöön (Järvenpää, 2000). Samaan aikaan valmistui syväväyläverkosto Vuoksen vesistöön (syväys 4,2 m), jota laajennettiin Kuopion pohjoispuolelle Siilinjärvelle vuoteen 1979 mennessä. Merkittyjä alusliikenteelle kulkukelpoisia sisävesiväyliä oli 1980-luvulle tultaessa rakennettu yli 6000 km. Tätä nykyä eletään vaihetta, jossa on esitetty uusia päävesistöjä yhdistäviä kanavahankkeita ja toisaalta muut liikennemuodot ovat lisänneet kuljetusvolyymiaan. Myös Neuvostoliiton kanssa solmittu Saimaan kanavan 50 vuoden vuokra-aika päättyy lähitulevaisuudessa.

UITTO

Uitto on ollut Suomessa raakapuun kuljetuksessa täysin hallitseva kuljetusmuoto. Suuressa osassa Suomen vesistöjä pienistä puroista suurille järville on uitettu puutavaraa. Uitolle käyttökelpoisia väyliä on enimmillään ollut käytössä noin 40 000 km, josta määrästä puolet kunnostettiin varta vasten uittoa varten. Uitto oli alun perin irtouittoa eli puu kulki irrallaan yksin kappalein virran mukana tai hinattiin selkävesien yli puomien ympäröimissä lautoissa. Maantiekuljetusten ja autokaluston kehittyessä irtouitto kannattamattomana lopetettiin. Irtouitto loppui viimeisenä Kemijoelta vuonna 1992, minkä jälkeen uitto on jatkunut Vuoksen ja Kymijoen vesistöissä nippu-uittona. Suurimmillaan uitetut puumäärät olivat 60-luvun alkupuolella, jolloin kokonaisuittomäärä läheni 14 milj. m^3 vuodessa. Tämän jälkeen uiton puumäärä on vähentynyt tasaisesti. Vuonna 1984 uitettiin noin 9 milj. m^3, mikä vastasi noin 20 % teollisuuden tarvitsemasta puumäärästä. Vuosituhannen vaihteessa määrä oli pienentynyt reiluun miljoonaan kuutiometriin keskimääräisen uittomatkan ollessa noin 250 km. Kun otetaan lukuun aluksilla kuljetettu raakapuu, puuta

сплав проводился в начале 1960-х гг., когда общий объем сплавляемой древесины достигал 14 млн м³ в год. Затем этот показатель постепенно снижался. В 1984 г. сплавляли примерно 9 млн м³, что соответствовало примерно 20% потребностей промышленности в древесине. На рубеже тысячелетий объем сплавляемой древесины резко уменьшился на 1 млн м³ при средней протяженности сплавных путей около 250 км. Если учесть объемы древесины, перевозимой на судах, то в настоящее время транспортируется около 2 млн м³ (Purhonen, 2000).

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО. Рыбное хозяйство, естественно, является традиционной отраслью, использующей водные объекты. В настоящее время оно разделилось на несколько секторов, таких как рыболовство для домашнего хозяйства, рыболовство для торговли, выращивание рыбы – рыбоводство и любительская рыбная ловля. При определении разрешенных объемов вылова и ценности рыб необходимо помнить, что объемы выловленной рыбы должны соответствовать установленным научным нормам. Из разрешенного вылова рыбы в море в размере 103 млн кг основную часть, или 97 млн кг, составляют салака и балтийская килька. Объем вылова рыбы во внутренних водах достигает примерно 35 млн кг, при этом основными видами рыб являются окунь, щука и ряпушка.

Трудный с точки зрения охраны водных объектов процесс выращивания озерной форели значительно интенсифицировался начиная с 1970-х гг. Объемы производства в настоящее время составляют примерно 16 млн кг, из которых доля рыбоводных хозяйств, расположенных на внутренних водоемах, составляет около 2,5 млн кг.

РЕКРЕАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОЕМОВ. Водоемы Финляндии и их береговые зоны в настоящее время являются популярными зонами отдыха населения. Большое количество водных объектов и значительная общая протяженность береговой зоны предоставляют для этого хорошие возможности. Общая протяженность береговой линии озер оценивается в 130 тыс. км. Формами рекреационного использования водоемов являются дачные поселки, лодочные прогулки, купание, водные походы и любительское рыболовство. В настоящее время в Финляндии имеется примерно 450 тыс. дач. Большая часть из них расположена вблизи водоемов и построена на частных участках. Направлением развития последних лет является поднятие уровня оснащения дачных домиков и их использование в зимний период. В Финляндии строительство на берегу водоемов практически запрещено, что определяется распоряжениями, касающимися землепользования, для того чтобы сохранить естественное состояние береговых зон.

Одним из распространенных способов рекреационного использования водоемов являются маломерliikkuu vesitse nykyisin noin 2 milj. m³ (Purhonen, 2000).

KALATALOUS

Kalatalous on luonnollisesti perinteinen vesistöjen hyväksikäyttömuoto, mikä nykyisin hajautuu moneen sektoriin kuten kotitaloustarvekalastukseen, kaupalliseen pyyntiin, kalankasvatukseen ja virkistyskalastukseen. Saaliin määrää ja arvoa ajatellen on muistettava, että merellä tapahtuva pyynti ja tuotanto on määräävässä asemassa. Merialueen saaliista 103 milj. kg muodostaa silakan ja kilohailin osuus valtaosan eli 97 milj. kg. Sisävesien kalansaalis on noin 35 milj. kg, missä ahven, hauki ja muikku ovat tärkeimmät saalislajit.

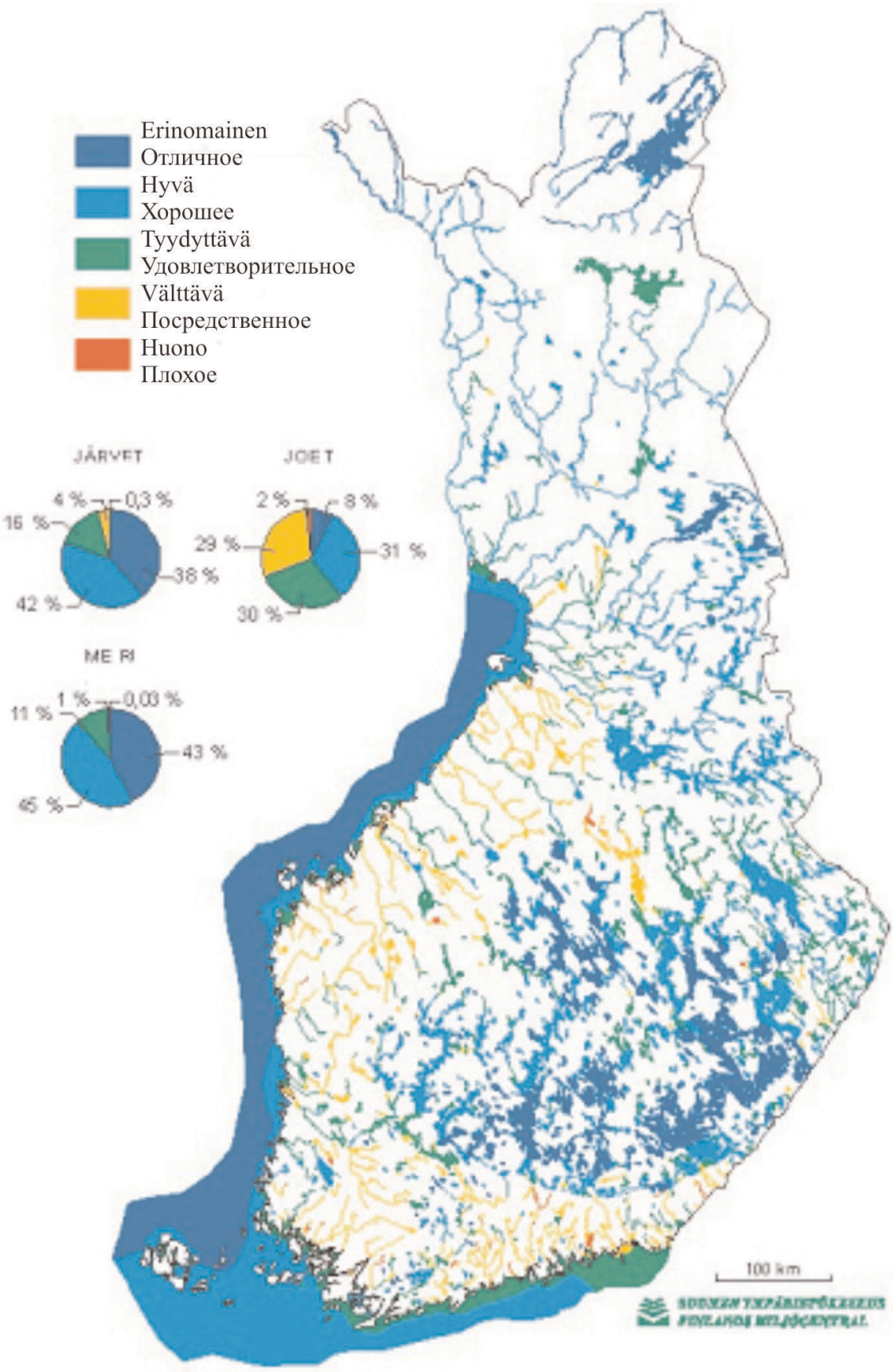
Vesiensuojelun kannalta hankala kirjolohen kasvatus on voimakkaasti kasvanut 1970-luvulta lähtien. Tuotantomäärä on nykyisin noin 16 milj. kg, josta sisämaan vesistöissä toimivien laitosten osuus on noin 2,5 milj. kg.

VESIEN VIRKISTYSKÄYTTÖ

Suomen vesistöt ja rannikkoalueet ovat nykyisin suosittuja virkistyksen lähteitä. Vesien lukuisuus ja rannan suuri kokonaismäärä antaa tähän hyvät mahdollisuudet. Yksinomaan järvien rantojen yhteismääräksi arvioidaan 130 000 km. Virkistäytymisen muotoja ovat loma-asutus, veneily sekä muu vesistöissä liikkuminen, uinti, retkeily ja virkistyskalastus. Suomessa on nykyisin yli 450 000 loma-asuntoa. Valtaosa loma-asunnoista sijoittuu vesistöjen äärille ja ne on rakennettu omalle tontille. Viime vuosien kehityssuuntana on ollut loma-asuntojen varustetason kohoaminen ja talvikäytön lisääntyminen. Suomen melko sallivaa rantarakentamista on pyritty maankäyttöä koskevilla säännöksillä ohjaamaan, jotta yleiseen käyttöön ja luonnonsuojeluun säästyisi vapaita rantoja. Veneily eri muodoissaan on tärkeä virkistyksen muoto. Veneiden kokonaismäärä on lähes 700 000, joista soutuveneitä yli 50 %. Ympäristöviranomaiset ovat pitkään kunnostaneet pienehköjä jokireittejä koskenlaskua, melontaa ja urheilukalastusta varten.

VEDENHANKINTA

Vuonna 1999 Suomessa tilastoitiin 1319 vesilaitosta, jotka toimittivat vettä vähintään 50 hengelle tai 10 taloudelle. Yhteensä jakelun piirissä oli 4 601 000 henkeä eli 89 % maan asukkaista. Veden ominaiskulutus, mikä tarkoittaa kaikkea verkostoon pumpattua vettä henkeä kohden vuorokaudessa, on laskenut vuoden 1972 suurimmasta määrästään 335 l/d arvoon 264 l/d vuonna 1999. Kulutuksen pienenemiseen on vaikuttanut veden hinnan nousu, verkoston saneeraus, teollisuuden omien vesihuoltojärjestelmien käyttöönotto ja vettä säästävien vesikalusteiden kehittyminen. Tällä hetkellä arvioidaan kotitalouskäytön olevan keskimäärin 3/5



Карта 1.5. Карта качества поверхностных вод Финляндии (Центр окружающей среды Финляндии, 1999)

Kuva 1.5. Suomen pintavesien laatuluokitus (Suomen ympäristökeskus, 1999)

ные плавательные средства. Общее число их достигает 700 тыс., из этого – весельных лодок более 50%. Административные органы, занимающиеся охраной окружающей среды, длительное время приводили в порядок маленькие речные фарватеры, порожистые спуски для отдыха и спортивного рыболовства.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ. Согласно статистическим данным на 1999 г. в Финляндии имелось 1 319 станций водоподготовки, которые снабжали водой населенные пункты, с населением менее 50 жителей, или подавали воду на 10 домов. В целом водопроводной водой пользовались около 4 601 000 человек или 89% населения страны. Удельное потребление воды (объем, подаваемый в сеть в расчете на одного жителя в день) снизилось от максимального – 335 л/сут в 1972 г. до 264 л/сут за 1999 г. На снижение потребления воды повлияло несколько факторов: подъем цен на воду, прочистка сетей, введение в эксплуатацию своих водозаборных сооружений на промышленных предприятиях и усовершенствование сантехнического оборудования. В настоящее время хозяйственное водопотребление оценивается в среднем примерно в размере 150 л/сут на человека, в зависимости от жилищных условий (Lapinlampi, Raassinen, 2002a).

Поверхностные водоемы до сих пор являются важным источником исходной воды, хотя в настоящее время около 60% подаваемой воды является подземной. Однако в будущем в такие крупные города, как Хельсинки, Турку, Тампере, Оулу, Ювяскюля, Куопио, Котка и Вааса, исходная вода будет поступать в основном из поверхностных водоемов при условии значительного улучшения ее качества до поступления на станцию водоподготовки, например, путем использования способа «искусственной подземной воды» посредством откачки ее при береговой или песчано-гравийной фильтрации.

Большая часть воды поверхностных водоемов используется водоемкими промышленными предприятиями, такими как комбинаты по химической переработке древесины и электростанции, в технологических целях, для охлаждения, мытья и промывки оборудования и т. п. В решении вопросов водоснабжения в будущем важным является внедрение водосберегающих технологий, а также разумный выбор поверхностного водоема как источника исходной воды и его охрана. Финляндия стремится эффективно снижать водопотребление. Так, например, в настоящее время для производства 1 кг бумаги требуется всего лишь около 20 л воды, тогда как в некоторых странах ЕС этот объем может быть в 25 раз больше.

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД. Целью используемой в Финляндии классификации качества поверхностных вод является получение общей картины о состоянии водного объекта и его пригодности для различных видов использования населением, например для питья, рыболовства, рекреации и т. п. Для этого используются данные о физических, химических и биологических показателях качества воды. Классификация качества воды основана на данных, полученных в результате мониторинга, проводимого в соответствии с Законом о воде. Мониторинг проводится в основном региональными экологическими центрами, а также Финским институтом окружающей среды (SYKE) и Геологической службой Финляндии (GTK). Данные о качестве воды собираются в базе данных VAHTI, которая управляется SYKE.

Качество воды в водоемах и водотоках оценивается по 4-балльной шкале: 1 – очень хорошее, 2 – хорошее, 3 – среднее, 4 – плохое. Оценка качества воды основана на данных о содержании в воде кислорода, фосфора, азота, хлорофилла-а, а также на данных о прозрачности воды. Для водотоков используются данные о содержании органического углерода, а также данные о биологических показателях качества воды. Для оценки качества воды в водохранилищах используются данные о содержании в воде органического углерода, а также данные о биологических показателях качества воды. Для оценки качества воды в водохранилищах используются данные о содержании в воде органического углерода, а также данные о биологических показателях качества воды.

Водопотребление в Финляндии составляет около 1 000 литров на человека в день. Это один из самых высоких показателей в мире. Для сравнения, в странах ЕС этот показатель составляет около 200 литров на человека в день. Водопотребление в Финляндии можно разделить на следующие категории: бытовое водопотребление – около 150 литров на человека в день, промышленное водопотребление – около 800 литров на человека в день, сельскохозяйственное водопотребление – около 50 литров на человека в день.

мер, водоснабжения, рыбной ловли или отдыха. Водоемы согласно природному качеству воды и степени антропогенного воздействия на них подразделяются на пять классов. Класс определяется в основном по физическим и химическим показателям качества воды, а также количеством бактерий и водорослей. Дополнительно учитывается появление токсических компонентов.

Классификации качества воды стали составляться начиная с 1970-х гг. На основе современных критериев составлено три государственные классификации. Последняя из них создавалась под руководством Центра окружающей среды Финляндии в 1994–1997 гг. с использованием данных по качеству вод и географических информационных систем Управлением окружающей среды (Институтом окружающей среды – SUKE). Административные органы, занимающиеся мониторингом состояния рек, озер и береговых зон, при проведении общегосударственных и региональных исследований обязаны предоставлять полученные результаты. При составлении классификации в 1994–1997 гг. использовались данные по качеству вод, полученные при анализе 5 000 точек проб на озерах, 3 300 на реках и 1 100 на морских акваториях (Antikainen,Vuoristo, 2000).

В классификации учтено 79% озерной акватории (озера площадью более 1 км^2) и 14% рек (реки шириной более 2 м). Результаты представлены в табл. 1.11.

Классификация качества вод представлена на карте (рис. 1.5). Классификация показывает, что состояние водоемов, рядом с которыми расположены промышленные предприятия и крупные населенные пункты, улучшилось в результате проведения эффективных водоохранных мероприятий в последние годы. Напротив, в зоне воздействия рассредоточенной нагрузки изменений к лучшему, по сравнению с началом 1990-х гг., не наблюдается. Приметы эвтрофирования особенно заметны в Финском заливе и на водоемах морской островной территории Саариstомере.

ОХРАНА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД. В начале 1960-х гг. эффективная водоохранная деятельность в Финляндии создала основы для издания закона о воде. В этот закон вошли постановления, касающиеся регулирования деятельности, приводящей к нагрузке на водоемы.

В коммунах в начале 1970-х гг. стало проводиться в широких масштабах строительство высокоэффективных станций очистки сточных вод. С начала 1980-х гг. в целлюлозно-бумажной промышленности, которая оказывает наибольшую нагрузку на водоемы, были достигнуты высокие результаты по их охране. Сделаны большие инвестиционные вложения в охрану водных объектов, в том числе путем повышения производительности промышленных предприятий и

ti, että teollisuuden ja kaupunkien lähivedet olivat parantuneet tehostuneiden vesiensuojelutoimenpiteiden ansiosta. Sen sijaan hajakuormituksen vaikutusalueilla ei ollut havaittavissa selviä muutoksia 1990-luvun alun tilanteeseen verrattuna. Rehevöitymisen haitat näkyvät varsinkin Suomenlahdella ja Saaristomerellä.

PINTAVESIVAROJEN SUOJELU

Tehokkaalla vesiensuojelulla luotiin Suomessa perusta vesilain säätämisellä 1960-luvun alkuvuosina. Vesilakiin tulivat määräykset siitä, millä ehdoilla vesien kuormittava toiminta oli mahdollista kussakin yksittäisessä tapauksessa. Yhdyskuntien osalta korkea-asteisten puhdistamojen rakentaminen käynnistyi laajassa mitassa 1970-luvun alussa. Massa-, paperi- ja kartonkiteollisuudessa, mikä oli ylivoimaisesti suurin vesistöjen kuormittaja, päästiin vesiensuojelussa hyviin tuloksiin 1980-luvun alusta lähtien. Huomattavat investoinnit vesiensuojelussa olivat mahdollisia mm. teollisuuden kapasiteetin noston ja prosessien kehittämisen yhteydessä. Osaltaan valtion tarjoama taloudellinen tuki nopeutti vesiensuojelun toteutumista. Tuloksena vesistöjen biologinen happea kuluttava kuorma ja jätevesien fosforipitoisuus aleni merkittävästi. Samoin hyvin tuloksiin päästiin jätevesien hygieenisen ja myrkyllisen kuorman osalta. Valtioneuvoston vuonna 1988 päättämät vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 1995 saavutettiin hyvin erityisesti pistemäisen kuormituksen suhteen. Oheiset kuvat (kuva 1.6, Ympäristöministeriö, 1998) kertovat Valtioneuvoston vuonna 1998 antaman uuden päätöksen mukaisista tavoitteista vuoteen 2005 fosforin ja typen osalta. Samalla kuvista käy selville edellisen tavoiteohjelman lopputulos vuonna 1994. Kuvat kertovat, että ravinteiden tuottajana on hajakuormitus eli käytännössä maa- ja metsätalous selvästi suurin. Sen lisäksi vain yhdyskunnilla on merkittävä osuus typen kuormittajana.

Vuosituhannen vaihteeseen mennessä Suomessa saatiin kaikki yli 50 asukkaan jäteveden puhdistamot ja viemärilaitokset inventoiduksi. Vuoden 1999 lopussa oli 81 % eli 4 144 000 asukasta liittynyt 561 puhdistamoon. Jätevedestä puhdistettiin biologis-kemiallisesti

Таблица 1.11. Классификация качества вод внутренних водоемов по степени возможности их использования (1994–1997 гг.), %

Taulukko 1.11. Eri käyttö kelpoisuusluokkien osuus sisävesissä 1994–1997, %

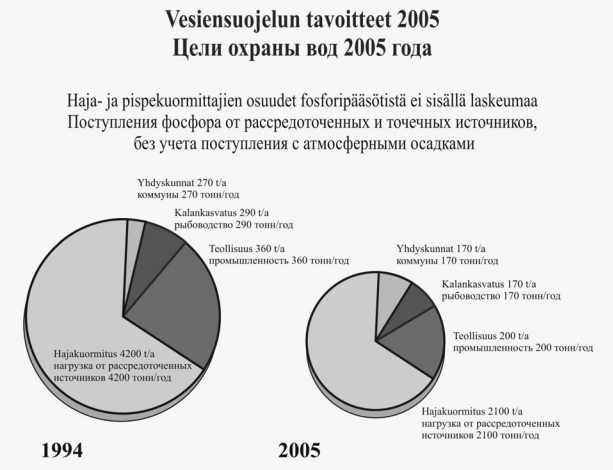
Класс	Luokka	Озера Järvet	Реки Joet
Отличное	Erinomainen	38	8
Хорошее	Hyvä	42	31
Удовлетворительное	Tyydyttävä	16	30
Посредственное	Välttävä	4	29
Плохое	Huono	0,3	2

совершенствования технологических процессов. Со своей стороны помощь, предоставляемая государством, кредиты и низкие проценты по ним способствовали ускорению осуществления мероприятий по охране водных объектов. Значительно снизилась нагрузка по показателю биологического потребления кислорода и концентрации фосфора от поступления сточных вод. Также получены хорошие результаты по снижению бактериологических и токсикологических показателей сточных вод. Цели охраны водных объектов, поставленные Государственным советом в 1988 г., были достигнуты к 1995 г. Особенно успешно они были решены в отношении снижения точечной нагрузки.

На рис. 1.6 представлены значения нагрузки по фосфору и азоту, которые необходимо достичь к 2005 г. согласно новым указаниям Государственного совета 1998 г. Из данных, приведенных на рисунке, виден также результат на 1994 г., полученный по предыдущей целевой программе. Отсюда следует, что основными источниками биогенных веществ являются объекты рассредоточенной нагрузки или на практике сельское и лесное хозяйство. Дополнительно к этому лишь населенные пункты вносят существенный вклад в нагрузку азотом.

До наступления нового 21 века в Финляндии была проведена инвентаризация всех станций водоподготовки и очистки сточных вод, предназначенных для населенных пунктов с числом жителей свыше 50 человек. На конец 1999 г. 81% населения или 4 144 тыс. жителей пользовались 561 станциями очистки сточных вод. Сточные воды очищаются на 96% биологохимическим путем, остальные 4% – химическим (Lapinlampi, Raassinen, 2002b). В результате очистки органические вещества удаляются на 94%, фосфор – на 93% и азот на – 44%.

Новые цели на 2005 г. предполагают, что сточные воды будут очищаться от азота на 46%, так как процесс очистки сточных вод от единичных частных строений, расположенных рассредоточенно, или летних дачных домиков стал значительно более эффективным. Часто они отводятся на объединенную станцию очистки сточных вод. Нагрузка от сельского и лесного хозяйства снижается по отдельным природоохранным программам. В промышленности и далее продолжается линия на снижение биогенной нагрузки. Показатель химического потребления кислорода необходимо снизить до 45%, что предполагает внедрение новых технологических и очистных процессов. Очевидно, в будущем объем мероприятий по охране вод увеличится согласно директивным документам ЕС.



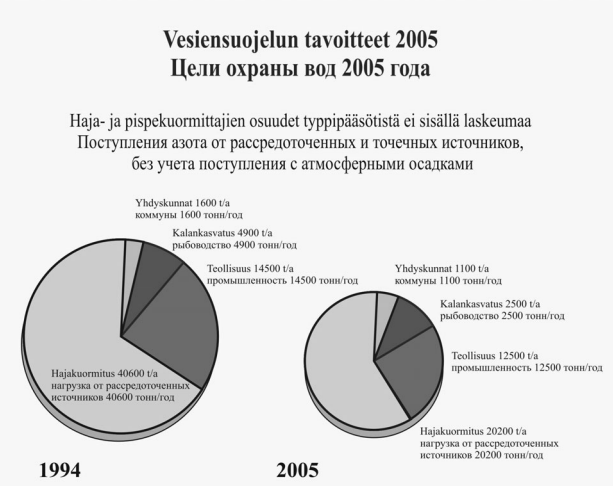


Рис. 1.6. Значения величин по фосфору и азоту, которые необходимо достичь к 2005 г.

Kuva 1.6. Tavoiteet vuoteen 2005 fosforin ja typen osalta

96 % ja loput 4 % kemiallisesti (Lapinlampi, Raassinen, 2002b). Käsittelyssä orgaanisesta aineesta poistettiin 94 %, fosforista 93 % ja typestä 44 %. Uudet tavoitteet vuoteen 2005 edellyttävät sitä, että taajamien jätevesistä poistetaan typpi 46 prosenttisesti aiemman 32 prosentin sijaan sekä haja-asutuksen yksittäisten talouksien ja kesäasuntojen jätevesien käsittelyä tehostetaan merkittävästi tai ne johdetaan yhteiseen puhdistamoon. Maa- ja metsätalouden kuormitusta vähennetään erityisillä ympäristöohjelmilla. Teollisuudessa pyritään edelleen vähentämään ravinnekuormitusta. Kemiallista hapenkulutusta tulisi pienentää 45 %, mikä edellyttää uusien prosessi- ja puhdistustekniikkojen käyttöönottoa. Tulevaisuudessa on nähtävissä EU:n direktiivien ohjaavan vaikutuksen lisääntyminen vesiensuojelussa.

1.3.2. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Формирование подземных вод

Наиболее важные с точки зрения водоснабжения населенных пунктов запасы подземных вод расположены в песчано-гравийных отложениях, которые образовались при отступлении материкового ледника (большая часть Финляндии освободилась примерно 12,1–9,3 тыс. лет назад) и накоплении талой воды. Наиболее известными из них являются озовые гряды. Таких песчано-гравийных территорий в Финляндии насчитывается 21 тыс., и их общая площадь составляет 7,5 тыс. км^2 (Niemelä, 1979), что примерно равняется 2,5% от всей территории Финляндии. Объем слоя песка и гравия, расположенного выше уровня подземных вод, оценен в 47,5 млрд м^3, ниже уровня подземных вод – примерно 20 млрд м^3. Общая площадь территорий залегания подземных вод по результатам последнего картирования, проведенного в 1995 г., составила 14 тыс. км^2, а площадь их водосборной территории – примерно 7,6 тыс. км^2 (Britschgi & Gustafsson, 1996). По данным упомянутого картирования территорий залегания подземных вод, общий дебит оценен в 5,8 млн м^3/сут, что соответствует примерно 67 м^3/с. Согласно более ранним оценкам из расчета дебита не менее 100 м^3/сут общее количество возобновляемых запасов подземных вод, расположенных во флювиогляциальных образованиях, должно составлять 60–80 м^3/с или примерно 5,2–6,9 млн м^3/сут (Mälkki & Salmi, 1970). Запасы подземных вод Финляндии, с точки зрения возможности их использования, значительные, несмотря на то, что их относительное количество, по сравнению с поверхностными водами, меньше. По оценкам, запасы воды в озерах Финляндии составляют 230 км^3. Из этого объема для удовлетворения потребностей экономики страны достаточно примерно 300 млн м^3 в сутки. В конце 1990-х гг. объемы потребления подземных вод, подаваемых со станций водоснабжения, составляли примерно лишь 0,7 млн м^3 в сутки или 258 млн м^3 в год. Согласно прогнозам, в 2010 г. доля подземных вод в водопотреблении должна будет достигать уже 70%, несмотря на то, что удельное потребление сохранится на том же уровне (примерно 150–200 л на человека в сутки). Кроме того, на территориях рассредоточенных населенных пунктов почти 1 млн человек пользуются собственными колодцами.

1.3.2. SUOMEN POHJAVESIVARAT

Pohjaveden esiintyminen

Taajamien vedenhankinnan kannalta tärkeimmät pohjavesivarat sijaitsevat hiekka- ja soramuodostumissa, jotka syntyivät mannerjään peräytyessä (suurin osa Suomesta vapautui noin 12 100–9300 vuotta sitten) sulavesien kerrostamina, joista tunnetuimpia ovat harjumuodostumat. Tällaisia sora- ja hiekka-alueita on Suomessa 21 000 kpl ja niiden yhteinen pinta-ala on 7500 km^2 (Niemelä, 1979), mikä on noin 2,5 % Suomen maapinta-alasta. Pohjavesipinnan yläpuolella olevan soran ja hiekan määräksi on arvioitu 47,5 miljardia kuutiometriä ja alapuolella olevan määräksi noin 20 miljardia kuutiometriä. Viimeksi (1995) suoritetussa pohjavesialueiden kartoituksessa niiden kokonaispinta-alaksi saatiin 14 000 km^2 ja pohjaveden muodostumisalueiden pinta-alaksi noin 7600 km^2 (Britschgi & Gustafsson, 1996). Mainituissa pohjavesialueiden kartoituksissa alueiden antoisuudeksi on arvioitu yhteensä 5,8 milj. m^3/d mikä vastaa noin 67 m^3/s. Aikaisempien arvioiden mukaan antoisuudeltaan vähintään 100 m^3/d olevien glasifluviaalisten muodostumien uusiutuvien pohjavesivarojen kokonaismäärä Suomessa olisi 60–80 m^3/s eli noin 5,2–6,9 milj. m^3/d (Mälkki & Salmi, 1970). Suomen pohjavesivarat ovat käyttötarpeitamme ajatellen runsaat, joskin niiden suhteellinen määrä on pintavesiin verrattuna vähäinen. Suomen järvien vesitilavuudeksi on arvioitu 230 km^3, josta riittäisi käyttövettä noin 300 milj. m^3 vuorokaudessa. Pohjavedenkäyttö vesilaitosten jakamasta vedestä oli 1990-luvun lopussa vain noin 0,7 milj. m^3 vuorokaudessa eli 258 milj. m^3 vuodessa. Ennusteiden mukaan vuonna 2010 pohjaveden osuus käytetystä vedestä olisi jo 70 %, vaikka veden ominaiskulutus säilyisi edelleen nykyisenä, noin 150–200 litrana asukasta kohti vuorokaudessa. Lisäksi haja-asutusalueilla lähes miljoona ihmistä elää oman kaivoveden varassa.

Vaikka harjumuodostumissa on runsaasti pohjavettä, pohjavesivarat ovat jakautuneet tarvealueisiin nähden epätasaisesti ja pohjavedestä on paikoin puutetta. Pohjavesivaramme ovat myös melko pienialaisia, ja pohjavettä suojaavat maakerrokset ovat hyvin ohuita. Tämä tuo taas lisäpaineita pohjavesien suojelemiseksi.

** Грунтовые подземные воды: объем запасов 12 км^3, расход 70–75 м^3/с*

** Подземные воды в скальных породах: объем запасов 3 км^3, расход 40–45 м^3/с*

** Maa-akviferien vedet: varastovesimäärä 12 km^3, virtaama 70–75 m^3/s*

** Kallioakviferien vedet: varastovesimäärä 3 km^3, virtaama 40–45 m^3/s*

Несмотря на то, что запасы подземных вод в песчано-гравийных отложениях значительны, по районам они распределены неравномерно, и в некоторых местах ощущается их недостаток. Запасы подземных вод залегают на небольшой глубине, и толщина слоя грунта, их защищающего, очень незначительна. Это обстоятельство является дополнительным пунктом внимания при организации охраны подземных вод.

С учетом гидрогеологических особенностей, территории, занимаемые подземными водами, можно подразделить на два основных типа. Горизонты антиклинального типа характеризуются движением воды от центральных частей водораздела (рис. 1.7), в горизонтах синклинального типа движение вод направлено с окружающей территории (рис. 1.8). В том случае, когда подземные воды находятся под водонепро-

Pohjavesialueet voidaan jakaa hydrogeologisten ominaisuuksien perusteella kahteen pääluokkaan: antikliinisiin eli pohjavettä ympäristöönsä purkaviin ja synkliinisiin eli pohjavettä ympäristöstä kerääviin pohjavesiesiintymiin. Pohjavesi saattaa esiintyä myös paineellisena eli arteesisena, jos pohjavesivarasto on vettäläpäisemättömän kerroksen alla (kuva 1.7, 1.8). Pohjavettä voi myös olla varsinaisen pohjavesiesiintymän yläpuolella ns. orsivetenä vettäläpäisemättömien kerroksien, esim. savilinssien, päällä.

Kallioperän pohjavesivaroja on hyödynnetty pääasiassa haja-asutuksen vedenhankintatarpeisiin. Taajamista esimerkkinä mainittakoon Leppävirran kunnan kalliopohjaveden hyödyntäminen.

Potentiaalisena pohjavesivarana voidaan pitää myös lähteitä. Haja-asutus on hyödyntänyt niitä perinteisesti kautta aikojen. Niiden käyttö johtuu osittain

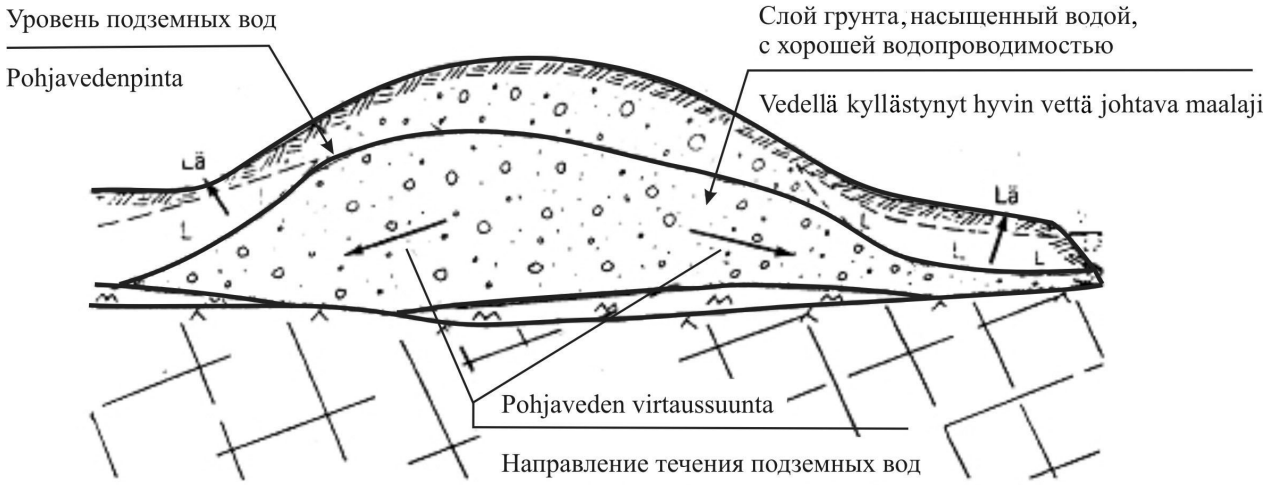


Рис. 1.7. Поперечный разрез антиклинальных послеледниковых образований (Airaksinen, 1978)

Kuva 1.7. Antikliinisen jäätikköjokimuodostuman poikkileikkaus (Airaksinen, 1978)

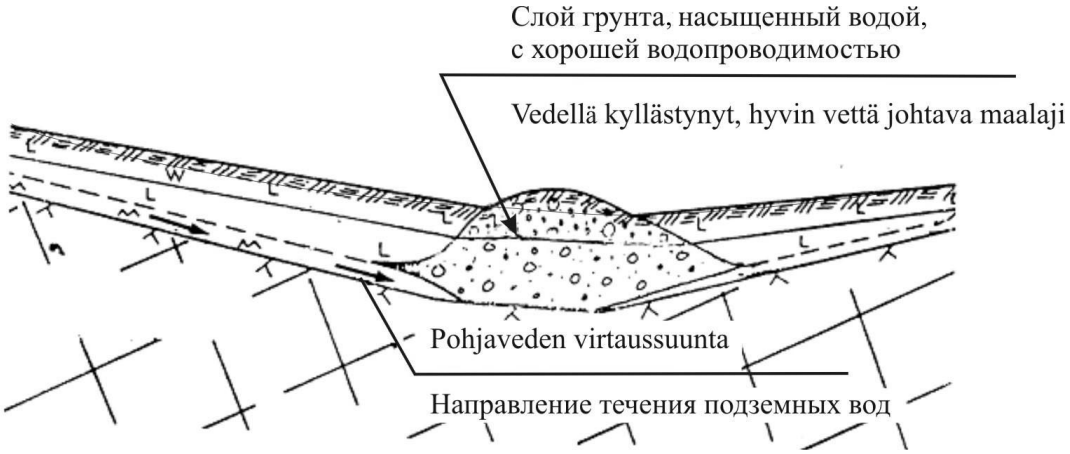


Рис. 1.8. Поперечный разрез синклинальных послеледниковых образований (Airaksinen, 1978)

Kuva 1.8. Synkliinisen jäätikköjokimuodostuman poikkileikkaus (Airaksinen, 1978)

ницаемым слоем, они могут иметь напор (так называемые артезианские). Подземные воды могут образовывать верховодку – скопление воды на глинистой линзе.

Подземные воды из коренных пород используются в основном для водоснабжения отдельных рассредоточенно расположенных объектов. В качестве примера можно упомянуть коммуну Леппявирта, водоснабжение которой основано на использовании этого вида подземных вод.

Потенциальными резервами подземных вод можно также считать родники. Население в рассредоточенных поселках традиционно использует их уже в течение длительного времени. Популярность родников частично объясняется их большим количеством. На территории Северная Саво, например, гидрогеологические особенности обусловливают наличие многочисленных родников. Здесь их количество составляет 3 770, из них примерно 1 300 используются населением. Общий расход изливающейся воды из родников – около 0,05 млн м^3 в сутки.

Образование и накопление подземных вод

Запасы подземных вод пополняются в основном за счет таяния снега весной и осенних дождей. На территории Финляндии годовой ритм запасов подземных вод меняется в зависимости от географических и климатических условий. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 630 мм, из которых 330 мм испаряется. Остальные 300 мм поступают с поверхностным и подземным стоком в море. В подземные воды из общего объема атмосферных осадков поступает 0–70%, в зависимости от топографии, строения и плотности грунта и скальных пород. Подземные воды в основном формируются в песчано-гравийных отложениях, таких как озовые гряды. Отсортированные крупнозернистые виды грунта вследствие высокой пористости с большой эффективностью могут накапливать относительно большие объемы воды. Часть воды, поступающей в почву, связывается с частицами грунта, часть испаряется через растения, и часть проникает вглубь, образуя запасы подземных вод. Удаление верхнего слоя грунта вместе с растительностью при разработках гравия оказывает влияние на проникающую вглубь воду, а затем и на запасы подземных вод. Объем воды, находящейся ниже слоя отработанного гравия, в действительности намного больший, чем воды, расположенной ниже слоя грунта, находящегося в естественных условиях, и сильно изменяется в зависимости от атмосферных осадков. В зоне песчано-гравийных отложений, находящихся в естественном природном состоянии, в подземные воды проникает почти половина объема воды, поступающей с атмосферными осадками, тогда как в зоне

niiden esiintymisrunsaudesta. Esimerkiksi Pohjois-Savon topografia ja hydrogeologiset olosuhteet ovat suotuisat lähteiden syntymiselle. Pohjois-Savossa tiedossa olevien lähteiden määrä on 3770 kpl, joista käytössä on noin 1300 kpl. Lähteiden yhteisvirtaama on noin 0,05 milj. m^3 vuorokaudessa.

Pohjaveden muodostuminen ja varastoituminen

Pohjavesivarastot täydentyvät pääasiassa kevätlumien sulamisesta ja syyskauden sadannasta. Pohjaveden vuodenaikaisrytmi vaihtelee Suomessa maanteteellisten ja ilmastollisten olosuhteiden mukaan. Vuosittainen sadanta on keskimäärin 630 mm, josta haihtuu 330 mm. Loput 300 mm purkautuu pinta- ja pohjavesivaluntana meriin. Pohjavedeksi imeytyvä osuus sadannasta on 0–70 % riippuen oleellisesti maaperän ja kallioperän topografiasta, rakenteesta ja tiiveydestä. Pohjavettä muodostuu eniten hiekka- ja soramuodostumissa, kuten harjut. Lajittuneet, karkearakeiset maalajit pystyvät suuren tehokkaan huokoisuutensa takia varastoimaan suhteellisesti eniten vettä. Maaperään imeytyvästä vedestä osa kiinnittyy maarakeisiin, osa haihtuu kasvien kautta ja osa kulkeutuu vajovetenä alaspäin muodostaen pohjavettä. Maaperän pintaosan ja kasvillisuuden poisto soranoton yhteydessä vaikuttaa vajoveteen ja siten myös pohjaveteen. Paljaan sorapinnan alapuolella vajoveden määrä on selvästi suurempi ja muuttuu sateiden vaikutuksesta herkemmin kuin luonnontilaisen pinnan alapuolella. Luonnontilaisilla harjuilla vuotuisesta sadannasta imeytyy keskimäärin noin puolet pohjavedeksi, kun taas soranottoalueilla vastaava osuus voi olla jopa kolme neljännestä (Hatva et al., 1993).

Myös pohjaveden vuotuinen ja pitkäaikainen vaihtelu on soranottoalueilla suurempi kuin luonnontilaisilla pohjavesialueilla. Suurten pohjavesialueiden vesivaranto vaihtelee normaalisti vähän. Pohjaveden keskimääräiset vuodenaikaisvaihtelut ovat näissä maalajeissa suhteellisen vähäisiä, noin 0,1–1,0 m. Pinnankorkeuden vaihteluväli on yleensä 0,9–2,0 m. Vain usean perättäisen vuoden huono vesitilanne vaikuttaa niiden vesitaseeseen ratkaisevasti. Vedenpinnan vaihtelu on yleensä vain muutamia senttimetrejä, mikä ei vaikuta vedensaantiin vedenottamoilta. Suurten pohjavesialueiden vedenantoisuus on yleensä niin hyvä, että vedensaantiongelmia ei synny, jos vesipinnan alenema on 0,5–1,0 metrin välillä. Vedenlaatu- ja määräongelmia voi ilmaantua, jos alenema on mainittua suurempi. Poikkeuksiakin on johtuen vedenottotekniikasta.

Pienistä esiintymistä vedensaanti saattaa vaikeutua, kun vedenpinta alenee vähäsateisten vuosien seurauksena. Vedenottokaivot ovat varsin matalia

песчано-гравийных карьеров аналогичный показатель доходит до трех четвертей (Hatva et al., 1993).

Годовые и многолетние колебания уровня подземных вод на территории карьеров также более значительны, чем на территориях залегания подземных вод, находящихся в природных условиях. Запасы подземных вод, расположенные на больших площадях формирования, от нормы изменяются незначительно. На таких территориях средние значения сезонных колебаний уровня подземных вод относительно небольшие, около 0,1–1,0 м. Уровень подземных вод обычно изменяется в пределах 0,9–2,0 м. Только в часто повторяющиеся засушливые годы уровень воды на таких территориях значительно изменяется.

Производительность водозаборов на крупных месторождениях обычно настолько высока, что проблем с забором воды не возникает, даже если понижение уровня подземных вод находится в пределах 0,5–1,0 м. Проблемы с качеством и количеством подземных вод могут появиться, если понижение будет превышать указанные величины. Исключения из правила обусловлены техническим оснащением водозаборных сооружений.

Забор воды на небольших месторождениях подземных вод может быть проблематичным, если их уровень понизился в маловодные годы. С другой стороны, техническое оснащение водозаборных сооружений таково, что воду можно забирать и из достаточно неглубоких водоносных горизонтов. Наиболее сложное положение часто возникает на водозаборных колодцах, построенных на моренных грядах, в том случае, если засушливый период продолжается долго. Естественные сезонные колебания подземных вод достигают 1–3 м. Запас воды в шахтных колодцах в моренах обычно очень маленький и поступление воды небольшое, что является результатом слабой водопроводимости отложений моренного типа. Запасы воды в колодцах, построенных в нижней части склонов холмов и в долинах, больше, чем в колодцах, построенных на вершинах холмов.

Картирование и классификация подземных вод

Примерно в течение 30 лет территории, занятые подземными водами, систематически картируются. В 1973 г. Институт вод и окружающей среды (теперь Институт окружающей среды) инициировал проведение исследования территорий залегания подземных вод, которые необходимы для водоснабжения населения и использования в пищевой промышленности. Целью работы было картирование всех тех территорий подземных вод, которые по прогнозам могли бы потребоваться для водоснабжения до конца 2000 г.

johtuen vedenvirtausolosuhteista. Tosin vedenottotekniikkakin on rakennettu niin, että vettä voidaan ottaa hyvinkin matalasta vesikerroksesta. Vaikein tilanne useimmiten syntyy moreenimäkien vedenottokaivoissa, silloin kun kuiva ajanjakso on pitkä. Vuodenaikojen mukainen vedenpinnan vaihtelu on luonnostaan jo 1–3 metrin luokkaa. Rengaskaivojen vesivaranto on yleensä pieni ja vedentulo on vähäistä johtuen moreenimaalajin hienoaineksen heikosta vedenläpäisevyydestä. Rinteiden alaosassa ja laaksoissa olevien kaivojen vesivaranto on parempi kuin mäkien päällä olevien kaivojen.

Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus

Pohjavesialueita on Suomessa kartoitettu järjestelmällisesti jo lähes 30 vuoden ajan. Vesihallitus käynnisti vuonna 1973 yhdyskuntien ja elintarviketeollisuuden vedenhankinnassa tarvittavia pohjavesialueita koskevan selvityksen. Työn tavoitteena oli kartoittaa kaikki ne pohjavesialueet, jotka katsottiin ennusteiden mukaan tarvittavan vedenhankintaan vuoteen 2000 mennessä. Työ valmistui 1976 (VH 1976). Yhdyskuntien vedenhankinnalle tärkeiden pohjavesialueiden arvioitiin edustavan noin 30–40 % vedenhankintaan soveliaista pohjavesialueista. Koska muut sora- ja hiekka-alueet olivat jo osin haja-asutuksen ja teollisuuden käytössä ja ne muodostivat tärkeän potentiaalisen raakavesilähteen, nimesi vesihallitus vuonna 1986 asiantuntijaryhmän laatimaan esityksen Suomen pohjavesialueiden luokittelemiseksi. Ryhmän tehtävänä oli pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusperusteiden tarkistaminen ja ohjeiden laatiminen sekä pohjavesiä koskevien kaavamerkintöjen tarkistamistarpeen selvittäminen. Ohjeet valmistuivat lopullisesti 1991 (Britschgi et al., 1991).

Tavoitteena vuosien 1988–1991 kartoituksessa ja luokituksessa oli tiedon lisääminen pohjavesialueiden sijainnista ja hydrogeologisista olosuhteista, käyttökelpoisuudesta ja pohjaveden laadusta. Tätä silmällä pitäen on kartoitettu ja luokitettu myös vedenhankintaan soveltuvat ja muut pohjavesialueet (taulukko 1.12).

* *Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue – luokka I*

Alue, jonka pohjavettä käytetään tai tullaan käyttämään 20–30 vuoden kuluessa tai muutoin tarvitaan (esimerkiksi kriisiajan) vedenhankintaa varten.

* *Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue – luokka II*

Alue, joka soveltuu yhteisvedenhankintaan, mutta jolle ei toistaiseksi ole osoitettavissa käyttöä (yhdyskuntien, haja-asutuksen tai muussa) vedenhankinnassa.

Таблица 1.12. Классификация запасов подземных вод

Taulukko 1.12. Luokitellut pohjavesivarat

Территории подземных вод	Pohjavesialueet	I	II	III	Всего Yhteensä
Количество, штук	Määrä, kpl	2 226	1 300	3 615	7 141
%	%	13	18	51	
Общая площадь, км^2	Kok. pinta-alat, km^2	5 933	3 302	4 842	14 100
%	%	42	24	34	
Площадь водосборов, км^2	Muodostumisalueen pinta-alat, km^2	3 293	1 908	3 418	7 619
%	%	43,2	25,1	31,7	
Расчетный дебит, млн м^3/сут	Arvioitu antoisuus, milj. m^3/d	2,77	1,38	1,66	581
%	%	47,7	23,7	28,6	
Использование, в среднем, млн м^3/сут	Käyttö, keskim, milj. m^3/d				0,71

Исследования были закончены в 1976 г. (VH 1976). По полученным данным примерно 30–40% из всех исследованных территорий подземных вод оказалось наиболее важными для водоснабжения населенных пунктов. Другие территории песчано-гравийных отложений, являющиеся также важными потенциальными источниками исходной воды, уже частично использовались рассредоточенными населенными пунктами и промышленными предприятиями. Институт вод и окружающей среды в 1986 г. назначил группу специалистов для составления отчета по классификации территорий залегания подземных вод Финляндии. Ее задачей была оценка принципов и составление руководства по картированию и классификации территорий подземных вод, а также выяснение необходимости установки опознавательных знаков, касающихся подземных вод. Руководство было окончательно подготовлено в 1991 г. (Britschgi et al., 1991).

Целью картирования и классификации периода 1988–1991 гг. был сбор дополнительной информации по расположению территорий подземных вод и их гидрологическим характеристикам, пригодности для использования и качеству подземных вод. Таким же образом были картированы и классифицированы и прочие территории подземных вод, пригодные для водоснабжения (табл. 1.12).

** Территории подземных вод, важных для водоснабжения – класс I*

Территории, подземные воды которых используются или будут использоваться для организации водоснабжения в течение 20–30 лет или в другом случае (например, в кризисной ситуации).

** Территории подземных вод, пригодных для водоснабжения – класс II*

Территории, которые подходят для организации централизованного водоснабжения, но для которых нет пока объекта назначения для использования (коммуны, отдельного поселения или других объектов).

** Прочие территории подземных вод – класс III*

Территории, для оценки пригодности которых требуются дополнительные исследования (необходимо уточнить предпосылки для забора объемов, качество

** Muu pohjavesialue – luokka III*

Alue, jonka hyödyntämiskelpoisuuden arviointi vaatii lisätutkimuksia (vedensaantiedellytysten, veden laadun tai likaantumis- tai muuttumisuhan selvittämiseksi).

Lisäksi on inventoitu pohjavettä uhkaavat vaaratekijät alueittain.

Pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusprojektista saatuja tietoja hyödynnetään vedenhankinnan ja maankäytön suunnittelussa sekä pohjaveden suojelussa. Hydrogeologisia tietoja tarvitaan pohjavesialueiden vedenhankinnallista käyttökelpoisuutta arvioitaessa, uusien vedenottopaikkojen ja tekopohjaveden muodostamisalueiden sijaintia selvitettäessä sekä pohjaveden suojeluun käytettäviä keinoja valittaessa. Kartoitus- ja luokitustyön tulokset on koottu kunnittain kansioihin, jotka on annettu kuntien käyttöön. Alueelliset ympäristökeskukset pitävät kansioiden sisältämän materiaalin ajan tasalla päivittämällä sen uuteen pohjavesialuerekisteriin (POVET). Euroopan unionin vesipuitedirektiivin mukaisesti Suomen pohjavesivarat päivitetään rekisteriin vuoden 2004 loppuun mennessä (kts. kohta 5.1. Lainsäädäntö vesivarojen suojelussa ja käytössä).

Pohjaveden laatu

Yleisenä piirteenä on paljaan sorapinnan alapuolella voimakkaampaa kuin luonnontilaisilla alueilla. Paljaan sorapinnan alapuolella vajoveteen liuenneiden aineiden pitoisuudet ja niiden vaihtelu ovat myös selvästi suurempia kuin luonnontilaisessa vajovedessä.

Alueellisia eroja on kuitenkin erityisesti raudan ja mangaanin pitoisuuksissa ja ne vaihtelevat myös vuodenajoittain. Yleensä pohjavedenlaatu on parasta niissä esiintymissä, joiden vesivaranto ja vedenläpäisevyysominaisuudet ovat keskimääräistä suurempia, mikä johtaa taas veden parempaan happipitoisuuteen. Mitä enemmän vedessä on liuennutta happea, sitä voidaan todeta, että maamme pohjavedet ovat lievästi happamia, hyvin pehmeitä, niukkasuolaisia sekä useimmiten ainakin lievästi metalliputkistoja syövyt-

воды, определить факторы риска загрязнения или изменения параметров вод).

Кроме того, была проведена инвентаризация факторов риска для подземных вод по всем территориям.

Сведения, полученные в результате проведения проекта по картированию и классификации территорий подземных вод, используются в планировании работ по водоснабжению и использованию земель, а также охране подземных вод. Гидрогеологические данные необходимы для оценки пригодности территории подземных вод для водоснабжения, выявления мест организации новых водозаборов и зон искусственных подземных вод, а также для выбора практических методов охраны подземных вод. Результаты работы по картированию и классификации собираются по территориям каждой коммуны в отдельные папки и передаются в пользование администрациям коммун. Региональные Центры окружающей среды контролируют собираемые материалы и обновляют их в новом реестре территорий подземных вод (POVET). Согласно Рамочной Водной Директиве Европейского Союза обновленные сведения по запасам подземных вод Финляндии вносятся в реестр до конца 2004 г. (пункт 5.1 Законодательства об использовании и охране водных запасов).

Качество подземных вод

В общих чертах можно сказать, что подземные воды Финляндии слегка закислены, очень мягкие, слабосоленые, а также часто, по крайней мере, в незначительной степени, способствующие коррозии металлических труб. Концентрации органических веществ, железа и марганца в них низкие. В большей части эти основные характеристики касаются подземных вод флювиогляциальных отложений, но они характерны также и для подземных вод кристаллических пород.

Качество подземных вод значительно различается по районам Финляндии. На территориях с карбонатными породами подземные воды содержат значительное количество растворенных солей, тогда как на территории закисленных пород подземные воды мягкие и содержание солей в них низкое. На прибрежных морских территориях и особенно на побережье Похьенмаа, где имеются сульфидные породы, подземные воды содержат значительные концентрации железа, марганца, сульфатов и хлоридов. На северо-западе и юго-востоке Финляндии расположены большие массивы шунгитов, и подземные воды, локализованные на этих территориях, содержат повышенные концентрации фтора, превышающие предельно допустимые нормы для питьевого водоснабжения 1,5 мг/л (Soveri & Soveri, 1981).

Причиной территориальных и локальных различий химического состава подземных вод являются многие

täviä. Niiden orgaanisen aineen pitoisuudet sekä rauta- ja mangaanimäärät ovat pieniä. Nämä perusominaisuudet koskevat pääosaa maamme glasifluviaalisten muodostumien pohjavesiä, paljolti myös kalliovesiä.

Pohjaveden laatu vaihtelee Suomessa alueellisesti paljon. Emäksisillä kivilajialueilla pohjavesi sisältää huomattavan paljon liuenneita mineraaleja, kun taas happamilla kivilajialueilla pohjavedet ovat pehmeitä ja sisältävät vähän elektrolyyttejä. Rannikkoalueilla ja erityisesti Pohjanmaan sulfidimailla pohjavedet sisältävät suhteellisen paljon liuenneita aineita kuten rautaa, mangaania, sulfaatteja ja klorideja. Lounais- ja Kaakkois-Suomessa on laajoja yhtenäisiä rapakivialueita, joilla pohjaveden fluoridipitoisuudet usein ylittävät hyvälle juomavedelle asetetun rajaarvon 1,5 mg/l (Soveri & Soveri, 1981).

Pohjaveden kemiallisen laadun alueellisiin ja paikallisiin eroihin syinä ovat monet ympäristötekijät kuten sadeveden laatu, maa- ja kallioperän kivilajikoostumus, esiintymien geologinen rakenne, vesistön läheisyys, biologis-kemialliset tekijät ja ihmisen toiminta. Maantieteellinen sijainti ja pohjaveden virtausolosuhteet vaikuttavat luonnontilassa mm. pohjaveden rautapitoisuuteen, sähkönjohtavuuteen, bikarbonaatti-, kloridi- ja sulfaattipitoisuuksiin, happamuuteen ja orgaanisen aineksen määrään.

Pohjavesiemme tyypillinen ongelma on lievä happamuus. Paitsi luonnollisista syistä happamuus lisääntyy vajo- ja pohjavedessä mm. soranoton vaikutuksesta. Happamoituminen vähemmän siinä on rautaa ja mangaania. Useimmiten pohjaveden laadulliset ongelmat ovat kallio- ja moreenipohjavesissä ja tiiviiden kerrostumien alta purkautuvissa lähteissä.

Ihmisen toiminnat, kuten teollisuus, kaupunkirakentaminen, liikenne ja maa- ja metsätalous, saattavat huonontaa pohjaveden laatua. Maa- ja metsätalousalueilla suurin pohjaveden pilaantumisvaara aiheutuu väkilannoitteiden ja torjunta-aineiden käytöstä. Pohjaveden pilaantumisvaaraa aiheuttavat lisäksi öljyjen ja myrkyllisten aineiden kuljetukset ja varastointi, kaatopaikat, jätevesien imeytys maahan, hiekan ja soran otto, tiesuolan käyttö ja ympäristön happamoituminen.

Pohjavesien suojelu

Samanaikaisesti kun pohjavedenosuus yleisten vesilaitosten jakamasta vedestä on suurentunut, on kasvanut myös pohjaveden suojelun tarve. Pohjaveden laatua uhkaavat yhä useammat toiminnot. Suojelun tavoitteena on estää ennakolta pohjavesialueiden muuttuminen vedenhankinnan kannalta käyttökelvottomiksi. Pohjavesien suojelutoimien suunnittelua ja seurantaa varten tarvitaan hyvät tiedot pohjavesialueista, likaantumisriskin aiheuttajista sekä lika-aineiden käyttäytymisestä maaperässä ja pohjavedessä.

факторы окружающей среды, такие как состав атмосферных осадков, состав четвертичных и кристаллических пород, геологическое строение месторождений, удаленность водоемов от моря, химико-биологические факторы и антропогенное воздействие. Географическое положение и гидрогеологические условия оказывают влияние в том числе на концентрацию железа, двуокиси углерода, хлоридов, сульфатов, электропроводность, содержание кислорода и органических веществ.

Типичная проблема подземных вод территории Северная Саво – повышенная кислотность. Кроме естественных причин, на увеличение кислотности подземных вод влияет разработка карьеров. Увеличение кислотности выражено значительно сильнее на отработанных участках. Региональные различия проявляются также в концентрациях железа и марганца, которые подвержены сезонной изменчивости. Обычно качество подземных вод выше на тех месторождениях, фильтрационные параметры и емкостные показатели которых выше средних.

Чем больше концентрация растворенного кислорода в воде, тем меньше содержание железа и марганца. Наиболее часто проблемы качества характерны для подземных вод морены и кристаллических пород, а также для восходящих родников.

Деятельность человека, такая как промышленность, строительство городов, транспорт, лесное и сельское хозяйство, может привести к снижению качества воды. На территории, где проводятся мероприятия по сельскому и лесному хозяйству, большим фактором риска для качества подземных вод является использование удобрений и инсектицидов. Факторами риска загрязнения подземных вод являются также транспорт, хранение нефтепродуктов и отравляющих веществ, свалки, протекание сточных вод в земле, изъятие песка и гравия, использование соли на дорогах, закисление окружающей среды.

Охрана подземных вод

Как только увеличивается доля подземных вод, используемых предприятиями водоснабжения, усиливается необходимость их охраны. Существует много разнообразных антропогенных факторов риска ухудшения качества подземных вод. Целью охраны является прежде всего заблаговременное предотвращение изменений территории подземных вод, пригодной для водоснабжения. Для создания плана мероприятий по охране и мониторингу необходимы точные данные об этой территории, факторах риска загрязнения, а также используемых загрязняющих веществах, которые могут попасть в почву и подземные воды. Наиболее важными факторами риска, угрожающими чистоте подземных вод и локально расположенными на терри-

Uhkatekijöinä pohjavesien puhtaudelle voidaan pitää tärkeille pohjavesialueille sijoittuneita vanhoja kaatopaikkoja, huoltoasemia, korjaamoita, polttoainevarastoja, hautausmaita, suolavarastoja, maaaineksen ottoa ja erityisesti siihen liittyviä toimintoja sekä tienpitoa ja rautatieliikennettä. Pohjaveden pilaantumistapaukset ovat olleet pääasiassa öljytuotteiden ja kemikaalien aiheuttamia. Paikoitellen tienpidossa käytetty suola on kohottanut pohjavesien kloridipitoisuutta etenkin valtateiden vaikutuspiirissä. Suurten taajamien läheisyydessä on pohjavesialueille sijoittunut lisäksi runsaasti erilaista pohjavettä likaavaa teollista toimintaa.

Keskeiset pohjavesien suojelua koskevat säädökset sisältyvät vesilakiin (254/61) ja ympäristönsuojelulakiin (04.02.2000/86). Vesilaki sisältää mm. pohjaveden muuttamiskiellon ja ympäristönsuojelulaki pilaamiskiellon. Näistä muuttamiskielto säätelee lähinnä pohjavedenottoa ja muuta pohjavesiesiintymän antoisuuteen vaikuttamista asettamalla ne tietyistä rajoista lähtien ympäristölupaviraston luvanvaraisiksi. Pilaantumiskielto puolestaan estää pohjaveden laadun huonontamisen likaainepäästöillä tai muullakin tavalla. Pilaamiskielto on sikäli ehdoton, että ympäristölupavirastokaan ei voi myöntää lupaa siitä poikkeamiseen. Edellä mainittujen ns. yleiskieltojen lisäksi vesilaki mahdollistaa ns. suoja-alueen perustamisen toimivan tai perustettavan pohjavedenottamon ympärille (VL, vesilaki, 9:20, Koskinen & Waris, 2000). Suoja-alueella voidaan tarpeen mukaan kieltää tai rajoittaa pohjavesiriskejä aiheuttavia toimintoja.

Vesilain mukaisia suoja-aluesuunnitelmia on kuitenkin melko vähän pohjavesialueiden määrään verrattuna. Suoja-alueiden muodostamista on hidastanut se, että niitä voidaan perustaa ainoastaan vedenottamoiden ympärille, käsittelyprosessi vie aikaa ja korvauskysymyksissä on ollut näkemyseroja.

Sittemmin on otettu käyttöön uusi pohjavesialueiden suojelusuunnitelmamenettely, mikä tähtää pohjavesisäädösten hyödyntämiseen soveltamalla niitä pohjavesialuekohtaisten tutkimusten ja harkinnan perusteella. Tällä lailla pyritään hoitamaan pohjavesiensuojelu riittävän tehokkaasti rajoittamatta kuitenkaan tarpeettomasti muita maankäyttömuotoja pohjavesialueilla. Suojelusuunnitelmia on tällä hetkellä laadittu yli 500:lle pohjavesialueelle.

Maa-aineslain (24.7.1981/555) 3 § kieltää sellaisen maa-ainesten oton, joka vaarantaa tärkeällä tai muulla vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella vedenlaadun tai antoisuuden, jollei jälkimmäiseen ole saatu ympäristölupaviraston lupaa. Uusi maankäyttö- ja rakennuslaki sisältää pohjavesien suojelua edistäviä säädöksiä. Edellä mainituilla ja lisäksi joukolla muita lakeja ja säädöksiä on välillisiä vaikutuksia pohjavesien suojeluun.

тории их формирования, можно считать старые свалки, автозаправочные станции и станции техобслуживания, склады с нефтепродуктами и солью, кладбища, карьеры, а также уход за дорогами и железнодорожный транспорт. Случаи загрязнения подземных вод в основном касаются использования нефтепродуктов и химических веществ. Использование соли на дорогах вызывает повышение концентрации хлоридов в подземных водах, прежде всего в зоне государственных магистралей. Вблизи крупных населенных пунктов на территории подземных вод располагаются промышленные предприятия, деятельность которых также способствует загрязнению подземных вод.

Основные постановления, направленные на охрану подземных вод, содержатся в законе о воде (254/61) и законе об охране окружающей среды (04.02.2000/86). Закон о воде содержит в том числе запрет на изменение качества подземных вод, а закон об охране окружающей среды – запрет на загрязнение. Из них запрет на изменение качества регулирует прежде всего забор подземной воды и прочую деятельность, оказывающую воздействие на производительность водозаборов подземных вод. Власти, занимающиеся охраной окружающей среды, устанавливают для этого определенные ограничения. Запрет на загрязнение направлен на предотвращение ухудшения качества подземных вод вследствие попадания в них загрязняющих веществ. Запрет на загрязнение является безальтернативным, поскольку игнорировать его нельзя. Кроме упомянутых общих запретов, закон о воде предоставляет возможность создания охранной зоны вокруг действующего или организуемого водозабора (Vesilaki, 9:20, Koskinen & Waris, 2000). На территории охранной зоны можно, в случае необходимости, запретить или ограничить деятельность, являющуюся фактором риска для подземных вод.

Согласно закону о воде под охрану попадают почти все территории залегания подземных вод. Создание охранных территорий сдерживается, потому что их можно формировать только вокруг водозаборов. Процесс рассмотрения требует времени, и вопрос возмещения убытков является противоречивым. Поэтому в настоящее время введен в действие новый метод планирования создания охранных зон для территорий подземных вод, который согласуется с законодательством о подземных водах и основывается на исследовании территорий подземных вод, подходящих для использования. Таким образом, осуществляется попытка достаточно эффективной охраны подземных вод, не ограничивающей, однако, без особой необходимости другие виды землепользования на территориях подземных вод. Планы по охране подземных вод в настоящее время составлены для более чем 500 территорий, занятых подземными водами.

Pinta- ja pohjavesien suojelua tehostava vesipolitiikan puitedirektiivi tuli voimaan 22.12.2000. Pohjavesiä koskevan tytärdirektiivin (artikla 17) valmistelu oli aloitettu vuoden 2001 marraskuussa. Komission piti antaa EU -parlamentille ehdotus tytärdirektiivin sisällöstä vuoden loppuun mennessä.

Pohjaveden hyödyntäminen kaivoilla

Hiekka- ja sora-alueiden pohjavesien hyödyntämisessä käytetään Suomessa yleisesti kahta rakenteellisesti erilaista kaivotyyppiä, betonirengas- ja siiviläputkikaivoa. Suomessa aina 1960-luvulle asti käytettiin yleisesti vain betonirengaskaivoja. Putkikaivojen kehittäminen oli alkanut jo 1950-luvulla, mutta niiden käyttö yleistyi vasta 1960-luvulla.

Kaivoja on yhdyskuntien vedenhankintaan käytettävillä 1100 vedenottamolla noin 3500 kpl. Niistä on siiviläputkikaivoja noin 70 % ja betonirengaskaivoja noin 30 %.

Betonirengaskaivo (tunnetaan myös kuilukaivona) (kuva 1.9) soveltuu parhaiten matalien pohjavesien (pohjaveden pinta < kuusi (6) metriä maanpinnasta) hyödyntämiseen. Tämä kaivotyyppi on käyttökelpoinen sekä huonosti että hyvin vettäläpäisevissä maalajeissa. Kaivon tuotto kasvaa suurennettaessa kaivon halkaisijaa, mutta yli neljä (4) metriä suuremmissa kaivoissa tuotto ei enää olennaisesti lisäänny. Suomessa on saatavissa tehdasmaisesti valmistettuja betonisia renkaita halkaisijaltaan 1–3 metriin saakka. Suurempi läpimittaiset kaivot valetaan paikanpäällä sekä painoteknisistä että rakennusteknisistä syistä. Rengaskaivon pohjalle on asennettava suodatinkerros, joka toimii puskurina kaivoa ympäröivän luonnollisen maaperän ja kaivon välillä.

Siiviläputkikaivoja (kuva 1.10) käytetään silloin, kun pohjavesi on syvällä (yleensä 6–30 metriä syvällä, jopa syvemmälläkin maanpinnasta lukien). Pieniläpimittaisten siiviläputkien halkaisija on 200–400 mm, joista yleisin Suomessa käytetty on 400 mm.

Ensimmäisten, 1950-luvulla rakennettujen putkikaivojen siiviläputkimateriaalina olivat teräs, keramiikka ja puu. Uudentyyppinen muovinen siiviläputki kehitettiin 1960-luvun lopulla. Siinä on v-muotoiset sisäänpäin aukenevat raot ja sen pituus sekä rakokoko määritetään työn yhteydessä (maa-aineksen raekoko määritetään seulonnalla). Siivilät eivät tukkiudu hienoaineksesta v-muotoisten rakojen ansiosta. Nykyisillä 32 tonnin ja 180 kW tehoisilla porakoneilla 10 metriä syvän putkikaivon rakentaminen kestää vain yhden (1) päivän. Siiviläputkikaivon rakentamisessa käytetään teräksistä työputkea (halkaisija 600 mm), joka asennetaan maahan joko junttaamalla tai hiertämällä. Työputken tyhjennys tapahtuu sitä varten kehitetyllä kahmarikauhalla.

Закон о земле от 24 июля 1981, 3 555/3§ запрещает деятельность по отбору грунта, которая угрожает изменению качества и количества подземных вод на территориях, важных или пригодных для водоснабжения, если не получено разрешение от природоохранных властей. Новый закон об использовании земли и строительстве также содержит постановления, касающиеся охраны подземных вод. Упомянутые законы и прочие законодательные акты и постановления имеют разностороннее воздействие на охрану подземных вод.

Рамочная Водная Директива ЕС, усиливающая охрану поверхностных и подземных вод, вступила в силу 22 декабря 2000 г. Подготовка дополнительной директивы (раздел 17), касающейся подземных вод, была начата в ноябре 2001 г. Комиссия должна представить проект ее содержания на рассмотрение парламента ЕС к концу 2005 г.

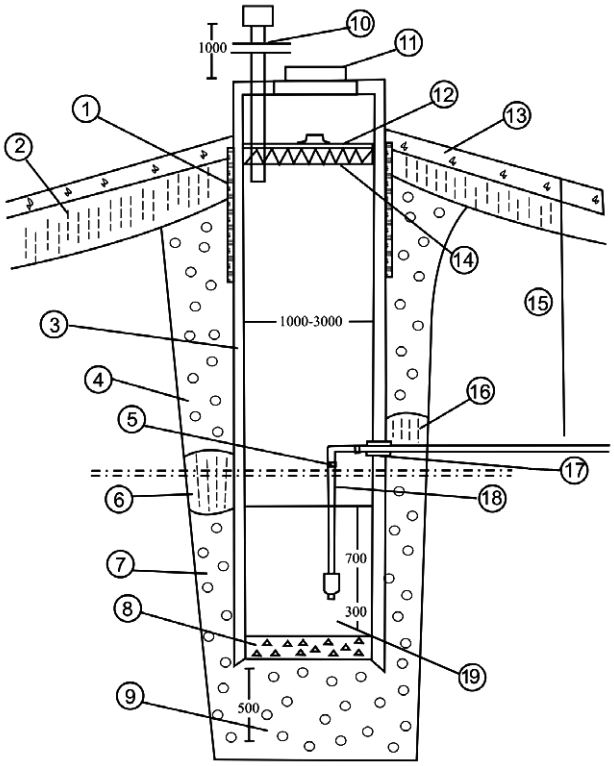
Использование подземных вод из колодцев

Подземные воды, расположенные в песчано-гравийных отложениях, в Финляндии обычно используются строительством двух различных типов колодцев: с бетонными кольцами и фильтрационной трубой. До 1960-х гг. обычно использовались колодцы с бетонными кольцами. Но уже в 1950-е гг. началось развитие технологии строительства колодцев с фильтрационными трубами. Однако их широкое использование началось только в 1960-е гг.

На 1 100 водозаборах, построенных для водоснабжения коммун, используется примерно 3 500 колодцев. Из них с фильтрационными трубами – около 70%.

Колодец с бетонными кольцами (известный также как выкопанный колодец) (рис. 1.9) лучше всего подходит для использования неглубоко залегающих подземных вод (уровень подземных вод находится на глубине до 6 м от поверхности земли). Этот тип колодцев подходит для грунта как с хорошей, так и с плохой водопроницаемостью. Производительность колодца возрастает при увеличении его диаметра, но в колодцах диаметром более 4 м такой зависимости не наблюдается. В Финляндии производятся бетонные кольца от 1 до 3 м в диаметре. Кольца большого диаметра отливаются на месте по техническим и строительным причинам. На дно такого колодца укладывается фильтрационный слой, который является буфером между природным грунтом, окружающим колодец, и самим колодцем.

Колодец с фильтрационной трубой (рис. 1.10) используется в том случае, если подземные воды расположены глубоко (обычно от 6 до 30 м и глубже от поверхности земли). Фильтрационные трубы небольшого диаметра (200–400 мм). В Финляндии обычно используются трубы диаметром 400 мм.

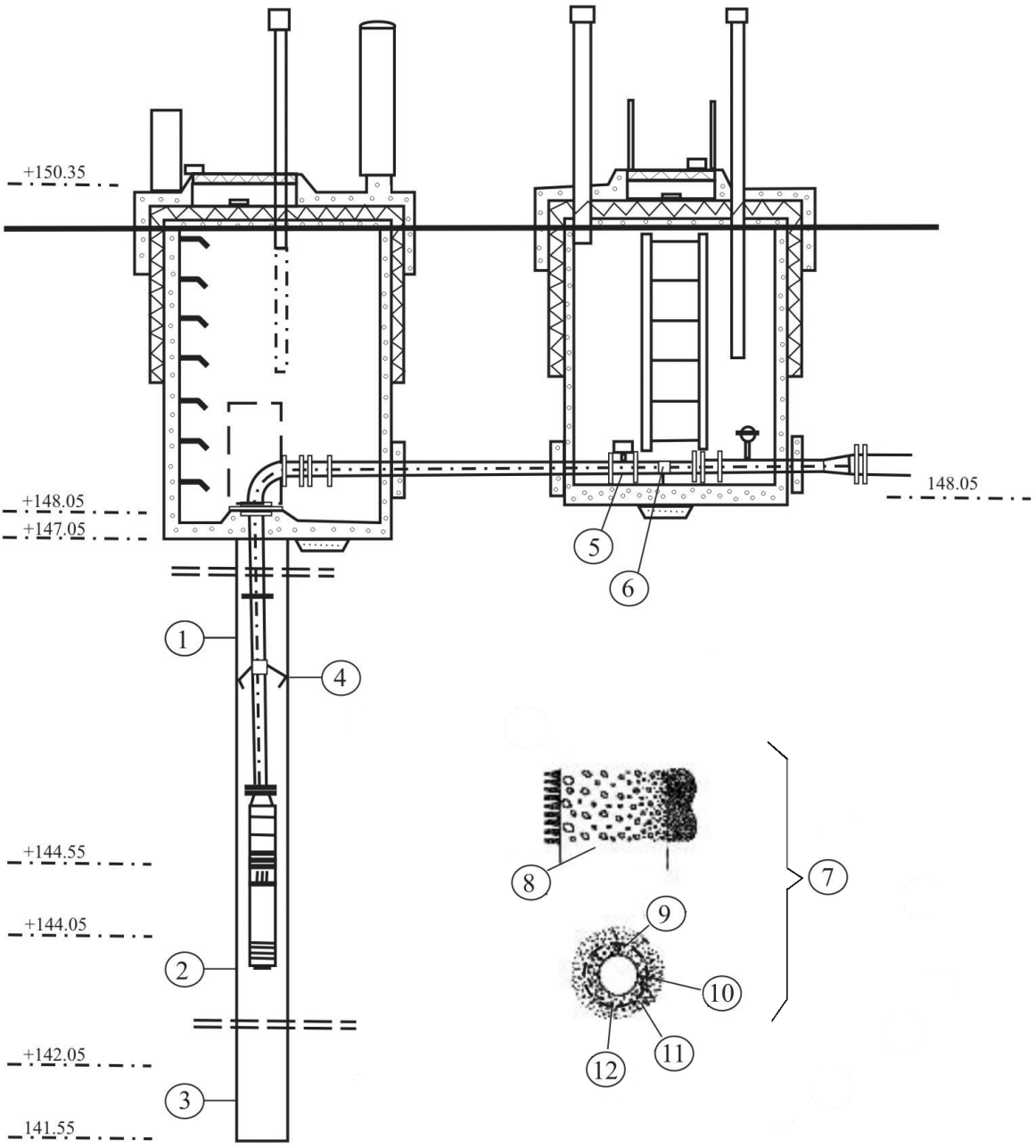


1. Теплоизоляционный слой или пластиковая пленка, при необходимости
2. Слой глины толщиной 0,3 м или пластиковая пленка на ширину 2 м от стенки колодца
3. Стыки колец
4. Гравий
5. Кольцо для подъема
6. Глина
7. Слой мелкого гравия или крупного песка толщиной 1–2 м
8. Слой крупного гравия толщиной 0,2 м (d50 = 6–18 мм)
9. Слой мелкого гравия или крупного песка толщиной 0,3–0,5 м (d50 = 0,6–6 мм)
10. Вентиляционная труба
11. Уплотнительная крышка
12. Крышка с тремя изоляционными слоями
13. Почва и трава
14. Стальные стержни
15. Противопромерзающий слой грунта или теплоизоляция
16. Глина
17. Опорная колодка
18. Секция трубы
19. Расстояние от донного клапана

1. Lämpöeristys tai muovikelmu tarvittaessa
2. Savi 0,3 m kerroksena tai muovikelmu 2 m etäisyydelle kaivosta
3. Rengassaumat
4. Sora
5. Nostorengas
6. Savi
7. Hienoa soraa tai karkea hiekkaa 1–2 m kerroksena
8. Karkea soraa 0,2 m kerroksena (d50 = 6–18 mm)
9. Hienoa soraa tai karkea hiekkaa 0,3–0,5 m kerroksena (d50 = 0,6–6 mm)
10. Ilmanvaihtoputki
11. Eristyskansi
12. Kolmiosainen eristyskansi
13. Multaa ja nurmetus
14. Rautatukkeet
15. Roudaton syvyys tai lämpöeristys
16. Savi
17. Tukiosa
18. Putkiosa
19. Pohjaventtiilin etäisyys

Рис. 1.9. Колодец с бетонными кольцами

Kuva 1.9. Rengaskaivo



1. Труба
2. Фильтрационный участок трубы
3. Участок трубы, уходящий в донные отложения
4. Направляющие
5. Водомер
6. Опора
7. Фильтрационный участок в разрезе
8. Зона, подлежащая промывке, устанавливается в зависимости от цели
9. Наблюдательная труба
10. Рабочая труба
11. Фильтрационная зона, образованная после промывки
12. Фильтрационная труба

1. Jatkoputki
2. Siiviläputki
3. Lieteputki
4. Ohjausrivat 40÷3.0, rst, 4 kpl
5. Vesimittari
6. Tuki, rst
7. Siivilän rakenne
8. Tavoitteeksi asetettu huuhtelun vaikutusvyöhyke
9. Havaintoputki
10. Työputki
11. Huuhtelemalla muodos tettu suodatin
12. Siiviläputki

Рис. 1.10. Фильтрационный колодец

Kuva 1.10. Siiviläputkikaivo

При строительстве первых фильтрационных колодцев в 1950-е гг. для изготовления труб использовались сталь, керамика и дерево. Производство современных фильтрационных труб нового типа из пластмассы получило развитие в конце 1960-х гг. В них сделаны **v**-образные отверстия, открывающиеся внутрь, длина и размер которых определяются в рабочих условиях (размер частиц грунта определяется методом сортировки). Фильтрационные отверстия не забиваются мелкими частицами вследствие их **v**-образной формы. При использовании современной 32-тонной бурильной установки мощностью 180 kW строительство 10 м фильтрационного колодца занимает 1 день. При строительстве фильтрационного колодца используются стальные рабочие трубы диаметром 600 мм, которые в грунт забиваются или вкручиваются. Выемка грунта из рабочих труб производится специально изготовленной для этого грейдерной черпалкой.

Производительность фильтрационного колодца составляет от 100 до 1000 м³/сут. Обычно при проведении опытных откачек фильтрационный колодец промывается и определяется его дебит.

Значение подземных вод для водоснабжения

В Финляндии подземные воды всегда имели большое значение для водоснабжения. Первая водозаборная станция подземных вод была построена в Выборге в 1892 г. Уже 50 лет тому назад организация водоснабжения считалась в Финляндии вопросом первостепенного значения. Результатом работы специальной комиссии, учрежденной Государственным комитетом и состоящей исключительно из женщин, стало предоставление государственной поддержки для приобретения водопроводного и канализационного оборудования частным хозяйствам или их объединениям в сельской местности. Ведущей мыслью было получение «проточной воды» в хозяйство и ее отвод для упрощения ведения домашнего хозяйства в условиях сельской местности.

Начиная с 1960-х гг. объем использования подземных вод в водоснабжении стал постоянно увеличиваться. В 1999 г. из общего объема распределяемой предприятиями водоснабжения водопроводной воды доля подземных и искусственных подземных вод составляла 59% или 660 000 м³/сут (рис. 1.11). В последние годы объемы использования подземных вод быстро увеличиваются, и по прогнозу на 2010 г. из общего объема распределяемой предприятиями водоснабжения водопроводной воды доля подземных вод составит уже 70%. Практически это означает, что более 2 млн граждан Финляндии используют в качестве водопроводной подземные воды. Кроме того, на территории рассредоточенных населенных пунктов

Siiviläputkikaivon tuotto voi olla sadoista kuutiometristä tuhansiin kuutiometreihin vuorokaudessa.

Kaivourakoitsijat tekevät putkikaivon huuhtelun ja määrittävät koepumppauksella kaivon antoisuuden.

Pohjaveden merkitys vesihuollossa

Pohjavedellä on Suomessa aina ollut suuri merkitys vedenhankinnassa. Suomen ensimmäinen pohjavesilaitos perustettiin Viipuriin jo vuonna 1892. Vielä 50 vuotta sitten vesihuollon järjestäminen nähtiin Suomessa tasa-arvokysymyksenä. Valtioneuvoston asettaman pelkästään naisista kootun komitean työn tuloksena ruvettiin myöntämään valtion tukea vedenhankinta- ja viemärilaitteita varten yksityisille talouksille tai yhtymille maalaiskuntien alueella. Johtavana ajatuksena oli saada «juokseva vesi» talouteen ja siitä ulos helpottamaan perheenemännän työskentelyä maaseutuoloissa.

Pohjaveden käyttö on lisääntynyt tasaisesti vesihuollossa 1960-luvulta lähtien. Vuonna 1999 oli vesilaitosten jakamasta talousvedestä 59 % pohja- tai tekopohjavettä eli 660 000 m³/d (kuva 1.11). Viime vuosina käyttö on kuitenkin lisääntynyt nopeasti, ja vuonna 2010 ennustetaan jo 70 % yleisten vesilaitosten vedestä olevan pohjavettä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yli 2 miljoonaa suomalaista käyttää talousvetenään pohjavettä. Lisäksi haja-asutusalueilla noin 350 000 talouden vedenhankinta perustuu pohjaveteen. Myös loma-asuntojen vedenhankinta perustuu valtaosaltaan pohjaveteen. Yhteensä juomavetenään pohjavettä käyttävien ihmisten lukumääräksi on arvioitu noin 3,5 miljoonaa (SYKE, Suomen ympäristökeskus, 1995).

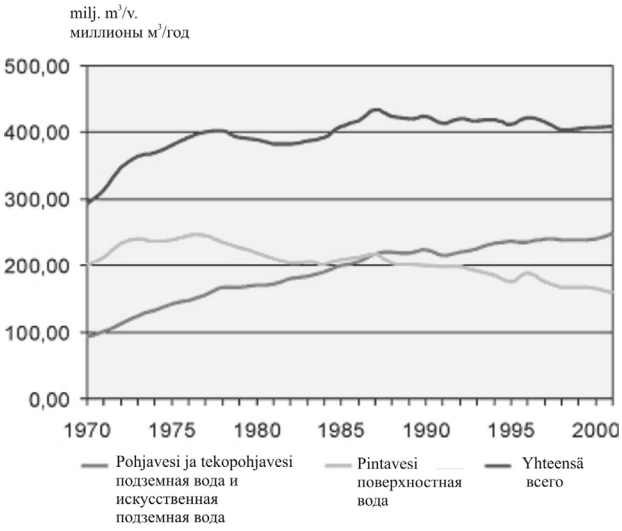


Рис. 1.11. Динамика использования в качестве исходной воды подземных и поверхностных вод предприятиями водоснабжения

Kuva 1.11. Vesihuoltolaitosten jakama vesimaara. Pohjavesi, pintavesi

водоснабжение около 350 тыс. хозяйств организовано на использовании подземных вод. Водоснабжение дачных домов в большинстве случаев также организовано на использовании подземных вод. В общей сложности численность населения, использующего в качестве водопроводной подземную воду, примерно оценивается как 3,5 млн человек (SYKE, Suomen ympäristökeskus, 1995).

Приоритет организации водоснабжения на основе использования подземных вод в Финляндии частично основан на том, что обычно подземные воды часто лучшего качества, чем поверхностные. Кроме того, качество подземных вод почти стабильно, необходимость водоподготовки минимальна, а охрана осуществляется легче, чем для поверхностных вод, и самое важное, как показал опыт Финляндии, не требуется повышенного хлорирования, которое сказывается на здоровье населения.

Suomessa vedenhankinnan perustaminen pohjaveden varaan johtuu osittain siitä, että pohjavesi on yleensä hyvälaatuista. Se on usein laadultaan parempaa kuin pintavesi. Pohjavesi on myös melko tasalaatuista, veden käsittelytarve on pienempi ja suojaaminen helpompaa kuin pintavesien.

ГЛАВА 2

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАРЕЛИИ КАК ИСТОЧНИК ВОДОСНАБЖЕНИЯ



OSA 2

KARJALAN TASAVALLAN PINTAVESISTÖT RAAKAVEDEN LÄHTEINÄ

2.1. ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГРАФИИ

2.1. HYDROGRAAFISET ERIKOISPIIRTEET

Карелия имеет хорошо развитую гидрографическую сеть (рис. 2.1), относящуюся к бассейнам Белого и Балтийского морей. На беломорскую часть приходится 57% территории республики, на балтийскую – 43 (без учета акваторий Ладожского и Онежского озер). Специфика гидрографии региона определяется особенностями всего комплекса природных условий, в первую очередь геологического строения, рельефа и климата, а также географическим положением республики.

В геологическом отношении Карелия является восточной окраиной Балтийского (Фенноскандинавского) кристаллического щита – области распространения преимущественно древнейших кристаллических пород архейско-протерозойского комплекса. Они перекрыты тонким слоем четвертичных отложений, представленных сложным комплексом ледниковых (в основном), межледниковых и послеледниковых отложений. Их мощность колеблется от 0 до 110–130 м (максимальные значения отмечаются в крайней южной части).

Главные элементы рельефа обусловлены сочетанием древних тектонических процессов с денудацией и аккумуляцией четвертичного периода, важнейшим событием которого были мощные материковые оледенения. Основное влияние на формирование современного рельефа оказало последнее из них – Валдайское, закончившееся только 10–11 тыс. лет назад. Двигавшийся со Скандинавии ледник принес и отложил большие объемы несортированных обломков горных пород (морены). В результате сформировался очень специфический, чрезвычайно расчлененный грядово-холмистый рельеф с абсолютными отметками, не превышающими 200 м. И только на крайнем северо-западе они достигают 600 м (г. Нуорунен – 577 м). Для южных районов республики характерна северо-западная ориентировка форм рельефа, для северных – широтная, реже северо-восточная или северо-западная, что определило и ориентировку водных объектов. Деятельность ледника и ледниковых вод придала особый облик доледниковому рельефу, не меняя его главных черт. В частности, сохранились результаты вертикальных тектонических движений, сопровождавшихся поднятиями и опусканиями земной коры. В то время образовались котловины Ладожского, Онежского и других озер, Белого моря, в трещинах и разломах заложились речные долины.

Karjalan Tasavallassa on erittäin kehittynyt hydrografian verkosto (kuva 2.1), joka kuuluu Vienanmeren ja Itämeren valuma-alueisiin. Vienanmeren valuma-alueeseen kuuluu 57 % Tasavallan pinta-alasta ja Itämeren valuma-alueeseen kuuluu 43 % (Laatokan ja Äänisen pinta-alaa lukuun ottamatta). Alueen luonnon- ja maantieteelliset olosuhteet, ennen kaikkea geologian rakenteet, korkeuserot ja ilmasto, vaikuttavat hydrografian ominaisuuksiin.

Geologisesti Karjalan Tasavalta kuuluu Itämeren (Fennoskandian) kalliokilven itäalueeseen. Kalliokilpi on vanhempaa kiteistä arkeis-proterozookompleksia. Niiden päällä on kvarttäärikauden ohuita kerroksia. Pääosin nämä kerrostumat ovat jääkausienvälisen ajan toiminnan tuloksia. Kerrostumien paksuus vaihtelee 0:n ja 110–130 metrin välillä, suurimmat kerrostumat ovat alueen eteläisellä puolella.

Maanpinnan muodot ovat muinaisten tektonisten prosessien seurauksia. Kvartäärikauden denudaatio, akkumulaatio ja tehokkaat mannerten jääkaudet vaikuttivat maisemien reliefiin. Valdai-niminen jääkausi, joka loppui vasta 10 000–11 000 vuotta sitten, vaikutti eniten maapinnan nykymuotoihin. Skandinaviasta liikkunut jäätikkö sekoitti ja toimitti valtavat maa-ainesmäärät, mm. moreenia. Sen tuloksena syntyi varsin erikoinen selkä- vaarareliefi, jonka korkeimmat kohdat harvoin nousevat yli 200 metriin. Vain luoteisalueella vuoristot saavuttavat 600 metrin korkeuden (Nuorunenvaara on 577 metriä). Tasavallan eteläalueella maanpinnan muodot ovat suuntautuneet luoteiseen akseliin, pohjoisessa muodot on leveyssuuntaisia, harvemmin koillis- tai luoteissuuntaisia. Vastaavasti ovat suuntautuneet useimmat vesistöt. Jäätikön toiminta on tuonut omaperäiset piirteet maanpintaan, mutta sen perusominaisuudet jäivät muutoksitta. Esimerkiksi, vaakatasoisen tektonisen toiminnan tulokset ovat säilyneet, voimme erottaa maakuoren nousu- ja laskualueita. Jo ennen viimeistä jäätikköä Vienanmeren, Laatokan, Äänisen ja muiden järvien syvänteet syntyivät. Jokien laaksot muodostuivat halkeamien, murto- ja katkeamisten kohdille.

Karjalan ilmasto on kohtalaisesti mannermainen, jolla on myös merialueiden vaikutusta. Sellaiselle ilmastolle on tyypillistä pitkä ja lauhkea talvi sekä lyhyt ja viileä kesä. Koko vuoden ajan on varsin pilvinen ja epävakaa sää. Hydrografian ja hydrologian ominaisuudet pääosin määrittyvät sadannalla ja haih-

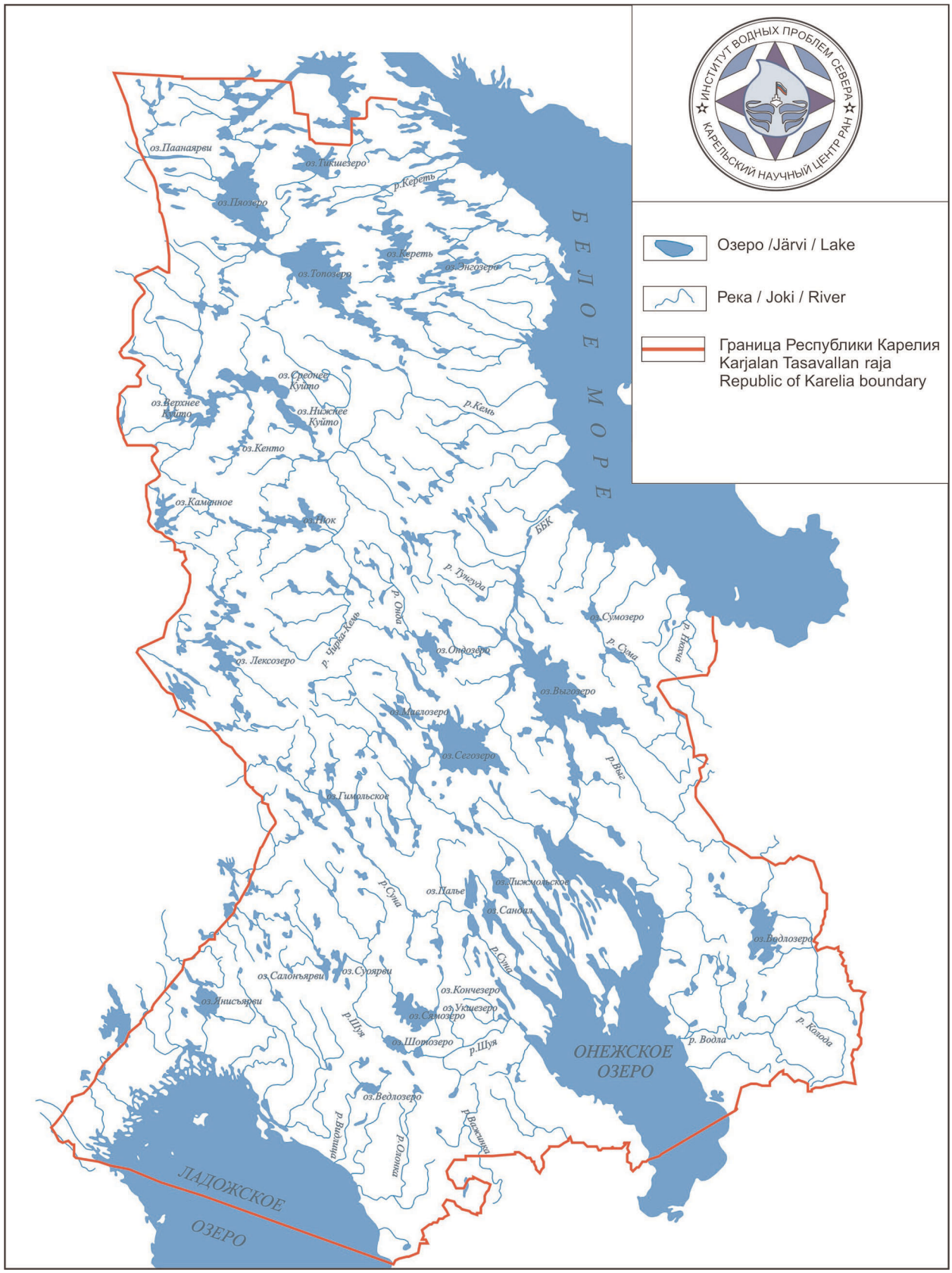


Рис. 2.1. Гидрографическая карта Республики Карелия

Kuva 2.1. Karjalan Tasavallan hydrograafinen kartta

Климат Карелии умеренно континентальный с чертами морского. Он характеризуется продолжительной мягкой зимой и коротким прохладным летом, значительной облачностью и неустойчивой погодой в течение всего года. Наиболее существенное значение для формирования гидрографической сети и гидрологического режима водных объектов имеют атмосферные осадки и испарение. Территория республики относится к зоне избыточного увлажнения, что определяется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой циклонической деятельностью во все сезоны. Количество осадков составляет 550–750 мм в год, возрастая с севера на юг. В то же время вследствие невысоких летних температур, большой облачности, повышенной влажности воздуха Карелия является зоной относительно малого испарения, составляющего от 310 мм на севере до 420 на юге. Таким образом, испаряется только 50–60% осадков, остальная часть идет на формирование речного стока.

Большое значение имеют также особенности географического положения республики, которые заключаются в прохождении по ее территории Беломорско-Балтийского водораздела и близости к нему крупных базисов эрозии – Белого моря, Ладожского и Онежского озер.

Таким образом, следует сказать, что главными обстоятельствами, определившими специфику гидрографической сети Карелии, являются:

– геологическая молодость сети;

– неглубокое залегание кристаллических пород и малая мощность рыхлых четвертичных отложений;

– наличие множества заполненных водой тектонических нарушений;

– чрезвычайно расчлененный рельеф ледникового происхождения;

– сравнительное обилие атмосферных осадков при низком испарении;

– близость главного водораздела к базисам эрозии.

В результате совместного воздействия перечисленных факторов сформировалась очень развитая гидрографическая сеть, сравнимая по своей уникальности только с водными объектами сопредельной Финляндии. Она представлена большей частью либо небольшими реками, либо короткими протоками, которые соединяют многочисленные озера, образуя озерно-речные системы. Линейная озерность (отношение длины озерных участков к общей длине системы) таких водных объектов может достигать 50–60% и более (реки Ковда, Лендерка, Каменная – Ногеусйоки).

Первая инвентаризация водотоков Карелии была выполнена в 1950-е гг. сотрудниками Отдела водных проблем (сейчас Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН) под руководством С. В. Григорьева. В пределах административных границ было выявлено

dunnalla. Tasavallan alue kuuluu alueisiin, missä matalapaineet liikkuvat koko vuoden aikana, lämmön kehittyminen on kuitenkin pientä ja sadanta ylittää haihdunnan. Sadannan summa on 550–750 mm vuodessa ja se kasvaa pohjoisesta etelään. Kesäaikana lämpötila ei nouse kovin korkealle, pilviä on paljon ja ilmankosteus on korkea. Juuri sen takia Karjalan Tasavallan alueella haihtuu 310 mm vettä vuodessa pohjoisessa ja 420 mm etelässä. Eli vain 50–60 % sadannan summasta haihtuu ja loppu muodostaa jokien valunnan.

Sen lisäksi maantieteellisesti Tasavallan alueella on mittava Itämeren ja Vienanmeren vedenjakaja, jonka lähellä ovat Vienanmeri, Laatokka ja Ääninen – ns. suuren eroosion vaikuttajat.

Voidaan todeta, että Karjalan Tasavallan hydrografian verkoston ominaisuudet ovat seuraavat:

– geologisesti nuori verkosto,

– kallioperä on hyvin lähellä maanpintaa, kvartäärikauden irtomaakerrokset ovat ohuita,

– lukuisat tektoniset muodostumat ovat täyttyneet vedellä,

– maanpintaa on varsin paljon muokannut jäätikkö,

– sadanta on runsas, mutta haihdunta on pieni,

– päävedenjakaja on hyvin lähellä eroosiokohteita.

Edellä mainittujen seikkojen tuloksena on kehittynyt erittäin monipuolinen omaperäinen hydrografinen verkosto, jota voidaan verrata Suomen, naapurivaltion vesistöihin. Täältä löytyy joko lyhyitä jokia tai jokien ja järvien lukuisia ketjuja joki-järvijärjestelmiä. Järjestelmien lineaarinen järvisyys (eli järvien pinta-alan suhde koko ketjun pituuteen) voi saavuttaa 50–60 % jopa enemmänkin (Kovdajoki, Lenderkajoki, Kamennaja – Nogeusjoki).

Karjalan vesistöjen ensimmäinen inventaario suoritettiin 1950-luvulla Vesistöongelmien osaston (nykyään Venäjän tiedeakatemian Karjalan tutkimuskeskuksen vesistöongelmien tutkimuslaitoksen) asiantuntijan S. V. Grigorjevin johdolla. Hallintorajojen sisällä kartoitettiin 10 987 jokea, joiden yhteinen pituus oli 53 333 km. Nykytietojen mukaan (jos laskuihin otetaan myös Karjalan kannas), jokien määrä on 26 700 ja niiden yhteenlaskettu pituus on 83 000 km. Suurin osa joista on alle 10 km pitkiä, niitä on 25 300 (95 %) ja yhteispituus on 52 300 km (63 %) (Ресурсы поверхностных вод.., 1972). Vain 30 joen pituus ylittää 100 km ja ne kuuluvat keskiluokkaan (taulukko 2.1). Jokiverkoston tiheys on 0,53 km/km^2. Suurin osa jokien valuma-alueista on myös hyvin pieniä. Vain 366 vesistön valuma-alue ylittää 100 km^2 ja mm. 51 vesistön valuma-alue ylittää 1000 ja 5 – 10 000 km^2 (Kemijoki, Vygjoki, Kovdajoki, Vodlajoki, Suojoki).

10 987 рек общей длиной 53 333 км. По современным данным, общее число рек (включая Карельский перешеек) составляет 26,7 тыс. Суммарная их протяженность – 83 тыс. км. Преобладают водотоки длиной менее 10 км. Их количество 25,3 тыс. (95%), общая протяженность – 52,3 тыс. км (63%) (Ресурсы поверхностных вод.., 1972). Только 30 рек имеют длину более 100 км и относятся к классу средних (табл. 2.1). Густота речной сети составляет 0,53 км/км^2. Площадь водосбора у подавляющего числа рек также мала. Только 366 водных систем имеют бассейны площадью более 100 км^2, в том числе 51 система с водосбором, превышающим 1000, и 5 – 10 000 км^2 (реки Кемь, Выг, Ковда, Водла, Шуя).

Молодостью карельских рек и особенностями кристаллического фундамента объясняется слабая врезанность их русел, неразвитость речных долин, ступенчатый характер продольного профиля, представляющего собой ряд порожистых участков, чередующихся с плесами. Часто роль плесовых участков выполняют озеровидные расширения или озера.

Близость к водоразделам основных базисов эрозии обусловила значительное падение рек. Большая часть его величины (80–90%) приходится на пороги и карешки (небольшие порожки). Для малых рек величина падения может достигать 10 м/км (р. Неглинка) при преимущественной 2–5 м/км. Более крупные реки имеют меньшее удельное падение, редко превышающее 1 м/км, но и на них сосредоточенные падения на отдельных участках достигают значительных величин.

Характерной особенностью карельской гидрографии являются также узкие, невысокие водоразделы и близость соседних водотоков, что создает условия для переброски стока в другие бассейны (р. Суна – оз. Палье, р. Поньгома – оз. Топозеро). А сложный изрезанный рельеф в условиях водораздельного расположения озер часто определяет сток из них по нескольким направлениям одновременно: оз. Энгозеро – реки Калга и Воньга, оз. Сариярви – реки Лоймоланйоки (Тулемайоки) и Пенсанйоки (Уксунйоки), оз. Сегежское – реки Обжанка и Сегежа (приток р. Свирь).

Основными структурными элементами гидрографической сети Карелии являются водоемы (озера и водохранилища), во многом определяющие специфику водных систем республики. Согласно инвентаризации 1950-х гг. на территории республики было зафиксировано 42,6 тыс. озер с общей площадью 16,2 тыс. км^2 (Григорьев, Грицевская, 1959). Более поздние подсчеты, выполненные на новой картографической основе, позволили уточнить цифры: число озер с площадью более 1 га – 61,1 тыс., суммарная площадь – около 18 тыс. км^2 (Гашева, 1967). Кроме того, в пределах республики находится около 50% акватории Ладожского и 80% – Онежского озер, являющихся крупнейшими водоемами Европы.

Karjalan jokien nuoruus ja kallion perä selittävät, miksi jokien uomat eivät ole syviä eikä jokilaaksot ole kehittyneet pitkälle. Samoista syistä jokien pitusleikkaukset ovat porrastyyppisiä, joilla on leveitä, järvimäisiä osuuksia ja niiden välillä koskipaikkoja.

Vedenjakajan ja eroosiokohtien läheisyys aiheuttaa jokien merkittävän kaltevuuden. 80–90 % kokonaiskaltevuudesta kuuluu koskipaikkoihin. Pienten jokien kaltevuus voi saavuttaa 10 m/km (Neglinkajoki), mutta valtaosa on 2–5 m/km. Suurilla joilla kaltevuus on pienempi ja harvoin ylittää 1 m/km ja siinäkin koskipaikat yleensä aiheuttavat jokien korkeuseroja.

Karjalan Tasavallan vesistöjen oninaisuuksia ovat toisen ja kolmannen luokan vedenjakajat, jotka ovat varsin matalia ja maastossa hyvin kapeita. Seurauksena on, että naapurivesistöt ovat hyvin lähellä toisiaan ja mahdollistavat veden siirtymisen valuma-alueesta toiseen (Sunajoki – Paljejärvi, Pongomajoki – Topozerojärvi). Monipuolinen maasto ja valuma-alueiden läheisyys aiheuttavat bifurkaation syntymistä eli purkuvesistöjen vaihtelua tai vedenpurkua eri suuntiin: Engozerojärvi – Kalgajoki ja Vongajoki, Saarijärvi – Loimolanjoki (Tulemajoki) ja Pensanjoki (Uksunjoki), Segezskojejärvi – Obzankajoki ja Segezajoki (Syvärijoen sivujoki).

Karjalan Tasavallan vesistöverkoston tärkeimpiä yksikköjä ovat järvet ja tekojärvet. 1950-luvun inventaarion mukaan Tasavallassa on 42 600 järveä, joiden yhteinen pinta-ala on 16 200 km^2 (Григорьев, Грицевская, 1959). Tuoreimpien tietojen mukaan, jotka oli saatu uusien karttamateriaalien avulla, edellä mainitut numerotiedot on täsmennetty:

Yli 1 hehtaarin kokoisia järviä on 61 100, joiden yhteinen pinta-ala on noin 18 000 km^2 (Гашева, 1967). Sen lisäksi Tasavallan alueeseen kuuluu 50 % Laatokasta ja 80 % Äänisestä, jotka ovat Euroopan suurimmat järvet. Alueen järvisyys on 12 %, mutta jos mukaan otetaan Ääninen ja Laatokka, Karjalan Tasavallassa järvisyys saavuttaa 21 % eli on maailman huippuluokkaa (Karjalan Tasavallan pinta-ala on 172 400 km^2, mikäli Ääninen ja Laatokka ovat mukana ja 155 900 km^2 järvien pinta-alaa lukuun ottamatta).

Järvien sijainnissa ja järvisyyden vaihtelussa on selkeä maantieteellinen sääntö. Syvärijoen eteläpuolella järvisyys on alle 2–2,5 %, Karjalan Tasavallan alueella järvisyys nousee hyvin nopeasti ja saavuttaa 62–66 pohjoispiirin korkeudella maksimin (Keretjoen valuma-alueella – 18 %, Kovdajoen valuma-alueella – 14 %). Pohjoisempana järvisyys taas pienenee hyvin nopeasti. Kuolan niemimaan jokien valuma-alueiden järvisyys on 2,5–4 %. Järvisyys pienenee myös lännestä itään. Vienanmeren ja Äänisen itärannikon jokien valuma-alueiden järvisyys on 4–5 %, Arkangelin läänin järvisyys on alle 2 %.

Таблица 2.1. Характеристика основных рек Карелии (Ресурсы поверхностных вод.., 1965)

Taulukko 2.1. Karjalan Tasavallan jokitiedot

Река	Joki	Длина, км Pituus, km	Площадь водосбора, км^2 Valuma-alueen pinta-ala, km^2	Площадь озер на водосборе, км^2 Valuma-alueen järvien pinta-ala, km^2	Принятый исток	Lähtövesistö
Бассейн Белого моря / Vienan meren valuma-alue						
Ковда	Kovdajoki	233	26 100	3 656	оз. Топозеро	Topozero
Оланга	Olangajoki	137/67	5 670/...	.../142	на территории Финляндии	Suomen alueella
Тумча	Tumchajoki	207/172	5 240/...	215/...	то же	Suomen alueella
Лопская	Lopskajajoki	106	2 760	546	оз. Виксозеро	Viksozero
Воньга	Vongajoki	106	2 580	427	оз. Энгозеро	Engozero
Кемь	Kemijoki	191	27 700	2 568	оз. Н. Куйто	Niznee Kuito
Войница	Voinitsajoki	108/94	1 300/...	.../42,1	на территории Финляндии	Suomen alueella
Писта	Pistajoki	110	3 190	229	оз. Мульпиярви	Mulpijärvi
Чирка-Кемь	Tchirka-Kemijoki	221	8 270	704	слияние рек Чирка и Кемь	Tchirkajoen ja Kemijoen yhtymäkohdassa
Кепа	Kepajoki	154	1 640	94,6	оз. Таявиярви	Tajavijärvi
Нижняя Охта	Niznjaja Ohtajoki	142	2 170	231	оз. Ватулма	Vatulmajärvi
Беломорско-Балтийский канал (Нижний Выг)	Vienanmeren ja Itämeren kanava (Nizni Vyg)	188	27 100	3 795	оз. Выгозеро	Vygozero
Выг (Верхний Выг)	Vyg (Verhni Vyg)	135	3000	71,1	оз. Верхотинное	Verhotinnojejärvi
Волома	Volomajoki	138	2 070	219	оз. Волома	Volomajärvi
Онда	Ondajoki	197	4 080	509		
Тунгуда	Tungudajoki	128	1 830	178	оз. Пертярви	Pertjärvi
Сума	Sumajoki	164	2 020	271	оз. Мелозеро	Melozerojärvi
Нюхча	Njuhchajoki	106	1 770	50,7	оз. Нюхча	Njuhchajärvi
Бассейн Балтийского моря / Itämeren valuma-alue Собственный бассейн Ладожского озера и р. Свири / Laatokan ja Syvärijoen lähivaluma-alue						
Лендерка	Lenderkajoki	150/41	.../4 890	.../604	оз. Сула	Sulajärvi
Койтайоки	Koitajoki	162/48	.../...	.../...	оз. Алинен-Айтоярви	Alinen-Aitojärvi
Янисйоки	Jänisjoki	126/70	3 900/...	.../279	на территории Финляндии	Suomen alueella
Уксунйоки	Uksunjoki	121	1 080	58,2	оз. Куйккаярви	Kuikkajärvi
Важинка	Vazhinkajoki	123	2 020	53,8		
Бассейн Онежского озера / Äänisen valuma-alue						
Шуя	Suojoki	194	10 100	1 071	оз. Суоярви	Suojärvi
Суна	Sunajoki	280	7 670	987	оз. Кивиярви	Kivijärvi
Водла	Vodlajoki	149	13 700	723	слияние рек Сухая Водла и Вама	Suhaja Vodlajoen ja Vamajoen yhtymäkohdassa
Илекса	Ileksajoki	155	3 950	122	оз. Калгачинское	Kalgatsinskoe järvi
Нетома	Netomajoki	107	776	6,5	оз. Нетомское	Netomskoe järvi
Колода	Kolodajoki	112	1 330	35	оз. Глубокое	Glubokoe järvi
Шалица	Shalitsajoki	104	992	61,1	оз. Шалозеро	Shalozero järvi

Примечание. 1. Данные по р. Суне даны для водосбора в естественном состоянии. 2. В числителе приводятся данные для всего водосбора, в знаменателе – для территории России. 3. Знак (...) обозначает отсутствие данных.

Huomio. 1. Sunajoen valuma-aluetiedot on esitetty luonnontilassa. 2. Murtoluvun osoittaja on koko valuma-alueen tiedot ja nimittäjä on Venäjän alueen tiedot. 3. Merkki (...) tarkoittaa, että tietoja ei ole.

Озерность территории составляет 12%, а с учетом карельских частей Онего и Ладоги достигает 21%, являясь одной из самых высоких в мире (принимая площадь Карелии, равной 172,4 тыс. км^2 с включением онежской и ладожской акваторий и 155,9 – без них).

В размещении озер и в изменении озерности по речным бассейнам наблюдается четкая географическая закономерность. Если южнее р. Свири коэффициент озерности не превышает 2–2,5%, то в пределах Карелии озерность быстро возрастает, достигая в зоне 62–66° с. ш. максимальных значений (бассейн р. Кереть – 18%, р. Ковды – 14%). Далее к северу озер-

Järvistä suurin osa on pinta-alaltaan alle 1 km^2 ja 1389 järveä ovat suurempia kuin 1 km^2 (hiukan enemmän kuin 2 % koko määrästä), 20 ovat suurempia kuin 100 km^2 (taulukko 2.2). Pienten järvien joukkoon kuuluvat lukuisat suo- ja metsälammet, joilla ei ole näkyvää pois virtaamista.

Karjalassa on kaksi järvisyvännetyyppiä: tektonisia ja jäätiköstä muodostuneita (moreeni). Miltei kaikki suuret ja keskikokoiset järvet ovat tektonisen prosessin kehitystuloksia. Ne ovat syntyneet tektonisissa halkeamissa, joita jäätikkö on muokannut. Sellaisella järvellä on yleensä suuri syvyys ja rantaviiva

ность быстро падает до 2,5–4% на водосборах рек Кольского полуострова. Еще быстрее коэффициент озерности убывает с запада на восток. Так, уже бассейны рек Поморского побережья Белого моря и восточных притоков Онежского оз. характеризуются величинами не более 4–5%, а в Архангельской области озерность не достигает и 2%.

Основное число составляют озера с площадью менее 1 км^2. Более значительные размеры имеют только 1 389 водоемов (чуть более 2% от общего числа), из них лишь 20 превышают 100 км^2 (табл. 2.2). В группе малых водоемов преобладают озера, не имеющие видимого стока («бессточные»), которые представлены в основном лесными и болотными озерцами (ламбами).

В Карелии выделяются два основных типа озерных котловин по происхождению: тектонические и ледниковые (моренные). Почти все крупные и средние водоемы имеют тектонический генезис. Их котловины развиты в трещинах и сбросах с ярко выраженными следами эрозионной деятельности ледников. У них, как правило, сложные очертания берегов и пересеченный рельеф дна, большие глубины. Озера ледникового типа расположены в понижениях между моренными грядами и холмами или в подпруженных речных долинах. Они небольших размеров, имеют менее изрезанную, часто округлую форму, плоское

on rikkinäinen tai silpoutunut. Jäätikön toiminnan tuloksena moreeniselkien ja vaarojen välille on syntynyt toisen tyyppisiä järviä. Ne ovat pienikokoisia, niiden rantaviiva ei ole niin silpoutunut ja joskus ne ovat varsin pyöreitä. Jäätikköjärvien pohja on tasainen, syvyyseroja on vähän ja ne ovat 5–10 m syviä. Voidaan havaita myös pitkiä ja kapeita järviä, joita joet yhdistävät. Suoalueella on myös omaperäinen järvijoukko.

Vesivarojen käytön yhtenä muotona on jokivirtaaman säännöstely ja tekojärvien perustaminen. Kuten on jo mainittu, Karjalan Tasavallan joet ovat geologisesti nuoria ja niiden laaksot ja uomat ovat matalia tai vähän kehittyneitä. Juuri sen takia padotettujen tekojärvien tilavuus on suhteellisen pieni. Melkein kaikki suurten järvien syvänteet toimivat tekojärvinä (taulukko 2.3). Siinä on paikallisen hydrograafisen verkoston ominaisuus, koska entisessä Neuvostoliitossa, kuten maailmassakin, tekojärvet rakennetaan laaksotyyppisiin jokiuomiin eikä järvisyvänteen alajuoksulle.

Karjalan Tasavallan tekojärvien vesitilavuus on 80,2 km^3 (lukuun ottamatta Ylä-Syvärin tekojärveä). Hyödyllinen tilavuus on 18,6 km^3 ja se mahdollistaa säännöstellä 47 % vuoden virtaamasta. Sen lisäksi luonnontilaisissa järvissä on vettä 65,0 km^3. Mainittakoon vielä kerran, että Äänisen (Ylä-Syvärin teko-

Таблица 2.2. Основные характеристики озер с площадью зеркала более 100 км^2 в современном состоянии

Taulukko 2.2. Yli 100 km^2 kokoisten järvien nykytiedot

Водоем	Vesistö	Водосбор главной реки	Pääjoen valuma-alue	Площадь, км^2 Pinta-ala, км^2		Глубина, м Syvyys, м		Объем, км^3 Tilavuus, км^3	Примечания	Huomautukset
				водосбора valuma-alueen	зеркала vesistön	сред. keski-arvio	макс. suurin			
Ладожское	Laatokka	Нева	Neva	258 300	17 700	51	230	910		
Онежское	Ääninen	Нева	Neva	53 100	9 720	30	120	295	Зарегулировано	Säännöstelty
Выгозеро	Vygozero järvi	Нижний Выг	Nizhni Vyg	20 800	1 250	7,5	20	9,26	Зарегулировано	Säännöstelty
Топозеро	Topozerojärvi	Ковда	Kovda	2 540	986	16	56	15,6	Зарегулировано	Säännöstelty
Пяозеро	Pääozero	Ковда	Kovda	11 300	943	18	58	16,7	Зарегулировано	Säännöstelty
Сегозеро	Segozero	Нижний Выг	Nizhni Vyg	6 640	815	29	103	23,4	Зарегулировано	Säännöstelty
Водлозеро	Vodlozero	Водла	Vodla	4 960	322	2,8	16	0,906	Зарегулировано	Säännöstelty
Сямозеро	Säämäjärvi	Шуя	Suo	1 550	266	6,7	24	1,79		
Среднее Куйто	Srednee Kuito	Кемь	Kem	9 470	257	10	34		Зарегулировано	Säännöstelty
Верхнее Куйто	Verhnee / Ylä-Kuito	Кемь	Kem	7 150	240	8,5	44	2,09		
Кереть	Keret	Кереть	Keret	1 100	223	4,5	26	1		
Нюк	Njukjärvi	Кемь	Kem	3 090	214	8,5	40	1,81		
Тикшозеро	Tikshozero	Ковда	Kovda	1 080	209	8	41	1,81		
Янисъярви	Jänisjärvi	Янисйоки	Jänisjoki	3 460	200	10	57	2,04	Зарегулировано	Säännöstelty
Сандал	Sandaljärvi	Суна	Sunajoki	6 620	185	9,5	58	1,78	Зарегулировано	Säännöstelty
Ондозеро	Ondozerojärvi	Нижний Выг	Nizhni Vyg	2 380	182	3,5	8	0,6	Зарегулировано	Säännöstelty
Лексозеро	Leksozero	Лендерка	Lenderka joki	3 230	166	8,5	34	1,408		
Нижнее Куйто	Nizhnee / Ala-Kuito	Кемь	Kem	10 200	141	8,6	33			
Энгозеро	Engozerojärvi	Калга и Воньга	Kalgajoki, Vongajoki	1 220	122	4,5	18	0,544		
Палье	Paljejärvi	Суна	Sunajoki	6 110	109	18	74	2	Зарегулировано	Säännöstelty

дно без резких перепадов глубин, которые не превышают, как правило, 5–10 м. Также встречаются узкие и длинные озера, через которые протекают реки. Кроме того, существует много мелких озер болотного происхождения.

Одной из форм хозяйственного использования водных ресурсов является регулирование речного стока путем создания водохранилищ. Как уже отмечалось выше, молодые в геологическом отношении реки Карелии имеют неглубокие, слаборезанные долины. Поэтому долинные водохранилища, ложем которых служит часть речной долины, даже ценой больших затоплений имеют незначительные объемы. Основным типом водохранилищ являются котловинные (озерные), созданные почти на всех крупных озерах (табл. 2.3). Преобладание котловинных водохранилищ является региональной особенностью республики, так как большинство водохранилищ в бывшем СССР и во всем мире долинные. Этот факт еще раз подчеркивает специфику гидрографической сети Карелии.

Объем воды, аккумулированный в водохранилищах, расположенных на территории Карелии, равен 80,2 км^3 (без Верхне-Свирского). Из них общая полезная емкость составляет 18,6 км^3, что позволяет регулировать 47% годового объема речного стока. Еще 65,0 км^3 воды сосредоточено в озерах, остающихся в естественном состоянии. Кроме того, к этим

järven) ja Laatokan tilavuuksia ei ole otettu mukaan laskelmaan. Suurin osa vesistöjen veden tilavuudesta (78 %) kuuluu Vienan meren valuma-alueeseen ja juuri siellä on eniten myös tekojärviä (taulukko 2.4). Vienan meren valuma-alueella on noin 90 % veden hyötytilavuutta ja täällä säännöstellään 63 % jokien virtaamasta.

Itämeren alueella vesivarat ovat pääosin järvissä, joet ovat vähävetisiä eikä niitä ole säännöstelty suurissa määrissä.

Makea vesi, joka on varastoitunut järviin ja tekojärviin kuuluu ns. vuosisatojen perusvaroihin, joiden uudistuminen on erittäin hidas prosessi. Nykyisen vesitaloussuunnittelun mukaan sellaisten vesivarojen tehokasta käyttöä rajoitetaan ympäristöuhkien ja -seurauksien takia. Vesivaroja kuitenkin voidaan käyttää hyväksi edellyttäen, että käytetään vain sellaisia muotoja, jotka eivät kuluta resurssien määrällisiä ominaisuuksia (vesiliikenne, virkistys, kalatalous). Taloudellisesti suurin merkitys on ns. «dynaamisilla varoilla» eli sellaisilla varoilla, jotka jatkuvasti osallistuvat luonnon vesikiertoon, esimerkiksi virtaamalla joissa.

Haihdunnan ja sadannan välinen korrelaatiokerroin vaihtelee hydrologisen vuoden aikana 0,80 ja 0,90 välillä. Se on ominaista siellä, missä haihdunta on suurempi kuin sadanta. Paikalliset olosuhteet, maisemat ja maanpinnan ominaisuudet yhdistettynä

Таблица 2.3. Параметры основных озерных водохранилищ при нормальном подпорном уровне

Taulukko 2.3. Tasavallan suurempien tekojärvien tiedot normaalin padotusolosuhteissa

Водохранилище	Tekojärvi	Базовые реки (озера)	Tärkeimmät joet (järvet)	Площадь, км^2 Pinta-ala, km^2		Глубина, м Syvyys, м		Объем, км^3 Tilavuus, km^3	
				водосбора valuma-alueen	зеркала vesi-alueen	средн. keski-syvyys	макс. maksimi	полный kokonainen	полезный hyödyllinen
Верхне-Свирское	Ylä-Syvärin	р. Свирь; оз. Онежское	Syvärijoki Ääninen	57 300	9 840		120	295	13
Кумское (Топо-Пяозерское)	Kumskoje (Topo-Pääjärven)	р. Ковда; озера Топозеро, Пяозеро, Кундозеро	Kovdajoki; Topozerojärvi, Pääjärvi, Kundozerojärvi	11 300	1 930		56	32,3	8,73
Выгозерско-Ондское	Vygozersko-Ondskoje	р. Нижний Выг; оз. Выгозеро	Nizni Vyg-joki, Vygozero	20 800	1 270		20	9,33	1,18
Сегозерское	Segozer-skoje	р. Сегежа; оз. Сегозеро	Segezajoki; Segozerojärvi	6 640	815	29	103	23,4	4,1
Юшкозерское	Yskozer-skoje	р. Кемь; озера Среднее и Нижнее Куйто	Kemjoki, Keski- ja Ala Kuitojärvi	9 900	398	10,5	35	4,18	0,644
Водлозерское	Vodlozer-skoje	реки Вама, Сухая Водла; оз. Водлозеро	Vamajoki, Suhaja Vodla joki, Vodlozerojärvi	4 960	322	2,8		0,906	0,55
Иовское	Iovskoje	р. Ковда; Соколозеро, Ругозеро, Сушозеро	Kovdajoki; Sokolozero-järvi, Rugozerojärvi, Sushezerojärvi	19 200	294		58	2,06	0,545
Янисъярви	Jänisjärvi	р. Янисйоки; оз. Янисъярви	Jänisjoki Jänisjärvi	3 460	200	10	8	2,04	0,42
Сандальское	Sandalskoje	Кондопожский канал; оз. Сандал	Kontupohjan kanava, Sandaljärvi	6 620	185	9,5	57	1,78	0,298
Ондозерское	Ondozer-skoje	р. Онда; оз. Ондозеро	Ondajoki; Ondozerojoki	2 320	182	3,5	74	0,6	0,37
Пальеозерское	Paljeozer-skoje	р. Нивка; оз. Палье	Nivkajoki Paljejärvi	6 110	109	18		2	0,158

цифрам следует добавить большие части объемов Онежского (Верхне-Свирское водохранилище) и Ладожского озер. Основная часть вод, содержащихся в водоемах (78%), находится в бассейне Белого моря, где они представлены, главным образом, водами водохранилищ (табл. 2.4). Здесь расположено около 90% общей полезной емкости водохранилищ, регулируется 63% объема речного стока.

В балтийском бассейне воды сосредоточены в основном в озерах, сток менее зарегулирован, и реки менее водоносны.

Пресные воды, накапливаемые в озерах и водохранилищах, относятся к стационарным запасам или вековым водным ресурсам с очень низкой скоростью возобновления. При современном водохозяйственном планировании их интенсивное использование обычно не предусматривается из-за возможных отрицательных экологических последствий. Как водные ресурсы эти объекты можно рассматривать лишь с точки зрения способов использования, не меняющих их количественных параметров (водный транспорт, рекреация, рыбное хозяйство). Для водопотребляющих отраслей экономики наибольший интерес представляют динамические запасы, непрерывно возобновляющиеся в процессе круговорота воды, т. е. речной сток.

Особенностью зоны избыточного увлажнения является тесная связь стока с осадками, коэффициент корреляции между ними за гидрологический год изменяется от 0,80 до 0,90. Подстилающая поверхность и орографические особенности местности в сочетании с преобладающими ветрами оказывают значительное влияние на распределение осадков, а, vallitsevien tuulien kanssa vaikuttavat merkittävästi sadantaan ja vastaavasti valuntaan. Monivuotinen valunnan keskiarvo on 8–10 l/s km². Suurimmat valunta-arvot (11–12 l/s km²) on havaittu tasavallan pohjoisella vuoristoalueella (300–400 m ja jopa enemmänkin meren pinnasta). Vienanmeren matalikkoalueella ja suurten järvien läheisyydessä valunta pienenee 8–9 l/s km²:iin. Karjalan Tasavallan eteläalueella, Laatokan koillisrannikolla ja Äänisen itärannikolla valunnan maksimit ovat 12–16 l/s km² siellä, missä kulkee Laatokan ja Äänisen välinen vedenjakaja. Tasavallan pinta-alan suurimmilla alueilla monivuotinen valunta-arvo on noin 10 l/s km², sillä valuma-alueiden lukuisat järvet ja suot tasoittavat valuntaa.

Karjalan Tasavallan kaikkien jokien virtaama keskivetisen vuoden aikana on 57 km³. Omalla alueella muodostuu 49,7 km³ (ns. «paikallinen virtaama»), loput vesimassat (13 %) saapuvat lähialueelta (pääosin Suomesta ja Arkangelin alueelta). 55 % jokien virtaamasta laskee Vienanmereen, 25 % – Ääniseen ja 20 % – Laatokkaan. Korostettakoon, että jokien virtaama vaihtelee vuosien välillä ja kaikkien teollisuushaarojen vesitaloussuunnittelutyön laskelmat yleensä perustuvat 95 % todennäköisyyden virtaamakäyriin (toisin sanoen niin vähävetinen vuosi toistuu keskimäärin kerran 20 vuodessa). Näissä olosuhteissa paikallinen virtaama on 63 % monivuotisesta lukuarvosta eli 31,8 км³ (taulukko 2.5).

Absoluuttiset arvot kuitenkaan eivät kuvaa vesivaroja täydellisesti. Suhteelliset arvot eli jokien virtaama per pinta-alayksikkö tai per henkilö ovat tässä mielessä kuvaavampia. Nämä arvot ovat Karjalan

Таблица 2.4. Водные ресурсы Карелии, распределенные по бассейнам

Taulukko 2.4. Karjalan Tasavallan monivuotiset vesivarojen jakelu valuma-alueisiin

Бассейны (моря, водной системы)	Valuma-alueet (meri, vesistö)	Озера Järvet		Водохранилища Tekojärvet		Всего Yhteensä	
		км³	%	км³	%	км³	%
Бассейн Белого моря / Vienan meren valuma-alue							
Ковда	Kovda	6,42	10,0	34,40	42,8	40,80	28,1
Кемь	Kem	14,10	21,7	6,33	7,9	20,40	14,0
Выг	Vyg	10,20	15,7	29,80	37,2	40,00	27,6
Побережье Белого моря	Vienan meren rannikko	12,10	18,6	0,38	0,5	12,50	8,6
Суммарно по бассейну Белого моря	Vienan meren valuma-alue yhteensä	42,82	66	70,91	88,4	113,7	78,3
Бассейн Балтийского моря / Itämeren valuma-alue							
Бассейн Онежского оз. / Äänisen valuma-alue							
Водла	Vodla	10,10	1,6	1,03	1,3	2,04	1,4
Суна	Suna	2,45	3,8	4,42	5,5	6,87	4,7
Шуя	Suojoki	5,22	8,1	0,65	0,8	5,87	4,0
Побережье Онежского оз.	Äänisen rannikko	4,29	6,6			4,29	3,0
Суммарно по бассейну Онежского оз.	Äänisen valuma-alue yhteensä	12,97	20,1	6,10	7,6	19,10	13,1
Собственный бассейн Ладожского оз. / Laatokan valuma-alue							
Вуокса (Лендерка)	Vuoksi (Lenderkajoki)	6,65	10,0			6,65	4,6
Побережье Ладожского оз. и р. Свирь	Laatokan rannikko ja Syväri	2,55	13,9	3,23	4,0	5,78	4,0
Суммарно по бассейну Ладожского оз.	Laatokan valuma-alue yhteensä	9,20	13,9	3,23	4,0	12,40	8,6
Суммарно по бассейну Балтийского моря	Itämeren valuma-alue yhteensä	22,20	34,0	9,33	11,6	31,50	21,7
Суммарно по Республике Карелия	Karjalan Tasavallan valuma-alue yhteensä	65,00	100,0	80,20	100,0	145,2	100

следовательно, и связанного с ними стока по территории. Значение среднего многолетнего стока изменяется в диапазоне 8–10 л/с · км². Наибольшие величины годового стока (11–12 л/с · км²) на севере республики наблюдаются на возвышенных участках (Северный возвышенный район с высотами 300–400 м и более над уровнем моря), уменьшается сток (до 8–9 л/с · км²) на Прибеломорской низменности и в понижениях у крупных озер-водохранилищ. В южной части Карелии максимальные значения стока (12–16 л/с · км²) отмечаются на северо-восточных притоках Ладожского и восточных притоках Онежского озер, что связано с влиянием на распределение осадков Онежско-Ладожского водораздела. На большей части республики средний многолетний модуль колеблется около 10 л/с · км², так как большое количество озер на водосборах в сочетании с болотами и заболоченными лесами нивелируют величину среднего многолетнего стока по территории.

В средний по водности год сток рек Карелии составляет 57 км³. Непосредственно на ее территории формируется 49,7 км³ (так называемый «местный сток»). Остальные воды (13%) поступают из сопредельных регионов (в основном из Финляндии и Архангельской области). Около 55% речного стока с территории республики поступает в Белое море, 25% – в Онежское и 20% – в Ладожское озера. Учитывая многолетние колебания речного стока и исходя из условий наиболее полного удовлетворения в воде всех отраслей экономики, в водохозяйственной практике ориентируются на сток маловодного года, как правило, 95% обеспеченности (повторяемость в среднем один раз в 20 лет). В таких условиях местный сток составляет 63% от среднемноголетнего или 31,8 км³ (табл. 2.5).

Абсолютные показатели не дают полного представления об обеспеченности водными ресурсами. Более показательны относительные характеристики – объем речного стока, приходящийся на единицу площади или одного жителя. Такие удельные цифры превышают средние значения для Российской Федерации в 1,3 и 2,3 раза соответственно, хотя и несколько уступают аналогичным показателям Северного экономического района и большинства областей, входящих в его состав (Бабкин и др., 1991; Литвиненко и др., 1992).

Таким образом, обеспеченность Карелии поверхностными водными ресурсами достаточно высока, и количественные параметры не являются фактором, лимитирующим развитие экономики республики (даже учитывая внутригодовую неравномерность речного стока). Существующие проблемы с водоснабжением населения и отдельных хозяйственных объектов имеют либо организационно-технический характер, либо связаны с несоответствием качества

Tasavallassa vastaavasti 1,3 ja 2,3 suuremmat kuin Venäjän Federaation alueella keskimäärin. Venäjän Pohjoisella taloudellisella alueella mainitut arvot ovat suurempia kuin Karjalan Tasavallan alueella (Бабкин и др., 1991; Литвиненко и др., 1992).

Voidaan todeta, että Karjalan Tasavallassa on mittavat pintavesistöjen vesivarat ja niiden määrä ei estä alueen taloudellista kehitystä (jopa ottaen huomioon jokien virtaaman vuosittaiset vaihtelut). Nykyolosuhteissa väestön juomaveden ja teollisuuslaitosten käyttöveden ongelmat ovat hallinnollisia ja teknillisiä tai liittyvät raakaveden laatuvaatimuksiin (tästä aiheesta katso alempana).

Karjalan Tasavallassa edellä mainitut maantieteelliset, hydrografian ja ilmaston ominaisuudet vaikuttavat vesitaloudelliseen kehitykseen ja aiheuttavat myös ympäristöongelmia:

1. Jokien pieni virtaama aiheuttaa taajamien ja paljon vettä kuluttavien teollisuuslaitosten sijoittamiseen joko suurten järvien tai suurten joensualueiden lähelle. Vastaavasti suurimmat pistekuormittajat laskevat jätevettä nimenomaan edellä mainittuihin vesistöihin. Eniten on kuormitettu suurempien teollisuuslaitosten lähivesistöjä – Äänisen Bolshaja Guba – lahti, Kontupohjan lahti ja Petroskoin lahti,

Таблица 2.5. Ресурсы речного стока, км³

Taulukko 2.5. Jokien vesivarat, km³

Бассейн Valuma-alue	Площадь, тыс. км² Pinta-ala, tuhat km²	Средний годовой сток Vuoden virtaama keski-määrin	Годовой сток различной обеспеченности Vuoden virtaama eri todennäköisyydellä, %			
			25	50	75	95
р. Кеми Kemijoki	27,7	8,37	9,66	8,48	7,19	5,16
р. Нижнего Выга Nizni Vyg joki	27,1	8,33	9,34	8,24	7,22	5,89
Белого моря Vienan meri	100	31,2	34,2	31,5	27,2	20,5
р. Шуи Suojoki	10,3	3,09	3,56	2,99	2,51	1,95
р. Суны Sunajoki	7,67	2,36	2,71	2,22	1,85	1,54
р. Водлы Vodlajoki	13,7	4,43	5,2	4,43	3,66	2,54
Онежского озера Ääninen	43,9	14,1	16,3	13,9	11,6	8,74
Ладожского озера Laatokka	32,6	11,7	13,5	11,7	9,89	7,29
Республики Карелия Karjalan Tasavalta	176,5	57	65,4	57	48,6	36,4
В том числе / mukaan laskettuna						
местный сток paikallinen virtaama	155,9	49,7	57	49,7	42,4	31,8
приток ulkopuolinen tulovirtaama	20,6	7,35	8,43	7,36	6,27	4,7

воды природных источников предъявляемым требованиям (см. ниже).

Рассмотренные природные особенности гидрографии и водных ресурсов Карелии в совокупности с обусловливающими их климатическими и геолого-геоморфологическими условиями оказывают заметное влияние на характер развития водного хозяйства республики и наиболее характерные водно-экологические проблемы. Основные результаты этого влияния следующие:

1. Малая водоносность рек обусловливает тяготение наиболее крупных водоемких производств и населенных пунктов к большим водоемам, обладающим значительными запасами водных ресурсов для промышленного и коммунально-бытового водоснабжения, или устьям крупных рек. Соответственно, основные объемы загрязняющих веществ от точечных источников поступают именно в такие водные объекты. Поэтому наиболее загрязнены крупные акватории, непосредственно примыкающие к основным промышленным центрам – Кондопожская, Петрозаводская и Большая губы Онежского оз., Выгозеро и Беломорско-Балтийский канал, северная часть Ладоги, оз. Суоярви. Во многих из этих районов проявляются и признаки антропогенного эвтрофирования, чему способствует и функционирование здесь биологических очистных сооружений.

Следует еще раз отметить, что в целом водообеспеченность Карелии высокая, превосходит среднероссийские показатели и водный фактор не является лимитирующим для развития экономики.

2. Значительное сосредоточенное падение рек на ограниченных участках создает предпосылки для их энергетического использования, а узкие невысокие водоразделы – для привлечения в этих целях стока из соседних бассейнов. Наличие большого числа озер, входящих в озерно-речные системы, позволяет зарегулировать водотоки с меньшими затратами (путем создания озер-водохранилищ). Но в силу низкой водности рек мощность ГЭС невелика (до 180 Мвт), и одна гидроэнергетика не может полностью покрыть энергетические потребности Карелии.

3. Ступенчатость продольного профиля, небольшая протяженность и сильная порожистость рек сводят к минимуму возможности их использования для судоходства. По этим же причинам большинство крупных глубоководных озер отрезаны от основного для республики Беломорско-Балтийского водного пути, и здесь существуют лишь некоторые условия для организации местного каботажного судоходства. В силу этого эпизодические загрязнения нефтепродуктами характерны только для водных объектов, входящих в состав названного выше водного пути (Ладожское и Онежское озера, Беломорско-Балтийский канал, Белое море). Для внутренних водоемов существует

Vygozero järvi, Vienan- ja Itämeren kanava, Laatokan pohjoinen alue sekä Suojärvi. Ihmisten toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta ja rehevöitymistä on havaittu näissä vesistöissä. Alueiden biologisten jätevedenpuhdistamojen toiminta myös aiheuttaa rehevöitymistä.

Vielä kerran korostettakoon, että Karjalan Tasavallan vesivarat ovat varsin suuria ja ylittävät Venäjän keskiarvot, joten vesi ei ole este taloudellisessa kehityksessä.

2. Merkittävät korkeuserot jokiuoman pituusleikkauksissa mahdollistavat energian tuotannon. Sen lisäksi suhteellisesti matalat vedenjakajat sallivat naapurivaluma-alueiden vesivarojen siirtämisen. Lukuisat järvet ovat perustana vesistöjen säännöstelyyn pienilläkin kustannuksilla (kun keinona on tekojärvien perustaminen järvien alueella). Toisaalta jokien pieni virtaama rajoittaa energian tuotantoa. Vesivoimaloiden teho on varsin pieni (alle 180 MegaWt). Vesivoimalat eivät pysty yksinomaan kattamaan kaikkia Tasavallan energiatarpeita.

3. Jokiuomien pituusleikkausten «porrastus», koskipaikat rajoittavat vesiliikennettä minimaalisella tasolla. Samasta syystä monilla suurilla järvillä ei ole yhteyttä Vienan ja Itämeren kanavaan. Pienessä mittakaavassa on toki järjestetty rannikkopurjehdusta. Juuri sen takia vain kanavaan kuuluvia vesistöjä (Laatokka, Ääninen, kanava, Vienan meri) on kuormitettu öljytuotteilla. Liikenneriskit muilla sisävesistöillä liittyvät vain pienen moottorivenekannan kehitykseen.

4. Soiden ja soistuneiden maiden osuus on varsin merkittävä (noin 30 %), pellot taas ovat pieniä ja hajanaisesti sijoittuneita. Sen lisäksi viime vuosina metsää on hakattu tehokkaasti asutuskeskusten ympärillä. Näissä olosuhteissa maatalous- ja metsäojitustoiminta on kehittynyt omaksi kansatalouden alakseen. Kastelutoimintaa ei ole lainkaan. Ojitusvesien purku vaikuttaa negatiivisesti vesistöihin: veden väri ja rautapitoisuus nousee ja kalojen kutupaikat liettyvät.

5. Metsäteollisuuden kehitys ja mahdollisuudet säännöstellä vesistöjen vedenkorkeutta aiheuttivat uittoreittien järjestämisen. Toisaalta uomien pituusleikkausten monimutkaiset ominaisuudet yleensä vaativat mittavia kustannuksia vesirakentamiselle. Uitolla on tietyt vakavat ympäristöseuraukset. Viime vuosien vaikea taloudellinen tilanne on myös osittain syynä siitä, että uittoa ei ole harrastettu enää 10 vuoteen. Uiton ympäristöhaittojen seuraamukset ovat edelleenkin havaittavissa monissa vesistöissä.

6. Karjalan Tasavallan joilla on merkittävä rooli ja arvo vaeltavien lohikalojen kutuvesistöinä. Jokien uomilla on suhteellisen paljon kaltevuutta, mutta

только риск, связанный с развитием там маломерного флота.

4. Высокая увлажненность, широкое распространение болот и заболоченных земель (около 30% территории) в сочетании с небольшими площадями и фрагментарностью естественных сельскохозяйственных угодий и интенсивной вырубкой в прошлые годы лесов в наиболее обжитых районах обусловили широкое развитие лесной и сельскохозяйственной осушительной мелиорации, рассматриваемой нами как отрасль водного хозяйства, при полном отсутствии ирригации. Сброс больших объемов дренажных вод оказывает в ряде случаев негативное влияние на водные объекты, проявляющееся в повышении цветности воды, содержания железа, заилении нерестилищ.

5. Широкое развитие лесного комплекса и возможности зарегулирования рек с помощью плотин в их истоках из озер создают условия для использования водотоков в качестве лесосплавных путей. Но сложный характер продольных профилей и плановых очертаний требует значительных затрат на гидротехническое обустройство русел. Это, а также серьезный ущерб, наносимый лесосплавом водным объектам, и ряд экономических причин привели в последние 10 лет к полному его прекращению. Однако экологические последствия этого вида водопользования проявляются до сих пор на многих озерно-речных системах.

6. Большие удельные падения, порожистость, незначительный твердый сток, сравнительно устойчивый (зарегулированный озерами) водный режим карельских рек определяют их нерестовую ценность для проходных лососевых рыб.

7. Большой озерный фонд, значительная протяженность нерестовых рек, богатство ихтиофауны создают широкие возможности для развития в регионе рыбного хозяйства (промысел, товарное рыбоводство, акклиматизационные работы). Широкое развитие в настоящее время садкового рыбоводства привело к появлению проблемы локального антропогенного эвтрофирования и загрязнения.

8. Огромное разнообразие чрезвычайно живописных и экзотичных водных объектов предопределяет интерес к ним со стороны рекреации, особенно водного туризма, спортивного и любительского рыболовства. Это обусловливает необходимость разработки уже сейчас комплекса природоохранных мероприятий для такого рода деятельности.

9. Большие запасы поверхностных водных ресурсов при относительно небольших подземных обусловливают незначительное использование последних, хотя в настоящее время они привлекают все большее внимание в связи с неудовлетворительным качеством поверхностных вод.

toisaalta jokivirtaamat ovat säännöstelty monilla järviosuuksilla ja joissa on paljon koskia.

7. Lukuisat järvet, jokien suuret kutupaikat ja runsas kalasto mahdollistavat alueemme kalatalouden kehittämisen (kalastus, kalankasvatus, uusien kalojen kotiuttaminen). Lukuisat kalankasvattamot ovat jo aiheuttaneet paikallisia rehevöitymisongelmia.

8. Kauniit maisemat, niiden laaja valikoima ja varsin eksoottiset vesistöt ovat virkistystoiminnan, vesimatkailun, urheilu- ja vapaa-aikakalastuksen kiinnostuksen kohteita. Virkistystoiminnan kehitysohjelman kehittäminen on jo nykypäivän ongelma.

9. Alueella on suuret pintavesistöjen varat ja pohjavesien antoisuus on suhteellisesti pienempi. Vesihuollossa pohjavettä käytetään huomattavasti vähemmän. Toisaalta nykyään pohjavedet kiinnostavat enemmän ja enemmän, koska pintavesistöjen varat ovat jo paikoin tyydyttämättömässä kunnossa.



2.2. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

2.2. PINTAVESISTÖJEN VEDENLAATU

По характеру своего воздействия факторы, определяющие формирование химического состава природных вод, делятся на несколько групп. Характер формирования природных вод зависит от сочетания и последовательности их проявления.

Геологические и климатические особенности Карелии обусловливают специфический «карельский» тип поверхностных вод, которые по своему составу могут приближаться к атмосферным осадкам, к водам центра России или болотным водам. В связи с этим наблюдается весьма широкая вариабельность основных параметров природных вод: pH – от 4,2 до 7,5, сумма ионов – от 5 до 200 мг/л, цветность – от 5 до 300 град. Поверхностные воды Карелии формируются в условиях труднорастворимых коренных пород Балтийского щита и хорошо промытых четвертичных отложений. Региональное распространение характерно для гидрокарбонатных кальциевых вод. Они образуются в результате углекислотного выветривания силикатных и алюмосиликатных пород, причем Ca^{2+} поступает из породы, а HCO_3^- образуется из диоксида углерода воздушного и биохимического происхождения. Только в районах с распространением карбонатных пород (Заонежье) данный тип вод образуется при растворении карбоната кальция. Здесь же наблюдается и наиболее высокая минерализация поверхностных вод (до 200 мг/г при средней величине по Карелии 22 мг/л).

Рельеф представлен в основном среднегрядово-холмистой равниной с присутствием пониженных форм, где замедлен поверхностный сток, увеличена инфильтрация вод в почву. С рельефом местности связана ее заболоченность, обусловливающая специфический состав вод с присутствием значительных количеств гумусовых веществ. Территория Карелии расположена в атлантико-арктической климатической зоне умеренного пояса. Преобладающие воздушные массы с Атлантического океана обусловливают продолжительную относительно теплую зиму, короткое прохладное лето, высокую относительную влажность воздуха и достаточное количество осадков. Минеральные соли, содержащиеся в атмосферных осадках, в той или иной степени оказывают влияние на формирование химического состава поверхностных вод региона. Например, более 50% ионов хлора поступает из атмосферы.

Почвы Карелии сильно выщелочены, в их поглощенный комплекс наряду с Na^+, Ca^{2+} и Mg^{2+} входят ионы водорода, что в свою очередь определяет кислый характер самих почв. Вода, просачиваясь через бедные

Lukuisat tekijät, jotka vaikuttavat luonnontilaisten vesien kemiallisiin koostumuksiin, on jaettu tiettyihin ryhmiin. Eri tekijät vaikuttavat eri aikoina ja myös useimmiten eri tavalla yhdistettyinä.

Karjalan Tasavallan geologiset ja ilmastolliset tekijät ja erikoisominaisuudet ovat muodostaneet ns. «karjalainen» pintavesityypin, joka laadultaan on hyvin lähellä sadevettä ja toisaalta muistuttaa Keski-Venäjän tai suovaluma-alueiden vesistöjen veden laatua. Juuri sen takia luonnontilassa olevien vesistöjen monet laatuarvot vaihtelevat hyvinkin paljon: pH vaihteluväli on 4,2–7,5, suolapitoisuus eli ionien summa vaihtelee 5–200 mg/l, väriluku 5 ja 300 asteen välillä. Karjalan pintavesistöt ovat syntyneet Itämeren kilven huonosti liukenevissa kallio-olosuhteissa. Kvartäärikauden kerrostumat ovat täällä hyvin huuhtoutuneet jo monien vuosien aikana. Hydrokarbonaattia ja kalsiumia sisältäviä vesiä muodostuu paikoin siinä, missä silikaatti- ja alumiinisilikaattimaaperät rapautuvat hiilihappoisessa ympäristössä. Ca^{2+} on peräisin maaperästä ja HCO_3^- muodostuu ilmakehän hiilidioksidista ja myös biokemian prosessin tuloksena. Saman tyyppisiä vesiä kehittyy myös karbonaattikivilajien alueella (Äänisen itärannikon Zaonezje – alue), missä kalsiumkarbonaatti liukenee veteen. Siellä on havaittu pintavesistöjen korkeimmat suolapitoisuudet (ionien summa) eli 200 mg/l, kun Karjalan Tasavallan alueella keskiarvo on 22 mg/l.

Tasavallan topografia vaihtelee selänteiden ja vaarojen välillä, paikoin on matalaa reliefiä, missä tapahtuu vesien suotautumista maaperään. Alueen erikoisuus on maaperän soistuminen, joka aiheuttaa vesistöjen varsin korkeat humuspitoisuudet. Karjalan Tasavalta kuuluu Atlantin ja Arktikan ns. «kohtuulliseen ilmaston vyöhykkeeseen». Atlantin valtameren ilmamassat aiheuttavat pitkän, mutta suhteellisen lämpimän talven, lyhyen ja viileän kesän, korkean ilmankosteuden ja suuren sademäärän. Sadevesien suolat tietyssä määrissä vaikuttavat alueen pintavesistöjen vedenlaatuun. Esimerkiksi 50 % kloorionista on ilmaperäistä.

Karjalan maaperä on tehokkaasti huuhtoutunut ja sen lisäksi Na^+, Ca^{2+} ja Mg^{2+} kompleksiriviin kuuluu myös vetyioni ja sen takia maaperä on useimmiten hapanta. Turpeen, suon ja podsolimaan läpi suotautunut vesi kyllästyy humusorgaanisilla aineilla. Juuri humusaineilla on merkittävä rooli Karjalan Tasavallan pintavesistöjen veden laadun muodostumisessa. Humus, myös CO_2, antavat vedelle agressiivisia omi-

солями торфянистые, болотные или подзолистые почвы, обогащается органическим веществом гумусовой природы. Гумусовые вещества имеют большое значение для формирования химического состава поверхностных вод Карелии. Они наряду с CO_2 придают воде свойства агрессивности к горным породам, не только карбонатным, но и изверженным. Благодаря мощной комплексообразующей способности водный гумус значительно изменяет миграционные характеристики большинства элементов, и в первую очередь металлов.

В целом наиболее характерными особенностями поверхностных вод Карелии являются их низкая минерализация, преобладание гидрокарбонатов и кальция в ионном составе, содержание значительных количеств органического вещества гумусовой природы.

Состав природных вод определяется различными факторами. Для формирования химического состава поверхностных вод имеет значение совокупность этих факторов. В озерах и реках оно происходит в сходных условиях, однако количество химических ингредиентов может существенно различаться. Это связано с тем, что данные водные объекты имеют свои особенности, определяющие их химический состав. К таким особенностям, от которых зависят химический состав речной воды и ее гидрохимический режим, следует отнести быструю смену воды в реке, в результате чего она взаимодействует с породами ограниченное время и формирует состав в самых поверхностных слоях земной коры. Другой особенностью речных вод является сильная зависимость водного режима от климатических и погодных условий, хорошее взаимодействие воды с атмосферой, а также неоднородность их химического состава. От количества выпадающих атмосферных осадков и интенсивности таяния снега зависит характер питания реки, что в свою очередь сказывается на минерализации и составе речных вод. Нельзя не учитывать и интенсивное воздействие на воду растительных и живых организмов.

По этим причинам речные воды отличаются малой минерализацией, быстрой изменчивостью состава под влиянием гидрометеорологических условий и постоянным присутствием в воде газов атмосферного происхождения. Необходимо также в значительной мере учитывать процессы, совершающиеся на водосборной площади.

Химический состав воды озер тесно связан с составом воды притоков и питающих озеро подземных вод. Он определяется всем комплексом физико-географических условий, характеризующих водосбор озера. Особенностью озера в отличие от реки является замедленный водообмен, вследствие чего время пребывания воды в нем значительно дольше, чем в реке. Озера являются аккумуляторами минеральных и органических веществ, циркулирующих в пределах водонаисуuksia ja vesi pystyy liuottamaan karbonaattiaineita, myös kalliosta. Veden humuksella on erittäin tehokas ominaisuus muodostaa kemiallisia komplekseja. Sen myötä humus pystyy muokkaamaan monien aineiden migraatio-, liikkumisominaisuuksia, ennen kaikkea metallien.

Karjalan vesistöjen yleinen ominaisuus on pieni suolapitoisuus. Ionikoostumuksessa on enemmän hydrokarbonaattia ja kalsiumia ja, kuten on jo mainittu, orgaanisia aineita mukaan lukien humusaineita.

Vesistöjen vedenlaatu on monien tekijöiden vaikutusten lopputulos. Järvien ja jokien vedenlaatu kehittyy eri tavalla siitä huolimatta, että olosuhteet tuntuvat välillä samanlaisilta. Joissa veden vaihto tapahtuu huomattavasti nopeammin järviin verrattuna. Jokien vesimassat geologisesti liikkuvat vain ylemmissä maankuoren kerroksissa ja veden ja jokiuoman vuorovaikutus kestää vain rajoitetun ajan. Sen lisäksi jokien vedenlaatu riippuu hyvin paljon ilmasto- ja sääolosuhteista. Sadesummat ja lumen sulaminen määrittävät jokien virtaamat ja sen kautta myös veden suolapitoisuuden ja kemiallisen koostumuksen. Veden eliöstön tehokas toiminta myös vaikuttaa veden laatuun.

Mainituista syistä jokien vedessä on yleensä vähemmän ioneja ja veden laatu nopeasti vaihtelee riippuen hydrologista ja meteorologisista tekijöistä. Jokien vesissä miltei aina on ilmakehän kaasuja. Valuma-alueen prosessit on otettava huomioon veden laadun kehityksessä.

Järvien vedenlaatu myös riippuu siihen laskevien jokien ja pohjavesien laadusta. Koko valuma-alueen fysikaaliset tekijät ja maantieteellinen sijainti vaikuttavat vedenlaatuun. Järvien vedenvaihto ei ole niin nopea kuin jokien. Järvet ovat valuma-alueella kulkevien orgaanisten ja epäorgaanisten varastointipaikkoja. Valuma-alueen muutokset tuovat muutoksia myös järvien kemiaan. Toisin sanoen järvet ovat joko täysin tai melkein suljettuja järjestelmiä. Jokia sen sijan kutsutaan «avoin järjestelmä» -termillä.

Pienen valuma-alueen pienen järven vedenlaatu tietenkin riippuu järveen laskevien jokien vedenlaadusta. Isojen järvien vedenlaatu on monien jokien ja muiden tekijöiden lopputulos. Näin järven vedenvaihtuvuudella on suuri merkitys veden kemiallisen koostumuksen muodostumisessa. Karjalan Tasavallan järvien vedenvaihtuvuus on useimmiten varsin hyvä. Silloin kun järvellä on sisään ja myös ulospäin virtaavia jokia, veden keskisuolapitoisuus on pieni ja sen arvo vastaa jokivesiä. Vesistö, joka on useiden jokien ja järvien ketju, on meidän alueellamme hyvin yleinen ominaisuus. Sellaisen vesistön veden laatu on kaikkien yllä mainittujen tekijöiden vaikutusten tulos. Toisaalta sellaisen vesistön hydrologiset vaihtelut eivät ole niin paljon riippuvia sääolosuhteiden muutoksista.

сбора. Все изменения, происходящие на водосборной площади, отражаются в процессах накопления веществ в озере. Озера являются полузамкнутыми или полностью замкнутыми системами, в отличие от рек, которые относятся к открытым системам.

Ионный состав воды озер генетически связан с питающими их реками. Эта связь особенно четко проявляется на небольших озерах с малым водосбором. В крупных озерах с большими водосборными площадями происходит усреднение индивидуальных гидрохимических особенностей притоков.

Основным фактором, определяющим величину минерализации и химический состав воды озера, является степень его проточности. Для условий Карелии наиболее характерны проточные озера. Поскольку они имеют сток, средняя минерализация их вод невелика и близка к средней минерализации притоков. Другой особенностью региона является образование озерно-речных систем, где цепочка озер соединена протоками. Данное явление оказывает влияние на формирование химического состава вод не только самих озер, но и входящих в систему рек. Режим водотоков в данном случае гораздо меньше зависит от гидрометеорологических условий.

Для поверхностных вод характерна сезонная изменчивость их химического состава. Ее степень зависит от физико-географических условий территории. Наибольшую динамичность и изменчивость состава по сезонам года имеют реки. Химический состав воды озер в меньшей степени зависит от сезона. В меженные периоды, особенно зимой, минерализация поверхностных вод максимальна, в половодье – минимальна. Минерализация во время половодья сильно зависит от того, насколько быстро будет стаивать снежный покров, от его мощности и характера погоды перед выпадением снега. Последнее обстоятельство обусловливает степень промытости почвы и грунтов. Дождевое питание, если оно достаточно интенсивное для того, чтобы создать поверхностный сток, определяет обычно более высокую, чем при снеговом питании, минерализацию вод.

В зимний период, когда подавляющая часть поверхности рек и озер покрыта льдом, формируется особый гидрохимический режим водных объектов. Уменьшается роль притоков, атмосферных осадков, и возрастает доля подземного питания водных объектов, что является причиной увеличения минерализации. Затрудняется прямой контакт с атмосферой, изменяется газовый режим. С одной стороны, при низких температурах увеличивается растворимость газов в воде, особенно диоксида углерода, что приводит к усилению процессов выщелачивания ионов кальция и магния из донных отложений, снижению величины pH. С другой стороны, в результате минерализации органического вещества донных отложений, в придонных

Vuoden aikana pintavesistöjen veden laatu vaihtelee riippuen alueen fysikaalis-maantieteellisistä erilaisuuksista. Jokien vedenlaatu vaihtelee vuoden sisällä eniten järviin verrattuna. Aliveden aikana, varsinkin talvella, pintavesistöjen suolapitoisuus on suurimmillaan ja tulva-aikana taas pienimmillään. Kevättulvien aikana lumikerroksen paksuus ja sulamisen kesto on erittäin tärkeä. Syksyn säätekijöillä ennen lumen tuloa on myös oma vaikutuksensa. Mikäli joki saa enemmän vettä sadevalunnasta, sen suolapitoisuus on yleensä suurempi verrattuna jokeen, joka saa eniten vettä lumen sulamisen aikana.

Talvella joet ja järvet ovat peittyneet jäällä ja silloin erilaiset vesikemian olosuhteet kehittyvät vesistöissä. Sivujokien ja ilmakehän vaikutus pienenee ja pohjavesien vaikutus vahvistuu ionien summan kohentuessa. Veden kaasukoostumus muuttuu, koska jääpeite erottaa vesimassat ilmakehästä. Toisaalta alhaisilla lämpötiloilla kaasujen, varsinkin hiilidioksidin, liukenevuus on suurempi. Sen takia kalsium ja magnesium vapautuvat pohjasedimenteistä ja pH-arvo laskee. Orgaanisten aineiden hajoaminen taas kuluttaa happea. Paikoin happea ei ole lainkaan ja seurauksena on pelkistyneet olosuhteet, jolloin rauta ja mangaani lähtevät liikkeelle sedimenteistä ja rikkivetyä muodostuu veteen.

Tilastotietojen mukaan Karjalan Tasavallan pintavesistöjen ioni-summan keskiarvo on 22 mg/l. Kationeista kalsium on melkein aina hallitseva magnesium-ionin ollessa hyvin harvoin eniten ja natrium-ionia ani harvoin. Kalsiumipitoisuus myös vaihtelee eniten, kun kalium-ionin pitoisuus vaihtelee kaikista ioneista vähiten eli 0,2 ja 1,4 mg/l välillä (keskiarvo on 0,53). Kaikissa vesistöissä alkaalimaaperän metalleja on aina enemmän kuin alkaalimetalleja, mikä on optimaalinen tilanne vesieliöille.

Anioneista on vähiten klorideja (0,4–1,9 mg/l), jotka ovat meriympäristön alkuperää. Klorideja on vedessä kuitenkin 2 kertaa enemmän kuin sadevedessä. Sulfaattien pitoisuus vaihtelee suhteellisen vähän (0,5–8 mg/l). Humuspitoisissa vesissä sulfaattia on hyvin vähän, jopa vähemmän kuin sadevedessä. Suoalueella tapahtuu «sulfaattireduktio» -prosessi, kun suot pidättävät sulfaatteja alueellaan. Karjalan Tasavallan vesistöjen sulfaatit ovat enimmäkseen ilmakehäperäisiä aineita. Tietty osa sulfaatteja pääsee veteen rikkiä sisältävistä maa-aineksista.

Hydrokarbonaattien pitoisuus vaihtelee eniten eli nollasta 200 mg/l:aan ja myös orgaanisten happojen anionit vaihtelevat hyvinkin paljon (alle 0,01–0,4 mmol-eq/l). Useimmiten veden ionien summa nousee hydrokarbonaatti-ionien nousun takia silloin kun kalsiumkarbonaatti- ja magnesium-ionit liukenevat maaperästä, jolloin mineraali-ionien summa on sama kuin hydrokarbonaatti-ionien summa kaksinker-

горизонтах наблюдается активное потребление кислорода вплоть до его отсутствия. Возникают восстановительные условия, способствующие миграции железа и марганца из донных отложений в водную толщу, появлению сероводорода и другими процессам.

На основании статистической обработки имеющихся данных получены средние показатели, характеризующие качество поверхностных вод Карелии. Величина минерализации составляет 22 мг/л. Среди катионов почти во всех водах превалирует кальций, достаточно редки случаи, когда преобладает магний и еще реже – натрий. Наибольшая вариабельность содержания отмечается для кальция, наименьшая – для калия, концентрации которого наименьшие по сравнению с другими катионами и составляют всего 0,2–1,4 мг/л (среднее 0,53). Во всех водах без исключения щелочноземельные металлы превалируют над щелочными, что является оптимальным для существования гидробионтов.

Среди анионов наименьшее содержание отмечено для хлоридов (0,4–1,9 мг/л), что обусловлено их морским происхождением. Их средняя концентрация в поверхностных водах приблизительно в 2 раза больше, чем в атмосферных осадках. Достаточно низкая вариабельность содержания отмечается и для сульфатов (0,5–8 мг/л). Причем наиболее низкие концентрации определены в высокогумифицированных водах, где их содержание меньше, чем в атмосферных осадках, что обусловлено высокой способностью болот удерживать сульфаты в связи с активно протекающей в них сульфатредукцией. В поверхностных водах Карелии сульфаты большей частью имеют атмосферное происхождение, при этом их концентрации находятся на уровне содержания в атмосферных осадках. В то же время они могут быть и «минералогического» происхождения за счет их поступления из серосодержащих пород.

Из всех компонентов ионного состава наибольшая изменчивость характерна для гидрокарбонатов (от их отсутствия до 200 мг/л) и анионов органических кислот (от менее 0,01 до 0,4 ммоль-экв/л). Увеличение минерализации воды обусловлено, главным образом, ростом содержания гидрокарбонатов, т. е. ее увеличение связано с выщелачиванием из пород в первую очередь карбонатов кальция и магния. При этом сумма минеральных ионов равна двукратному количеству гидрокарбонатов. Таким образом, поверхностные воды Карелии отличаются между собой по минеральному составу и прежде всего по их щелочности (содержанию гидрокарбонатов).

Как уже отмечалось, значительная вариабельность наблюдается и для содержания органических анионов, что связано с высокой изменчивостью содержания органических веществ (цветность от 5 до 30 град. и более, перманганатная окисляемость от 2 до 60 мг О/л).

taisena. Voidaan todeta, että Karjalan Tasavallan pintavesistöt poikkeavat toisistaan ionikoostumukseltaan ja alkalisuudeltaan (hydrokarbonaattien pitoisuudeltaan).

Kuten on jo mainittu, orgaanisten aineiden ja ionien pitoisuudet vaihtelevat hyvinkin paljon. Myös väriluku vaihtelee 5 ja 300 asteen välillä ja permanganaattihapettuvuus 2 ja 60 mgO/l välillä. Tasavallan alueella on paljon soita, joista pääsee paljon alloktonisia orgaanisia aineita. Tilastotietojen perusteella voidaan esittää seuraavat 600 vesistön keskiarvot: väriluku on 89 astetta, permanganaattihapettuvuus on 13,4 mgO/l, C_{org} on 10,1 mg/l, bi-kromaattinen hapettuvuus on 23,9 mgO/l. Venäjän luokituksen mukaan keskiarvojen perusteella vesistöt kuuluvat mesohumus- tai mesopolihumusvesistöryhmään.

Karjalan Tasavallan pintavesistöjen rautapitoisuus vaihtelee < 0,01 ja 3,1 mg/l välillä, keskiarvo on 0,59 (n = 597). Muut arvot (Mn, Si, F, NH_4, NO_3, N_{org}) vaihtelevat suhteellisesti vähemmän. pH-arvo vaihtelee varsin paljon, 4,07 ja 8,34 välillä. pH-arvoa määrittelee hydrokarbonaattien ja humusaineiden happo – alkaliini prosessi. Näin pH-arvo riippuu HCO_3^- ja CO_2 pitoisuuksista, myös orgaanisten happojen ja niiden suolayhdisteiden pitoisuudesta. Hiilihappopitoisuus riippuu loppujen lopuksi veden lämpötilasta ja mikäli lämpötila on sama HCO_3^-, $RCOO^-$, ja RCOOH – pitoisuudet määrittävät veden pH-arvon.

Monet tutkijat (Harkevich, Baranov, Kitaev, Lozovik) laativat Karjalan Tasavallan pintavesistöjen vedenlaatuluokituksia. He käyttivät joko erillisiä parametrejä ja arvoja (pH, Σ_{ioni}, väriluku, raudan pitoisuus) tai niiden yhdistelmiä. Eri arvojen yhdistäminen on tarpeeksi vaikea tehtävä, joka ei vielä tänään ole saanut lopullista ratkaisua. Suurin ongelma on eri vedenlaatuparametrien ja -arvojen yhdistäminen. Puhtaasti muodollinen ja kaavamainen lähestymistapa, jopa käyttäen nykytietokonetekniikkaa, ei pysty erottamaan ja järjestämään järkevää määrää vedenlaatuluokkia. Vaikka kuinka hyvin yritetään, saamme todella suuren luokkamäärän. Siitä tulee melkein sama luku kuin eri arvojen ja parametrien yhdistelmä.

Pohjoisten alueiden vesien tutkimuslaitoksessa kehitettiin omaa vedenlaatuluokitusta, jossa myös pyrittiin käyttämään tärkeimpiä arvoja. Luokituksessa otettiin huomioon myös Venäjän juomavedenottamon ja kalataloudelliset normit ja vaatimukset. Vesistöjä luokiteltiin vedenlaadun perusteella seuraavasti: «erinomainen», «hyvä», «tyydyttävä», «huono» ja «oikein huono / pilaantunut». Tietyin määrin vedenlaatuluokitus muistuttaa suomalaista yleiskäyttöluokitusta, vaikka siinä on käytössä omaperäinen arviointimenetelmä ja oma parametriensarja.

Pohjoisten alueiden vesien tutkimuslaitoksen luokitus on tehty erikseen vesistöille, jotka ovat luon-

Последнее обстоятельство связано с высокой заболоченностью территории и выносом в водные объекты органических веществ аллохтонного происхождения. Средние показатели содержания органических веществ при выборке из 600 объектов составляют: цветность – 89 град., ПО – 13,4 мг О/л, $C_{орг.}$ – 10,1 мг/л, БО – 23,9 мг О/л и фактически соответствуют переходным показателям между мезогумозными и мезополигумозными объектами.

Концентрация железа в поверхностных водах Карелии колеблется в пределах < 0,01–3,1 мг/л, среднее значение 0,59 (n = 597). Для остальных показателей (Mn, Si, F, NH_4, NO_3, $N_{орг.}$) вариабельность незначительная. Что касается pH, то его значения меняются в довольно широких пределах, от 4,07 до 8,34, но этот показатель определяется карбонатной и гуматной системами кислотно-основного равновесия, т. е. он зависит от содержания в природных водах HCO_3^-, CO_2, органических кислот и их солей. Поскольку содержание углекислоты детерминируется в конечном итоге температурой воды (в данном случае мы не учитываем изменение концентрации диоксида углерода за счет внутриводоемных процессов), то при одной и той же температуре величина pH будет определяться содержанием HCO_3^-, $RCOO^-$, RCOOH.

Классификация поверхностных вод Карелии осуществлялась неоднократно многими исследователями (Харкевич, Баранов, Китаев, Лозовик). Они проводились по отдельным параметрам (pH, $\Sigma_и$, цветности, содержанию железа) и по их совокупности (Лозовик, 1999). Классификация по совокупности параметров представляет достаточно сложную задачу, и на сегодня она в полной мере не реализована. Основная проблема заключается в «состыковке» между собой параметров вод по отдельным показателям. Чисто формализованный подход даже с использованием современной компьютерной техники не позволяет выделить ограниченное число классов вод, а приводит к достаточно большому их числу, фактически равному числу комбинаций классов по отдельным показателям.

В ИВПС по совокупности параметров с учетом нормативов по использованию воды для питьевого водоснабжения и рыбохозяйственных целей была разработана качественная классификация вод, которые были отнесены к нескольким типам качества: высокому, хорошему, удовлетворительному, низкому, а также загрязненным водам. В определенной степени качественная классификация близка к принятой в Финляндии, хотя в ней используются несколько иной подход и другие критерии оценки качества воды.

В классификации, разработанной в ИВПС, природное качество вод определено для водных объектов, находящихся в естественном состоянии, а также для зарегулированных водоемов и водных объектов, на водосборе которых проводилась лесохозяйственная non tilassa ja myös vesistöille, joiden vedenkorkeus on säännöstelty tai joiden valuma-alueella on tehty metsäparannusojitukset. Vesistöt, jotka ovat jäteveden purkuvesistöjä ja joiden vesissä on mahdollisesti myrkkyaineita, ovat muodostaneet erillisen «pilaantuneet / kuormitetut vesistöt» -ryhmän.

Pintavesistöjen vedenlaatuluokitus on tehty käyttäen seuraavia arvoja: pH, orgaanisten aineiden, raudan, kokonaisfosforin, a-klorofyllin ja hapen pitoisuuksia. Kokonaisfosforin, a-klorofyllin ja hapen pitoisuudet kuvaavat vesistön rehevöitymisen tasoa. Väriluku kuvaa humusaineiden tai, meidän olosuhteissa, orgaanisten aineiden pitoisuutta. Tähän liittyy myös kokonaisraudan pitoisuus. Parametrilla on oma roolinsa, koska tasavallan alueen vesistöissä on hyvin paljon rautaa, mutta toisaalta juomaveden raudan pitoisuudella on alhainen sallittu pitoisuus eli 0,3 mg/l. pH-arvo mahdollistaa seuramaan pintavesistöjen happamoitumisen edistymistä. Kuvalla 2.2 on esitetty Pohjoisten alueiden vesien tutkimuslaitoksen vedenlaatuluokituksen tulokset Karjalan Tasavallan alueella.

«Erinomainen» -luokkaan kuuluvat kaikki vesistöt, joiden humuspitoisuus on pieni, ns. oligohumus-vesistöt, joiden väriluku on alle 40 astetta. Ne ovat karuja vesistöjä, joiden P_{kok} on alle 12 µg/l, a-klorofylli alle 3 µg/l, Fe alle 0,2 mg/l, pH vaihtelee 6,5 ja 8,0 välillä ja hapen kyllästys on 80–105 %.

«Hyvä» -luokkaan kuuluvat ns. mesohumus- ja mesopolihumusvesistöt, joiden väriluku on 30 ja 120 asteen välillä. Ravinnepitoisuudeltaan nämä vesistöt ovat oligo- tai mesotroofisia: P_{kok} on 8–25 µg/l, a-klorofylli on alle 10 µg/l, pH vaihtelee 6,2 ja 8,5 välillä, Fe on 0,1–0,5 (nousee 0,75 mg/l asti mikäli P_{kok} on pieni ja väriluku on alle 120 astetta), happea on 60–120 %.

«Tyydyttävä» -luokkaan kuuluvat kaikki vesistöt, joiden pH on 5,5–6,2, myös rehevät ($30 < P_{kok} < 50$ µg/l, 10 < a-klorofylli < 30 mg/l), riippumatta muista parametreista ja myös ns. polihumusvesistöt, joiden pH > 6,5 ja raudan pitoisuus vaihtelee 0,5 ja 1,5 mg/l välillä, väriluku on alle 200 astetta.

«Huono» -luokkaan kuuluvat kaikki vesistöt, joiden pH < 5,5, riippumatta muista parametreista, myös polihumusvesistöt, joiden pH > 6,5, raudan pitoisuus on > 0,7 mg/l, ja varsin rehevät, Karjalan Tasavallan olosuhteissa, vesistöt: P_{kok} > 40, a-klorofylli on > 30 µg/l).

«Kuormitettu» -luokkaan kuuluvat kaikki vesistöt, tai niiden osuudet, joihin lasketaan jätevedenpäästöt tai teknogeenisten ilmapäästöjen tai maatalouden hajakuormitusten vaikutus on hyninkin selkeä. Näissä vesistöissä on korkeat P_{kok}, BOD, öljytuotteiden, K, Li, raskasmetallien ja muiden kuormitusaineiden pitoisuudet taustatietoihin verrattuna.

мелиорация. Водные объекты, являющиеся приемниками сточных вод, для которых характерно отличие наблюдаемых показателей от природных и возможно загрязнение токсическими веществами, выделяются в отдельную группу загрязненных вод.

Классификация поверхностных вод Карелии выполнена по совокупности показателей: величине pH, содержанию органических веществ, железа, общего фосфора, хлорофилла-*a* и кислорода. Такие параметры, как концентрации общего фосфора, хлорофилла-*a* и кислорода характеризуют трофический статус водного объекта. Цветность воды отражает степень гумозности или содержание органических веществ гумусового происхождения, которые в условиях Карелии обычно составляют основную долю в общем количестве органических веществ водоема. С этим показателем тесно связан и такой, как железо общее. Введение параметра «железо общее» в классификацию связано, с одной стороны, со значительным содержанием этого элемента в водах Карелии, а с другой – довольно низким значением предельно допустимой концентрации железа для питьевых вод – 0,3 мг/л. Величина pH позволяет учитывать характерные для региона процессы закисления поверхностных вод. На рис. 2.2 приведен пример классификации качества вод Республики Карелия, выполненный по методике, разработанной в ИВПС КарНЦ РАН.

К категории *высокого* качества вод отнесены все олигогумозные (цветность до 40 град.) и олиготрофные ($P_{общ}$ до 12 мкг/л, хлорофилл-*a* – до 3 мкг/л) водные объекты с содержанием Fe до 0,2 мг/л, pH – 6,5–8,0 и насыщением воды кислородом 80–105%.

К категории *хорошего* – мезогумозные и мезополигумозные (цветность 30–120 град.), олиго- и мезотрофные ($P_{общ}$ 8–25 мкг/л, хлорофилл-*a* – до 10 мкг/л) с величиной pH 6,2–8,5, содержанием Fe 0,1–0,5 (возможно, до 0,75 мг/л при условии низкого содержания $P_{общ}$ и цветности менее 120 град.), насыщением воды кислородом 60–120%.

К *удовлетворительному* качеству отнесены все водные объекты с величиной pH 5,5–6,2, а также эвтрофные ($30 < P_{общ} < 50$ мкг/л, 10 < хлорофилл-*a* < 30 мкг/л), независимо от остальных показателей, и полигумозные с pH > 6,5, с содержанием железа от 0,5 до 1,5 мг/л и цветностью до 200 град.

К *низкому* отнесены все водные объекты с кислой реакцией (pH < 5,5), независимо от остальных показателей, и полигумозные с pH > 6,5, с содержанием железа более 0,7 мг/л, а также высокоэвтрофные для условий Карелии озера ($P_{общ} > 40$, хлорофилл-*a* > 30 мкг/л).

К *загрязненным* причислены все водные объекты (или участки), являющиеся приемниками сточных вод или же находящиеся в зоне влияния аэротехногенных выбросов или сельскохозяйственных объектов. Для этих водоемов характерно превышение показателей

Kuvattu luokitus poikkeaa suomalaisesta vedenlaatuluokituksesta, joka käsittää kaikki vesistöt. Pohjoisten alueiden vesien tutkimuslaitoksen vedenlaatuluokituksessa on 4 luokkaa, jotka käsittävät luonnontilaisia vesistöjä (erinomainen, hyvä, tyydyttävä ja huono) ja viides luokka käsittelee pilaantuneita tai kuormitettuja vesistöjä. Jätevesien purkuvesistöt siten kuuluvat eri luokkaan, veden laadun yksityiskohtia ei edes täsmennetä, koska jätevesien lähteitä on hyvinkin paljon. Esimerkiksi, mikäli kunnallistekniikan jätevesien vaikutusta ilmennyt mikrobiologisesti, ravinteiden pitoisuudet nousevat ja myös happitilanne muuttuu. Teollisuuden jätevedessä saattaa olla myrkyllisiä aineita, joiden koostumus riippuu tehtaiden tuotannosta.

Luonnontilassa olevien vesistöjen vedenlaatuluokitus perustuu, ennen kaikkea, orgaanisten aineiden ja pH-arvon määrityksiin. Nämä kaksi parametria paljastavat Karjalan Tasavallan vesistöjen erikoispiirteet. Alueen suot ovat syynä orgaanisten aineiden kulkeutumisessa, varsinkin humus- ja fulvohappojen muodossa (taulukko 2.6).

Seurauksena alhaisen alkaliniteetista veden pH-arvo voi olla hieman happaman puolella. Rajatapauksena neutraaleina ja lievästi happamina vesinä pidetään pH 6,0–6,3 välillä olevia vesiä, silloin veden alkaliniteetti on noin 0,05 mmol/l. Sellaiset vesistöt ovat hyvin arkoja happamoitumiselle. Lievästi happamat (pH 5,3–6,3) ja happamat (pH < 5,5) olosuhteet aiheuttavat muuttuvien metallien varastointia vedessä. Vesiorganismeille sellaiset olosuhteet ovat varsin epäsuotuisia olkoonkin happamoittumisen syynä luonto tai ihmisten toiminta. Juuri sellaisissa vesistöissä kaloihin kerääntyy elohopeaa. Sen takia kaikki happamat vesistöt (pH < 5,5 ja alkaliniteetti < 0,01 mmol/l), mm. oligohumus- (väriluku < 35 astetta) ja myös mesopolihumusvesistöt (väriluku on 80–160 astetta) ja polihumusvesistöt (väriluku > 160 astetta) kuuluvat «huono» -vedenlaatuluokkaan. On korostettava, että alueellamme ei ole happamia mesohumusvesistöjä lainkaan. Oligohumusvesistöjen happamoittumisen syynä on teollisuuden toiminnasta johtuvat happamat vesisateet. Sellaiset järvet yleensä sijaitsevat vedenjakajan lähellä ja niiden valuma-alue on suhteellisesti pieni, toisin sanoen nämä järvet saavat suhteellisesti eniten vettä ilmakehästä. Mesohumus- ja polihumustyypin järvet ovat usein suoalueella, niiden happamoitumisen syynä on luonnon toiminta. Kaikki lievästi happamat vesistöt (pH 5,5–6,2), paitsi polihumustyyppiset, kuuluvat «tyydyttävä» -luokkaan, riippumatta orgaanisten aineiden pitoisuudesta. Vesihuollon näkökulmasta kirkkaiden vesistöjen käyttökelpoisuus on parempi kuin humuspitoisten vesistöjen. Tässä tapauksessa otettiin huomioon Venäjän kalatalousnormien vaatimukset (sallittu

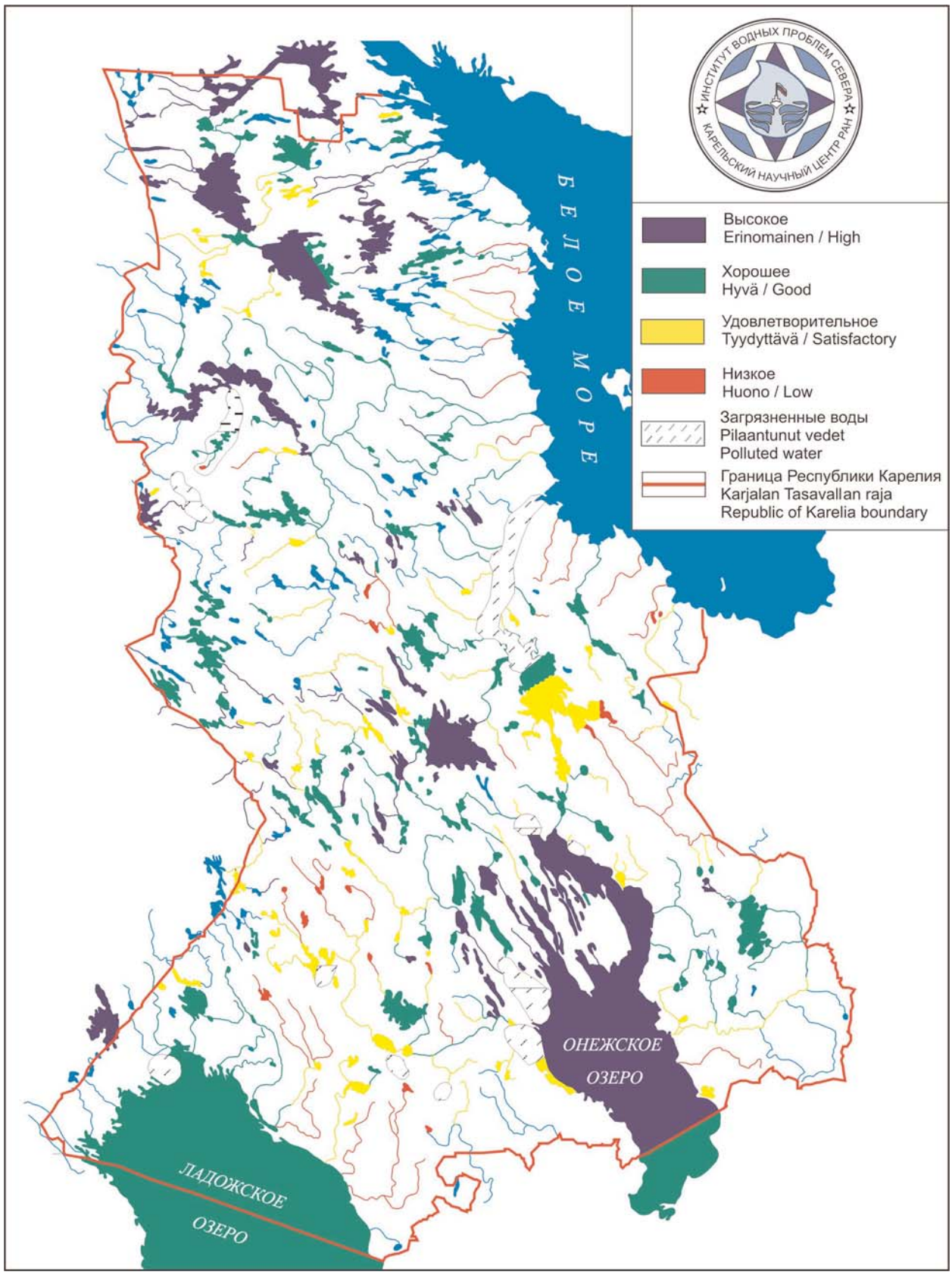


Рис. 2.2. Карта качества поверхностных вод Республики Карелия

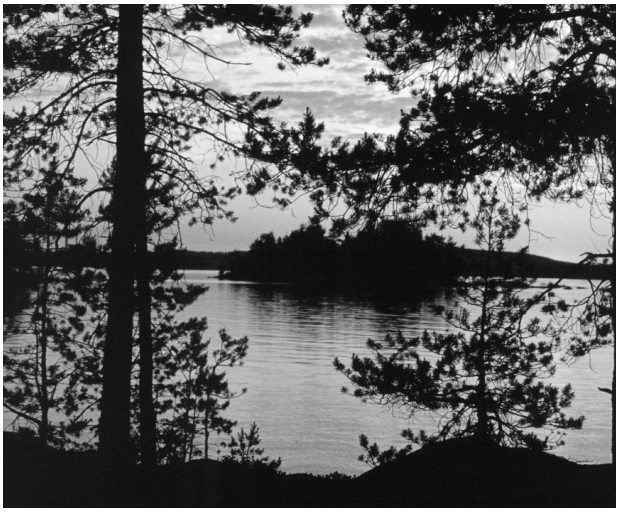
Kuva 2.2. Karjalan Tasavallan vedenlaatuluokitus

($P_{общ}$, БПК, нефтепродуктов, K, Li, тяжелых металлов и др.) по сравнению с фоновыми.

Одно из отличий классификации, принятой в Карелии, от классификации, используемой в Финляндии, в которую включены как природные, так и загрязненные водные объекты – это выделение четырех классов качества природных вод (высокое, хорошее, удовлетворительное и низкое) и одного класса загрязненных вод. Так, водные объекты, являющиеся приемниками сточных вод (в результате чего существенно изменился их естественный гидрохимический режим), выделены в отдельную группу – загрязненные воды – без детализации состава их воды, поскольку в каждом отдельном случае имеется определенная его специфика. Например, при загрязнении хозяйственно-бытовыми сточными водами необходимо прежде всего учитывать наличие патогенной микрофлоры, содержание биогенных элементов и кислородный режим. При загрязнении промышленными сточными водами – наличие токсичных веществ, которые неодинаковы для разных видов сточных вод.

В основу классификации природных вод положены содержание органического вещества и pH воды. Два этих параметра отражают специфику природных вод Карелии. Высокая заболоченность территории приводит к значительному выносу органического вещества, особенно гуминовых и фульвовых кислот (табл. 2.6).

Как следствие этого, при низкой щелочности может наблюдаться кислый характер вод. В качестве граничной области перехода от нейтральных вод к слабокислым взят диапазон pH 6,0–6,3. При этой величине pH щелочность воды составляет около 0,05 ммоль/л. Водные объекты с такой величиной щелочности уязвимы к закислению. Слабокислый (pH 5,3–6,3) и кислый (pH < 5,5) характер вод способствует накоплению лабильных форм металлов в воде и является неблагоприятным фактором для гидробионтов, особенно в закисленных естественным и антропогенным путем озерах. В этих озерах в первую очередь наиболее отрицательным является накопление ртути в рыбе. Поэтому все кислые озера (т. е. с pH < 5,5 и щелочностью < 0,01 ммоль/л), как олигогумозные (цветность < 35 град.), так и мезополигумозные (цветность 80–160 град.) и полигумозные (цветность > 160 град.), отнесены к водам с низким качеством. Следует отметить, что мезогумозных кислых озер нет. Олигогумозные кислые озера закислены антропогенным путем в результате выпадения кислых атмосферных осадков. Эти озера, как правило, находятся на водоразделе рек и характеризуются небольшим удельным водосбором (< 3), т. е. для них существенным является атмосферное питание. Мезополигумозные и полигумозные озера находятся на сильно заболоченной территории, что и обусловливает их естественное закисление. Все озера и водотоки, кроме полигумоз-



pH-arvo on 6,5). Polihumustyypin lievästi happamat vesistöt (väriluku on > 160 astetta, pH < 6,2) kuuluvat «huono» -luokkaan, koska niiden vedessä on yleensä paljon humusperäistä orgaanista ainetta.

Myönnettäköön, että korkean väriluvun vesistöt eivät aina ole lievästi tai oikeasti happamia. Mikäli valuma-alueella on hydrokarbonaattiainesta, vedellä on yleensä korkeat pH-arvot. Sen takia polihumustyypin vesistöt, joiden väriluku on 200 asteeseen asti ja pH > 6,5, kuuluvat «tyydyttävä» -luokkaan.

Silloin kun veden laatu kuuluu joko «erinomainen»- tai «hyvä» -luokkaan, orgaanisten aineiden ja pH-arvon lisäksi on huomioitava myös kokonaisfosforin pitoisuudet. Fosfori on vesistöjen tärkeimpiä ravinteita ja niiden pitoisuudet ovat limnologiassa hyvin suosittuja parametreja. Ravinteiden pitoisuudet merkittävästi määrittävät vesistön tuotannon ja sen trofisen eli rehevöitymisen statuksen. Luonnontilaisen vesistön rehevöitymisen taso vaihtelee karusta tasosta eli oligotrofinen status, mesotrofisen tason kautta rehevään vesistöön (ns. eutrofinen status, korkean tuotannon vesistö). Kun ravinteet pääsevät vesistöön, esimerkiksi jätevesien tai maatalouden toiminnan seurauksena, sen rehevöityminen nopeutuu. Kokonaisfosforin pitoisuudet kuvaavat rehevöitymistä seuraavalla asteikolla:

karu < 12 µg/l;
mesotrofinen / lievästi rehevä 12–25 µ/l;
rehevä 25–50 µg/l;
erittäin rehevä > 50 µg/l.

A-klorofyllin pitoisuus on myös rehevöitymistä kuvaava parametri:

karu alle 3 µg/l;*
mesotrofinen 3–10 µg/l;
rehevä 10–30 µg/l;
erittäin rehevä > 30 µg/l.

* Tämä arvo on viimeaikana täsmennetty, aikaisemmin käytettiin 1 µg/l.

ных, со слабокислой реакцией среды (pH 5,5–6,2) отнесены к водам с удовлетворительным качеством, независимо от содержания ОВ, хотя с точки зрения питьевого водоснабжения кондиция светлых вод выше, чем гумифицированных. В данном случае учитывается рыбохозяйственный аспект – неблагоприятное влияние низких величин pH на популяции рыб. В России установлены ПДК для рыбохозяйственных водоемов ($pH_{пдк}$ = 6,5). Полигумозные слабокислые водные объекты (цветность > 160 град., pH < 6,2) отнесены к низкому качеству, в связи с кислым характером их вод и наличием очень высокого содержания органических веществ гумусной природы.

Следует отметить, что не всегда воды с высокой цветностью имеют слабокислый или кислый характер. При наличии карбонатных пород на водосборе, воды имеют, как правило, высокие значения pH. Поэтому полигумозные водоемы с цветностью до 200 град. и pH > 6,5 отнесены к водам с удовлетворительным качеством.

Для отнесения вод к высокому и хорошему качеству наряду с содержанием ОВ и pH воды следует учитывать концентрацию фосфора общего как основного биогенного элемента, влияющего на трофность водоема. Содержание в воде биогенных элементов – очень важный лимнологический показатель. От их количества в значительной степени зависит продукция в водоеме и определяется его трофический статус. В естественном состоянии уровень трофии может изменяться от олиго- (низкопродуктивных) до мезо- (среднепродуктивных) и эвтрофных (высокопродуктивных). В результате поступления биогенных элементов со сточными водами или в результате смыва с полей усиливается процесс эвтрофирования водоемов. По фосфору общему используется следующая шкала трофности:

олиготрофные	< 12 мкг/л;
мезотрофные	12–25 мкг/л;
эвтрофные	25–50 мкг/л;
высокотрофные	> 50 мкг/л.

Как вспомогательный элемент классификации по трофности, используется содержание хлорофилла-*a*:

олиготрофные	до 3 мкг/л*;
мезотрофные	3–10 мкг/л;
эвтрофные	10–30 мкг/л;
высокоэвтрофные	> 30 мкг/л.

Градация по хлорофиллу-*a* несколько отличается от принятой в Финляндии, но подчеркнем, что она имеет вспомогательный характер, поскольку содержание хлорофилла носит ярко выраженный сезонный характер, а распределение фосфора общего более однородно в течение года, чем хлорофилла. Учитывая трофность, все олиготрофные водоемы при благопри-

* Этот параметр в настоящее время уточнен, ранее указывался 1 мкг/л.

Таблица 2.6. Классификация поверхностных вод Карелии по содержанию органического вещества

Taulukko 2.6. Karjalan Tasavallan pintavesistöjen orgaanisten aineiden arvot

Класс вод	Цветность	ПО, мгО/л	БО, мгО/л
Vesistön luokka	Väriluku	Permanganaattihapettuvuus, mgO/l	Bikromaattinen hapettavuus, mgO/l
Ультраолигогумозные Ultraoligohumus	< 10	< 3	< 4
Олигогумозные Oligohumus	10–30	4–8	7–15
Мезогумозные Mesohumus	35–80	8–15	15–30
Мезополигумозные Mesopolihumus	80–160	15–20	30–50
Полигумозные Polihumus	>160	>30	> 50

Meidän luokituksen a-klorofylli -asteikko hieman poikkeaa suomalaisesta, mutta korostamme, että a-klorofylli on luokitusta täsmentävä, voidaan sanoa tukeva parametri. A-klorofylli pitoisuus vaihtelee vuoden aikana erittäin paljon, enemmän fosforipitoisuuden muutoksiin verrattuna. Mikäli kaikki muut arvot ovat kohdallaan, karu vesistö voidaan sijoittaa «erinomainen» -luokkaan, mesotrofinen «hyvä» -luokkaan, rehevät «tyydyttävä» -luokkaan ja erittäin rehevät «huono» -luokkaan.

Karun ja rehevän vesistön luokituksessa on otettava huomioon happitilanne, koska juuri happipitoisuus on elintärkeä parametri lukuisille eliöille.

Venäjällä hapelle on asetettu kalataloudellinen suurin sallittu pitoisuus (SSP) myös talven aikana (O_{2SSP} = 4,0 mg/l tai 60). Suotuisena happitilanteena pidetään sellaista, kun hapen kyllästys on 80–105. Yleensä kaikissa karuissa ja myös mesotrofisissa vesistöissä on sellainen happitilanne. Hyvä happitilanne on vesistöissä, missä happikyllästys on 60–120. Veden ylihapetusta havaitaan järvissä, joiden rehevöityminen on jo mennyt pitkälle, yleensä jo mesotrofisen statuksen tasolla. Happea on taas liian vähän kasvukauden aikana pohjakerroksissa ja myös talvella (pohjasedimentit kuluttavat happea).

Huonon happitilanteen aikana pintakerrokset ovat ylikyllästyneet ja pohjakerroksissa ei ole happea lainkaan. Ilmiö on tyypillinen rehevissä ja erittäin rehevissä järvissä. Hapen puute pohjan lähellä ja pintakerrosten ylikyllästyminen havaitaan kesän, ns. «stagnaation» aikana. Sekä rehevissä että mesotrofisissa järvissä jääpeitekauden loppuvaiheessa havaitaan vakavaa hapenpuutetta pohjakerroksissa, sillä sedimenttien hajonnassa kuluu paljon happea.

Ottaen huomioon vesistöjen humuspitoisuus, rehevöityminen ja happitilanne, oligohumustyypin vesistöt (väriluku alle 40 astetta) ja myös karut vesistöt (P_{kok} alle 12 µg/l, pH 6,5–8,0, raudan pitoisu-

ятном сочетании всех других показателей можно отнести к водам с высоким качеством, мезотрофные – с хорошим, эвтрофные – с удовлетворительным, высокоэвтрофные – с низким.

При рассмотрении уровня трофии водоема необходимо заметить, что важным аспектом является его кислородный режим – насколько он благоприятен для жизнедеятельности рыб.

В России установлена ПДК по кислороду для рыбохозяйственных водоемов в зимний период ($O_{2ПДК}$ = 4,0 мг/л или 60% насыщения). Наиболее благоприятным кислородным режимом считается такой, когда насыщение воды кислородом составляет 80–105%. Как правило, они характерны для всех олиготрофных олиго- и мезогумозных водных объектов. К водоемам с хорошим кислородным режимом относятся те, в которых насыщение кислородом составляет 60–120%. Перенасыщение воды кислородом связано с повышенной трофностью объекта (обычно это мезотрофные озера). Низкое насыщение кислородом, как правило, наблюдается в придонных слоях в вегетационный период и во время зимней стагнации (вследствие потребления кислорода донными отложениями).

Неблагоприятный кислородный режим характеризуется перенасыщением кислородом поверхностных слоев (на величину до 40%) и его отсутствием в придонных. Указанное явление наблюдается в высокоэвтрофных и эвтрофных озерах. Дефицит O_2 у дна и перенасыщение поверхностных слоев наблюдается в период летней стагнации, а глубокий дефицит у дна – к концу ледостава. Последнее происходит не только в эвтрофных, но и в мезотрофных озерах, где отмечается существенное потребление кислорода донными отложениями.

Поэтому, с учетом как гумозности, так и трофности водоема, особенностей его кислородного режима, к водам высокого качества отнесены все олигогумозные (цветность до 40 град.) олиготрофные ($P_{общ}$ до 12 мкг/л) водные объекты с pH 6,5–8,0, содержанием железа до 0,2 мг/л, хлорофилла-*a* до 3 мкг/л и насыщением O_2 80–105%. К водам хорошего качества отнесены мезогумозные и частично мезополигумозные (цветность 30–120 град.) олиго- и мезотрофные ($P_{общ}$ < 25 мкг/л, Chl-*a* до 10 мкг/л), характеризующиеся величиной pH не менее 6,2 и не более 8,5, содержанием железа до 0,75 мг/л и насыщением O_2 60–120%.

Использование такой характеристики, как содержание железа, носит вспомогательный характер, поскольку его концентрация хорошо коррелирует с содержанием ОВ. В тех случаях, когда по цветности водный объект занимает промежуточное положение, при большом содержании железа его относят к классу с большей гумозностью.

На основании изложенного схема отнесения водного объекта к тому или иному классу качества выглядит следующим образом (табл. 2.7).

us on alle 0,2 mg/l, a-klorofylli alle 3 µg/l ja happea on 80–105 %) luokiteltiin «erinomaiseksi». Mesohumus- ja osittain mesopolihumustyypin vesistöt (väriluku on 30–120 astetta), karut ja mesotrofiset vesistöt (P_{kok} < 25 µg/l, a-klorofylli 10 µg/l) ja mikäli pH on 6,2 ja 8,5 välillä, raudan pitoisuus on alle 0,75 mg/l ja happea 60–120, kuuluvat «hyvä» -luokkaan.

Luokituksessa rautapitoisuudella on muita parametreja tukeva merkitys. Rautapitoisuus on hyvin paljon kiinni orgaanisten aineiden pitoisuuksista. Mikäli väriluku asettuu raja-arvoihin, korkea rautapitoisuus siirtää vesistön korkeimpaan humustyyppiin.

Yllä mainitut vedenlaatuluokitukset voidaan esittää myös taulukkomuodossa (taulukko 2.7).

Luokituksessa on yhteensä 11 vedenlaatutyyppiä. Esimerkiksi, oligohumustyypin karut, pienen väriluvun vesistöt kuuluvat «erinomainen» -luokkaan ja voisivat olla käytössä vesihuollossa ilman merkittäviä rajoituksia ja ehtoja.

On korostettava, että esitetty luokitus kuvaa nimenomaan vedenlaatua. Luokituksen perusteella tuskin voidaan tehdä tarkkoja päätöksiä vesistön tilan kehityksestä. Yksittäisen vesistön vedenlaatuselvitykset vaativat seuranta- ja tutkimustoimintaa eri vuoden aikoina.

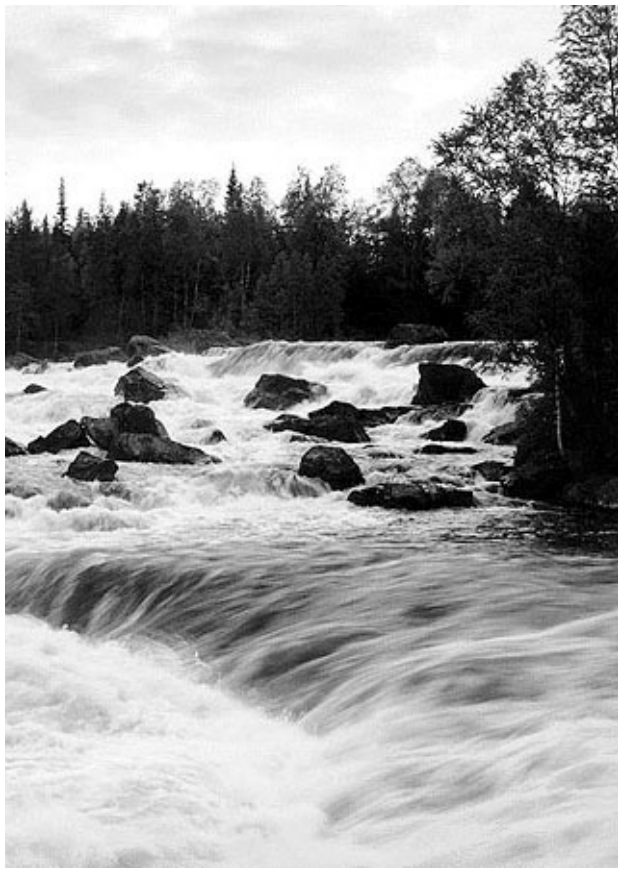


Таблица 2.7. Типизация водных объектов и классы их качества воды

Высокое	Хорошее	Удовлетворительное	Низкое
1. Олигогумозные олиготрофные: Цв. < 40 град., $P_{общ}$ < 12 мкг/л, Chl-*a* < 3 мкг/л, pH 6,5–8,0, щелочность > 0,05 ммоль/л, O_2 – 80–105 %, Fe – до 0,2 мг/л	2. Мезогумозные олиго- и мезотрофные 3. Мезополигумозные, мезотрофные 4. Олигогумозные мезотрофные: Цв. < 30–120 град., $P_{общ}$ < 25 мкг/л, Chl-*a* < 10 мкг/л, 6,2 < pH < 8,5, щелочность > 0,05 ммоль/л, O_2 – 60–120%, Fe – до 0,75 мг/л	5. Слабокислые: 5,5 < pH < 6,2, щелочность < 0,05 ммоль/л, Цв. < 160 град. 6. Эвтрофные: 30 < $P_{общ}$ < 50 мкг/л, 10 < Chl-*a* < 30 мкг/л, 20 < O_2 < 140% 7. Мезополигумозные и полигумозные: pH > 6,5, щелочность > 0,05 ммоль/л, 120 < Цв. < 200 град. 8. Кислороддефицитные озера: $P_{общ}$ < 30 мкг/л, O_2 у дна зимой < 20%	9. Кислые: pH < 5,5, щелочность < 0,01 ммоль/л 10. Полигумозные слабокислые: Цв. > 160 град., pH < 6,2, щелочность < 0,05 ммоль/л 11. Высокоэвтрофные: $P_{общ}$ > 40 мкг/л, Chl-*a* > 30 мкг/л, O_2 – 0–140 %

Taulukko 2.7. Vesistöjen tyypittely ja vedenlaatuluokitus

Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Huono
1.Oligohumustyyppi, karu (oligotrofinen): väriluku < 40 ast, P_{kok} < 12 µg/l, Chl-*a* < 3 µg/l, pH 6,5–8,0, alkaliniteetti > 0,05 mmol/l, O_2 – 80–105 %, Fe – alle 0,2 mg/l	2. Mesohumustyyppi, karu ja lievästi / keskitason rehevä = oligo- ja mesotrofinen vesistö 3. Mesopolihumustyyppi, mesotrofinen vesistö 4. Oligohumustyyppi, mesotrofinen vesistö: väriluku < 30–120 astetta, P_{kok} < 25 µg/l, Chl-*a* < 10 µg/l, 6,2 < pH < 8,5, alkaliniteetti > 0,05 mmol/l, O_2 – 60–120 %, Fe on alle 0,75 mg/l	5. Lievästi happamat vesistöt: 5,5 < pH < 6,2, alkaliniteetti < 0,05 mmol/l, väriluku < 160 astetta. 6. Rehevät vesistöt: 30 < P_{kok} < 50 µg/l, 10 < Chl-*a* < 30 µg/l, 20 < O_2 < 140 % 7. Mesopolihumus- ja polihumustyyppi: pH > 6,5, alkaliniteetti > 0,05 mmol/l, 120 < väriluku < 200 astetta 8. Heikon happitilanteen järvet: P_{kok} < 30 µg/l, O_2 pohjakerroksissa talvella < 20 %	9. Happamat vesistöt: pH < 5,5, alakaliniteetti < 0,01 mmol/l. 10. Polihumustyyppi, lievästi happamat: väriluku > 160 astetta, pH < 6,2, alkalinitetti < 0,05 mmol/l. 11. Erittöin rehevät: P_{kok} > 40 µg/l, Chl-*a* > 30 µg/l, O_2 – 0-140 %

Фактически выделено 11 основных типов вод. Так, к классу вод высокого качества отнесены только олигогумозные олиготрофные водоемы с низкой цветностью и низкой продуктивностью. Эти воды могут быть использованы для водоснабжения без существенных ограничений. К водам с хорошим качеством отнесены мезогумозные олиго- и мезотрофные и мезополигумозные (цветность < 120 град.) мезотрофные водоемы. Удовлетворительное качество характеризует водоемы слабокислые (щелочность < 0,05 и цветность < 160 град.), эвтрофные, мезополи- и полигумозные (цветность > 120 град., щелочность > 0,05), кислороддефицитные (низкое насыщение воды кислородом у дна в зимний период, < 20%). К водам с низким качеством отнесены кислые (щелочность < 0,01 ммоль/л), полигумозные слабокислые (цветность > 160 град., воды, щелочность < 0,05) и высокоэвтрофные ($P_{общ}$ > 40 мкг/л).

Следует отметить, что данная классификация – качественная. По ней вряд ли можно судить об изменении режима водного объекта. Для более достоверной классификации качества вод необходимо проведение сезонных наблюдений на водном объекте.



Классификация качества воды, принятая в Финляндии до введения Европейской водной директивы

В рамках российско-финляндского сотрудничества совместно была выполнена задача интеркалибрации методов классификации поверхностных вод. Для первого этапа сравнения подходов использовались мето-

Suomen vesistöjen vedenlaadun yleisluokitus ennen EU:n vesipuitedirektiiviä

Suomalais-venäläisen yhteistyön puitteissa suoritettiin pintavesistöjen vedenlaadun luokitusmenetelmien vertailua. Ensin tarkastettiin ja luokiteltiin vesistöjä, käyttäen Pohjoisten aluei-

Таблица 2.8. Границы класса показателей качества воды, принятые при оценке общей пригодности поверхностных вод к использованию

Taulukko 2.8. Pintavesistöjen vedenlaadun yleisluokituksen raja-arvoja

Показатель	Arvo		Высокий Erinomainen	Хороший Hyvä	Удовлетворит. Tyydyttävä	Посредств. Välttävä	Плохой Huono
			I	II	III	IV	V
Хлорофилл-*a* (морская вода)	A-klorofylli (merivesi)	µg l	< 4 < 2	< 10 2–4	< 20 4–12	20–50 12–30	> 50 > 30
Общий фосфор (морская вода)	Kokonaisfosfori (merivesi)	µg l	< 12 < 12	< 30 12–20	< 50 20–40	50–100 40–80	> 100 > 80
Прозрачность	Näkösyvyys	m	< 2,5	1–2,5	< 1	–	–
Мутность	Sameus	FTU	< 1,5	> 2,5	–	–	–
Цветность	Väriluku		< 50	50–100 < 200	< 150	> 150	–
Содержание кислорода в поверхностном слое	Happipitoisuus päällysvedessä happiongelmia	%	80–110	80–110	70–120	40–150	Серьезные проблемы с кислородом vakavia
Отсутствие кислорода в придонном слое	Alusveden hapettomuus		Нет Ei	Нет Ei	Иногда бывает Satunnaista esiintyy		Повсеместно Yleistä
Коли-индекс	Hygienian indikaattoribakteerit	kpl /100 мл	< 10	< 50	< 100	< 1000	> 1000
Содержание Hg у хищных рыб	Hg pitoisuus petokalalihassa	mg/kg	–	–	–	–	> 1
As, Cr, Pb	As, Cr, Pb	µg/1	–	–	–	< 50	> 50
Hg	Hg	µg/1	–	–	–	< 2	> 2
Cd	Cd	µg/1	–	–	–	< 5	> 5
Общий цианид	Kok. syaniidi	µg/1	–	–	–	< 50	> 50
Вред от водорослей	Levähaitat		Нет Ei	Иногда повторяется Satunnaisesti toistuvasti		Повсеместно Yleisiä	Обильно Runsaita
Изменения во вкусе рыб	Kalojen makuvirheet		Нет Ei	Нет Ei	Нет Ei	Повсеместно Yleisiä	Повсеместно Yleisiä

Примечание. Цветность < 200 град. – природные высокогумусные воды.

дики, принятые в ИВПС и разработанные в Финляндии до введения Европейской водной директивы. Классификация разработана на основе нормативных показателей, принятых в Финляндии при использовании водоемов в целях рекреации, рыбоводства и как источника питьевого водоснабжения (табл. 2.8).

Ниже приводится описание классов качества воды.

Высокий I

Водный бассейн природный. Водоем прозрачный, слабополигумозный. Наличие водорослей, ограничивающих использование воды, не выявлено. Водоем пригоден для всех форм использования, в том числе и для питьевого водоснабжения.

Хороший II

Водоем почти природный, слабоэвтрофированный, заметно полигумозный. Иногда локально могут присутствовать водоросли. Водоем пригоден для всех форм использования.

Удовлетворительный III

Водоем слабоэвтрофирован в результате поступления сточных вод, рассредоточенной нагрузки загрязняющими веществами или в результате другого антропогенного воздействия. Отмечается повторяющееся вредное воздействие водорослей. Содержание вредных веществ в воде, донных отложениях или бентосных организмах может несколько превышать фоновые природные концентрации. Водоем обычно удовлетво-

den vesistöongelmien tutkimuslaitoksessa kehitettyä luokitusta ja Suomen yleisluokitusta, jota käytettiin ennen EU:n vesipuitedirektiiviä. Suomen yleisluokitus perustuu normi-arvoihin ja sitä käytetään vedenlaadun arvioinnissa virkistys-, kalatalous- ja vesihuoltotehtävissä (taulukko 2.8).

Luokkien tekstikuvaukset on esitetty alempana.

Erinomainen I

Vesialue on luonnontilainen. Vesistö on yleensä karu, kirkas tai lievästi humuspitoinen. Veden käyttöä rajoittavia leväesiintymiä ei ole havaittu. Vesistö soveltuu erittäin hyvin kaikkiin käyttömuotoihin.

Hyvä II

Vesialue on lähes luonnontilainen, mutta lievästi rehevöitynyt tai selvästi humuspitoinen. Paikallisesti rajoittuneita leväesiintymiä voi esiintyä satunnaisesti. Vesistö soveltuu hyvin eri käyttömuotoihin.

Tyydyttävä III

Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan lievästi rehevöittämä tai vedenlaatu on muuten muuttunut. Tähän luokkaan kuuluvat myös luonnostaan huomattavan rehevät tai erittäin humuspitoiset vedet. Levähaittoja voi esiintyä toistuvasti. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä; pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla hieman luonnontilaista arvoista kohonneet. Vesistö soveltuu yleensä tyydyttävästi useimpiin käyttömuotoihin.

рительно подходит для различных целей использования.

Посредственный IV

Водный бассейн эвтрофирован за счет сточных вод, диффузным загрязнением или другой деятельностью. Отмечается повсеместный вред от водорослей, что ограничивает использование воды длительное время. Концентрации вредных веществ в воде, донных отложениях и зообентосе существенно превышают фоновые значения. В водоемах с глинистым грунтом в литоральной зоне значения pH воды могут быть очень низкими в течение значительного периода времени, в результате чего периодически наблюдается смертность рыб при закислении воды. Водоем подходит только для целей использования с низкими требованиями к качеству воды.

Плохой V

На водный бассейн оказывает существенное влияние сброс сточных вод, диффузное загрязнение или другой вид хозяйственной деятельности. Вредное воздействие водорослей весьма распространено, оно часто препятствует использованию воды длительное время. В результате эвтрофирования кислородный режим также может быть нестабильным. Концентрации вредных веществ в воде, донных отложениях и зообентосе могут достигать того уровня, когда появляется реальная опасность для водных организмов и при использовании воды. В водоемах с литоринно-глиняной почвой величины pH могут быть длительное время очень низкими. При этом из-за кислотности наблюдается повторяющаяся гибель рыб. Какой-либо из перечисленных факторов постоянно или временами ограничивает использование воды.

Сравнительная оценка выделения классов вод по методике ИВПС (Россия) и ЦОС (Финляндия)

Сравнительная оценка выделения классов вод по финской методике и методике ИВПС проводилась на примере бассейна р. Шуи: на 98 озерах и по 13 кадастровым рекам, общей протяженностью 645,7 км.

Сравнение результатов классификации водоемов бассейна р. Шуи показало, что в большинстве случаев не выявлено существенных различий. Основное отличие заключается в несколько иной трактовке гумозности вод и, как следствие, отнесение водоема к разным классам качества. Так, в соответствии с финской методикой допускается отнесение естественных гумусных вод с цветностью до 200 град. к водам с хорошим качеством. При этом pH воды во внимание не принимается, хотя кислые воды вряд ли можно считать «хорошими». По методике ИВПС высокоцветные воды (цветность > 120 град.) отнесены либо к удовлетворительному, либо к низкому качеству. Следует отметить, что

Välttävä IV

Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan voimakkaasti rehevöittämä tai vedenlaatu on muuten muuttunut. Levähaitat ovat yleisiä ja saattavat rajoittaa veden käyttöä pitkiä ajanjaksoja. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, pohja-aineksessa tai eliöstössä voivat olla selvästi luonnontilaisia arvoja korkeampia. Litorinasavimaiden vesistöissä pH-arvot voivat olla hetkellisesti hyvin alhaisia ja happamuudesta johtuvia kalakuolemia saattaa ajoittain esiintyä. Vesistö soveltuu yleensä vain sellaisiin käyttötarkoituksiin, joiden vedenlaatuvaatimukset ovat vähäiset.

Huono V

Vesialue on jätevesien, hajakuormituksen tai muun toiminnan pilaama. Levähaitat ovat erittäin yleisiä ja runsaita estäen vesistön käytön usein pitkäksikin aikaa. Rehevyydestä johtuen myös happitilanne voi olla heikko. Haitallisten aineiden pitoisuudet vedessä, sedimentissä tai eliöstössä voivat olla tasolla, josta aiheutuu selvä riski vesistön käytölle tai vesiluonnolle. Litorinasavimaiden vesistöissä pH-arvot voivat olla hyvin alhaisia pitkiä ajanjaksoja, jolloin happamuudesta johtuvia kalakuolemia esiintyy toistuvasti. Vesistön käyttöä rajoittaa pysyvästi tai ajoittain jokin edellä mainituista tekijöistä.

Venäjän Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen luokitusten vertailu

Suomen ja Venäjän vedenlaatuluokitusta käytettiin ja tuloksia vertailtiin Shuja-joen valuma-alueen vesistöjen kohdalla: 98 järviä ja 13 jokirekisterin jokia, joiden yhteinen pituus oli 645,7 km.

Kahden luokituksen tulosten perusteella todettiin, että useimmiten merkittäviä poikkeamia tai eroja ei ollut. Humuspitoisuus ja vastaava tyypittely aiheuttaa yleensä tiettyjä vaikeuksia ja juuri sen takia samat vesistöt joskus sijoitetaan eri vedenlaatuluokkiin. Esimerkiksi Suomen yleisluokituksen mukaan luonnontilaiset vesistöt, joiden väriluku on 200 asteen saakka kuuluvat «hyvä» luokkaan, pH-arvo ei vaikuta luokitukseen, vaikka happamia vesiä tuskin voidaan pitää hyvinä. Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen luokitusmenetelmän mukaan korkean väriluvun vedet (väriluku on > 120 astetta) kuuluvat «tyydyttävä» tai «huono» -luokkaan. Voidaan korostaa, että suomalaisessa luokituksessa pH-arvoa ei käytetä lainkaan, vaikka alueellamme sillä on tärkeä merkitys vedenlaadun arvioinnissa. Mielestämme on syytä käyttää alkaliniteetti-arvoja, koska pH-arvo riippuu hyvin paljon hiilidioksidin pitoisuudesta, johon vaikuttaa lämpötila. Sen takia

в финской методике вообще не используется такой параметр, как pH воды, хотя он является одним из приоритетных показателей состояния вод региона. На наш взгляд, более правомерно использование показателя щелочности, а не pH, так как pH зависит от концентрации углекислого газа, на растворимость которого влияет температура. Поэтому при трактовке степени кислотности среды использовался, наряду с величиной pH, и показатель щелочности воды.

Как было отмечено, водные объекты, подверженные загрязнению сточными водами, относят в отдельную обособленную группу – загрязненные воды. В связи с отсутствием интенсивного загрязнения сточными водами в бассейне р. Шуи сопоставление параметров по группе загрязненных вод не проводилось.

В целом отличий в классах качества природных вод не выявлено, исключение составляют лишь водоемы, находящиеся на границе того или иного класса, но и в этом случае отнесение водного объекта к определенному классу по той или иной классификации – это уже прерогатива эксперта, выполняющего классификацию.

selvitettäessä happamoitumisen vaikutuksia käytämme sekä pH-arvoja että alkaliniteettiä.

Kuten on jo alussa sanottu, jätevesien pilaamat vesistöt kuuluvat venäläisen luokituksen mukaan erilliseen ryhmään – «kuormitetut». Shuja-joen valuma-alueella ei ole suuria jätevesipäästöjä ja sen takia pilaantuneiden tai kuormitettujen vesistöjen luokitusta ei ole suoritettu. Yleisesti todettiin, että luonnontilaisten vesistöjen luokituksessa ei ollut suuria vaikeuksia. Työssämme toki törmättiin niin sanottuihin «rajatapauksiin», jolloin vesistön luokituksen lopulliset päätökset on asiantuntijan tehtävä.

2.3. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.3. PINTAVESISTÖJEN MAHDOLLISUUDET JUOMAVESIHUOLLOSSA

2.3.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Использование природных вод в настоящее время широко и разнообразно. В зависимости от целей использования воды, требования к ее химическому составу различны. Повышенные требования предъявляются к воде, предназначенной для питьевого водоснабжения. Здесь учитываются не только безвредность химического состава и благоприятные органолептические свойства воды, но и гигиенический и радиационный аспекты, направленные на охрану здоровья населения и создание оптимальных санитарных условий для жизни и водопользования.

В настоящее время с целью регламентации и контроля качества вод, используемых для централизованного питьевого водоснабжения, руководствуются санитарными нормами и правилами СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества». В них установлены гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения. Важно знать, что качество питьевой водопровод-

2.3.1. JUOMAVEDENLAADUN VAATIMUKSET

Vesistöjä käytetään varsin paljon eri aloilla ja niistä kaikilla on omat laatuvaatimuksensa. Juomaveden laatuvaatimukset ovat muihin käyttöaloihin verrattuna tiukempia. Juomaveden säteily arvon ja kemiallisen koostumuksen on oltava haitaton ja sen lisäksi veden maku, haju ja muut ns. organoleptiset ominaisuudet eli *ihmisten aistien muuttajien* on pysyttävä hyvinä. Juomavedellä on tärkeä roolinsa ihmisten hygieniassa ja saniteettiolosuhteiden järjestämisessä.

Tällä hetkellä Venäjällä on käytössä SanPiN 2.1.4.1074-01 «Juomavesi. Keskitettyjen vesihuoltoverkostojen hygieeniset laatuvaatimukset. Laadinvalvonta» – normit, jotka määrittävät pintavesistöistä valmistetun juomaveden laadun vesihuollossa. Samoja normeja käytetään valvonnassakin. Normeissa on määrätty myös hygieeniset vaatimukset. On muistettava, että vedenottamon, vesilaitoksen ja verkoston vedenlaadut hyvin usein poikkeavat toisistaan.

Vaatimusten mukaan juomavedessä ei saa olla yhtään tauteja aiheuttavia organismeja. Ei-haitallisia

ной воды часто значительно отличается от качества воды непосредственно в районе водозабора.

Согласно санитарно-гигиеническим требованиям в питьевой воде не должно быть ни одного болезнетворного организма, безвредных допускается не более 50 в 1 мл воды. Вкус и запах воды должны быть не более 2 баллов по пятибалльной системе, мутность – не более 1,5 мг/л по каолину. Цветность не должна превышать 20 град. платиново-кобальтовой шкалы (по согласованию с органами санэпидемнадзора – до 35).

В перечень обобщенных химических показателей качества питьевой воды входят:

– величина pH, которая должна укладываться в пределы 6–9 единиц;

– общая минерализация (сухой остаток), характеризующая содержание минеральных солей и не превышающая 1000 мг/л (по согласованию с органами санэпиднадзора – до 1 500);

– жесткость общая, определяющая суммарную концентрацию ионов кальция и магния – не более 7,0 ммоль/л (по согласованию с органами санэпидемнадзора – до 10);

– перманганатная окисляемость (косвенная характеристика содержания органических веществ) – не более 5,0 мг O/л;

– нефтепродукты, концентрация которых не должна превышать 0,1 мг/л;

– анионоактивные поверхностно-активные вещества – не более 0,5 мг/л;

– фенольный индекс – до 0,25 мг/л.

В существующих нормативах установлены требования к питьевым водам по общей α- и β-радиоактивности, а также по перечню неорганических и органических веществ, характеризующих содержание в воде различных примесей, в том числе и токсических веществ. Из них выделим допустимые концентрации суммарного железа – 0,3 мг/л (до 1,0 мг/л по согласованию с органами санэпидемнадзора), марганца – 0,1 (0,5) мг/л, а также фторидов (1,5 мг/л для 1-го и 2-го климатических поясов, 1,2 – для 3-го).

Как уже упоминалось, поверхностные воды Карелии характеризуются очень низкой минерализацией (до 100 мг/л, в отдельных водоемах – до 200 мг/л), а величина общей жесткости не превышает 1,2 ммоль/л. По этим показателям они соответствуют принятым нормативам, хотя оптимальными для человека являются более высокие показатели минерализации (до 300–400 мг/л). Величина pH в большинстве водоемов и водотоков укладывается в пределы 6–9. Наиболее «проблемный» показатель – цветность воды. В настоящее время в Карелии почти во всех существующих поверхностных источниках водоснабжения наблюдается превышение ПДК по этому показателю, а также тесно связанной с ним перманганатной окисляемости. Цветность воды обусловлена присутствием в ней органических веществ гумусового происхождения.

Kuten on jo mainittu, Karjalan Tasavallan pintavesistöjen vedessä on hyvin vähän eri suoloja eli veden mineraaliainespitoisuus on yleensä alle 100 mg/l ja vain joissakin vesistöissä 200 mg/l kovuuden ollessa alle 1,2 mmol/l. Näiden parametrien mukaan pintavesistöt vastaavat vaatimuksia, vaikka ihmisten optimaalinen mineraaliainespitoisuustaso on 300–400 mg/l. Vesistöjen pH-arvo on myös vaatimusrajojen sisällä eli 6 ja 9 välillä. Ongelmallinen parametri on veden väri. Nykyään melkein kaikissa Karjalan pintavesistöissä, joita käytetään raakaveden lähteinä, väriluku ja permanganaatin kulutus ylittävät vaatimustason. Syynä ovat humusaineet, jotka ovat orgaanisia aineita ja nostavat myös värilukua. Humusaineilla on hyvä kompleksimuodostuskyky eli humus muodostaa raudan, mangaanin ja monien muiden metallien kanssa kestävät kompleksit. Vedessä, jonka väriluku on korkea, yleensä raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat myös korkeat ja ylittävät vaatimustason.

Vesihuoltolaitoksilla pintavesistöjen raakavettä käsitellään aluminiumin suoloilla, pH nostetaan ja käytetään suodatusta ja desinfiointia.

Venäjän ja EU-maiden juomaveden laatuvaatimusten vertailu on esitetty taulukossa 2.9. EU GL (European Union of GuideLine) sarakkeessa on esitetty vesihuoltolaitoksen veden muuttujat ja rajasaa olla enintään 50 kpl 1 ml:ssa. Maun ja hajun on oltava 5 pisteen asteikolla 2 pistearvon tasolla (ei enempää), sameus ei enempää kuin 1,5 mg/l kaoliinin asteikolla. Väriluku ei voi ylittää 20 astetta platina-koboltti -asteikolla (terveysviranomaisten erikoisluvalla 35 asti)

Sen lisäksi juomaveden muuttujat ovat:

– pH-arvo vaihtelee 6–9 sisällä,

– mineraalisaation (kuiva jäännös), joka kuvaa mineraaliaineiden pitoisuutta, on oltava alle 1000 mg/l,

– kovuus eli kalsiumin ja magnesiumin ionien summa ei voi ylittää 7,0 mmol/l,

– kaliumpermanganaatin kulutus, joka kuvaa orgaanisten aineiden määrää, on enintään 5,0 mg O_2/l,

– öljytuotteiden pitoisuus on korkeintaan 0,1 mg/l,

– anioni-pinta-aktiiviset aineet – 0,5 mg/l,

– fenoli-indeksi 0,25 mg/l.

Nykyvaatimuksissa on määrätty α- ja β-radioaktiivisuus, epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden luettelo, joka kuvaa epäpuhtauksia ja mm. myrkkyaineita. Niistä voidaan ottaa korostetusti esille seuraavat sallitut pitoisuudet: kokonaisrauta 0,3 mg/l (terveysviranomaisten erikoisluvalla 1,0 mg/l asti), mangaani 0,1 (0,5) mg/l ja fluoridit (1,5 mg/l I:n ja II:n ilmastovyöhykkeiden alueilla ja 1,2 mg/l III:n ilmastovyöhykkeen alueella).

нических веществ гумусового происхождения. Гумусовые вещества обладают хорошей комплексообразующей способностью и образуют с железом, марганцем и многими другими металлами прочные комплексные соединения. Поэтому для высокоцветных вод характерно высокое содержание железа и марганца, которое также часто превышает ПДК.

Таким образом, большинство поверхностных источников централизованного водоснабжения требует проведения реагентной очистки солями алюминия после подщелачивания, фильтрования и последующего обеззараживания.

Сравнение требований к качеству питьевой воды в России и странах Европейского Сообщества представлено в табл. 2.9. В графе EU GL (European Union of Guideline) представлены значения или пределы для предприятий водоснабжения. В графе MAC (Maximum Admissible Concentration) даны показатели, являющиеся максимальной разрешенной концентрацией или предельно допустимым содержанием. В отдельных государствах существуют свои более жесткие нормы. В России постоянно ведутся работы по гармонизации гигиенических нормативов. Понятие гармонизации определяется как сравнительный анализ степени полноты, надежности и достоверности исходных материалов, лежащих в основе ПДК одних и тех же веществ в России и за рубежом, с учетом соответствия и особенностей отечественной и зарубежной методологий их обоснований (Егорова и др., 2005). Скорректированные гигиенические нормативы веществ в воде включены в документ, утвержденный Министерством здравоохранения РФ Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Наиболее существенными проблемами, в соответствии с европейскими стандартами качества воды, в Республике Карелия являются высокий показатель цветности (часто выше 100 град.), высокий показатель химической окисляемости (органические вещества, близкие к гумусу), низкое значение pH (обычно ниже 7), высокое содержание железа и часто марганца. Качество водопроводной воды, согласно европейским нормативам, нельзя считать удовлетворительным.

В некоторых случаях вода может быть опасной для здоровья потребителей из-за содержания вредных неорганических и органических веществ или болезнетворных организмов. Вода может быть источником распространения многих заболеваний. Вследствие развития технических средств анализа и очистки воды, а также медицины, обнаруживаются все новые химические факторы риска, связанные с питьевой водой, и возбудители заболеваний, передающиеся непосредственно через воду. Часто обнаруживаемыми

arvot. MAC (Maximum Admissible Concentration) sarakkeessa on esitetty suurimmat sallitut pitoisuudet. Joissakin maissa on käytössä omat tiukemmat normit. Venäjällä koko ajan pyritään harmonisoimaan juomaveden laatuvaatimuksia. Toisin sanoen eri maiden vaatimuksia analysoidaan ja etsitään luotettavia muuttujia, joiden avulla vedenlaatua voitaisi arvioida monipuolisesti. Seurataan myös vesikemian ulkomaalaisten ja kotimaisten menetelmien kehitystä ja selvitetään omaperäiset erikoisuudet (Егорова и др., 2005). Venäjän Federaation terveysministeriö on hyväksynyt «Vesihuollon ja raakaveden suurimmat sallitut pitoisuudet (SSP)»- ns. hygieenisen normiston uusi versio GN 2.1.5.1315-03.

Eurooppalaisten standardien mukaan Karjalan Tasavallan vesihuollon suurimmat vaikeudet ja ongelmat ovat seuraavat: korkea väriluku (hyvin usein > 100 astetta), kemiallisen hapettuvuuden korkeat arvot (orgaaniset aineet, mm. humusperäiset), alhainen pH-arvo (yleensä alle 7), raudan, ja hyvinkin usein, mangaanin korkea pitoisuus. Eurooppalaisten normien mukaan juomaveden laatua ei voi pitää tyydyttävänä.

Joissakin tapauksissa juomavesi voi olla vaarallista kuluttajille haitallisten epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden ja tauteja aiheuttavien eliöiden takia. Varsin paljon taudit voivat levittäytyä veden kautta. Uusien vesikemian menetelmien ja lääketieteen kehityksen myötä vedestä määritetään uudet riskitekijät ja tautien aiheuttajat. Jotkut uudet bakteerit kestävät kloorin käsittelyä, esimerkiksi Chryptosporodium.

Vedenottamoa lähellä olevilla teollisuuslaitoksilla on myös riskinsä juomaveden valmistusprosessissa. Maaseudulla nitraatti on juomavedelle riskitekijä, sillä se aiheuttaa metemoblobinemiaa, varsinkin pienille lapsille. Nykyisin vakavana pidetään myös myrkyllisten kadmiumin, lyijyn ja radioaktiivisten aineiden varastoitumista elimistöön. Itsessään juomaveden valmistusprosessi on myös vaaran lähde. Kemikaalien syöttölaitteiden vian aikana juomaveden kuluttajat ovat tai voivat joutua suureen vaaratilanteeseen. Vedessä viihtyviä tautia aiheuttavia viruksia, bakteereita ja yksinkertaisia eliöitä leviää erittäin nopeasti, räjähdysmäisesti ja lopputuloksena voi olla epidemiatilanne. Juuri sen takia mikro-organismeja pidetään jopa vaarallisempana kuin vedessä olevia haitallisia aineita. Veden kautta leviävien tautien joukossa mahataudit ovat vaarallisimpia, mm. koleratapauksia edelleenkin havaitaan eri puolilla maailmaa.

Hyvä raakaveden laatu, myös sen suodatus ja kloorikäsittely pienentävät tautien riskejä. Siitä huolimatta viimeaikoina maailmassa on puhjennut epidemioita, joiden syynä on puutteet juomaveden

Таблица 2.9. Некоторые требования к качеству питьевой воды в России и странах ЕС

Taulukko 2.9. Venäjän ja EU-maiden juomaveden laatuvaatimukset

Показатели	Arvot	Единицы измерения	Yksikkö	Россия Venäjä	Допустимые пределы для предприятий водоснабжения EU:n vesihuollon raja-arvot	Предельно допустимое содержание EU:n Suurin sallittu pitoisuus
pH	pH			6–9	6,5–8,5	
Запах при 20 °C при 60 °C	Haju 20 °C 60 °C	баллы	pisteet	2 2		
Порог запаха при 12 °C при 25 °C	Hajun kynnys 12 °C 25 °C				0	2 3
Вкус	Maku	баллы	pisteet	2		
Порог вкуса при 12 °C при 25 °C	Makukynnys 12 °C 25 °C				0	2 3
Цветность	Väriluku	градусы		20	1	20
Мутность[1)]	Sameus[1)]	мг/л	mg/l	1,5		
		FNU	FNU		0,4	4
Перманганатная окисляемость	Permanganaatti-hapettuvuus	мг O/л	mg O/l	5	2	5
Общая жесткость	Kok. kovuus	мг-экв/л	mg-eq/l	7,0		
Общая минерализация (сухой остаток)	Kuivajäännös	мг/л	mg/l	1000		
Аммиачный азот, NH_4-N	Ammoniakkityppi, NH_4-N	мг/л	mg/l		0,4	
Аммиак, NH_4	Ammoniakki, NH_4	мг/л	mg/l		0,5	
Нитратный азот, NO_3-N	Nitraattityppi, NO_3-N	мг/л	mg/l		6	
Нитраты, NO_3	Nitraatit, NO_3	мг/л	mg/l	45	25	
Нитритный азот, NO^2-N	Nitriittityppi, NO^2-N	мг/л	mg/l		0,03	
Нитриты, NO^2	Nitriitit, NO^2	мг/л	mg/l		0,1	
Кальций, Ca	Kalsium, Ca	мг/л	mg/l		100	
Магний, Mg	Magnesium, Mg	мг/л	mg/l		30	
Сульфаты, SO_4	Sulfaatit, SO_4	мг/л	mg/l	500	25	250
Хлориды, Cl	Kloridit, Cl	мг/л	mg/l	350	25	
Железо, Fe	Rauta, Fe	мг/л	mg/l	0,3	0,05	0,2
Марганец, Mn	Mangaani, Mn	мг/л	mg/l	0,1	0,02	0,05
Фториды[2)] при 8–12 °C при 25–30 °C	Fluoridit[2)] 8–12 °C 25–30°C			1,5		1,5 0,7
Мышьяк, As	Arsenikki, As	мг/л	mg/l	0,01		0,05
Бериллий, Be	Beryllium, Be	мг/л	mg/l	0,0002		
Медь, Cu	Kupari, Cu	мг/л	mg/l	1,0	0,1[3)]	
		мг/л	mg/l		3,0[4)]	
Свинец, Pb	Lyijy, Pb	мг/л	mg/l	0,03		0,05[5)]
Молибден, Mo	Molybdeeni, Mo	мг/л	mg/l	0,25		
Селен, Se	Seleni, Se	мг/л	mg/l	0,01		0,01
Стронций, Sr	Strontium, Sr	мг/л	mg/l	7,0		
Цинк, Zn	Sinkki, Zn	мг/л	mg/l	5,0	0,1[3)]	
					5,0[4)]	

Примечание. 1) 1 мг/л = 1,73 FNU (FNU = FTU = единица Джексона); 2) максимальное содержание фтора зависит от температурного режима местности; 3) вода со станции водоподготовки; 4) в водопроводной сети через 12 часов или при взятии воды потребителем; 5) в текущей воде.

Selitykset. 1) 1 mg/l = 1,73 FNU (FNU = FTU = Formazin Turbitidy Units); 2) Fluorin enimmäispitoisuus riippuu lämpötilasta; 3) Vesilaitoksella; 4) Verkostossa 12 tunnin päästä tai kuluttajan kohdalla; 5) juoksevassa vedessä.

являются антимон и устойчивые к воздействию хлора бактерии Chryptosporodium.

Источниками риска для исходной воды являются промышленные предприятия, расположенные недалеко от водозабора. На территориях сельскохозяйственных угодий фактором риска для здоровья являются нитраты, попадающие в хозяйственную воду, которые вызывают особенно у маленьких детей метемоблобинемию. Наиболее серьезную проблему

valmistusprosessissa. Epidemioiden syynä ovat olleet yksinkertaiset eliöt – Giardia lamblia tai Salmonella bakteerit, joissakin tapauksissa myös virukset, esim. hepatiittivirukset. Paikallisella tasolla tautien leviämistä rekisteröitiin myös Karjalan Tasavallan alueella. Vuonna 1996 maaliskuussa Porosozero-taajamassa havaittiin hepatiiti-A epidemia, jolloin 150 ihmistä sairastui. Syynä oli viemärivesien pääsy vedenottamon raakaveteen.

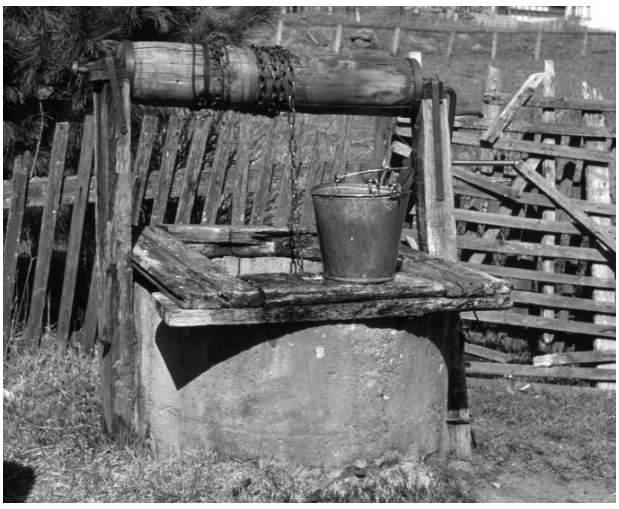
создают накапливающиеся в тканях токсические вещества медленного действия, такие как кадмий, свинец и радиоактивные элементы. С процессом очистки воды связан риск подачи увеличенных доз химических реагентов, например, при повреждении подающих дозаторных устройств. В таком случае все население, потребляющее водопроводную воду, подвергается опасному воздействию. Распространяющиеся через воду болезнетворные вирусы, бактерии и простейшие организмы могут возникать внезапно и быстро, взрывоподобно и вызывать обширные эпидемии. По этой причине они относятся к классу более серьезных факторов риска для здоровья, чем вредные химические вещества, содержащиеся в воде. Наиболее серьезные заболевания, распространяющиеся через воду – кишечные, в том числе холера, которые все еще возникают во многих районах мира.

Известно, что хорошее качество исходной воды, фильтрование и хлорирование эффективно снижают риск возникновения болезней, распространяющихся через воду. Однако вследствие недостаточной очистки воды эпидемии возникают и в настоящее время во многих частях мира. Эпидемии, прошедшие за последнее время, часто были связаны с простейшими организмами – Giardia lamblia, бактериями – Salmonella и различными вирусами, такими как вирус гепатита. Отмечены локальные вспышки заболеваний, распространяющихся через воду, и на территории Карелии. В частности, в марте 1996 г. в пос. Поросозеро Суоярвского района возникла эпидемия гепатита А, при которой заболело 150 человек. Причиной было попадание канализационных сточных вод в результате утечки в источник, из которого берется питьевая вода.

Следует также отметить, что безвредные органические соединения, присутствующие в исходной воде, могут трансформироваться при ее хлорировании в опасные органические хлорсодержащие вещества, часть из которых, как считается, является мутагенной и может вызывать раковые заболевания. Такие органические вещества представлены в поверхностных водах Карелии обычными гумусовыми веществами, а также некоторыми соединениями, находящимися в сточных водах предприятий деревообрабатывающей промышленности. Показатели мутагенности воды, используемой для хозяйственных нужд и прошедшей водоподготовку в Финляндии, где содержание гумуса в поверхностных водах также очень высокое, снизились от наивысших в 1970 г. (среднее значение примерно 3000 единиц по тесту AMES) на одну треть за счет перехода на более эффективный процесс очистки, а также прежде всего из-за замены предварительного хлорирования на вторичное. Тот факт, что уровень мутагенности

On korostettava, että harmittomia orgaanisia aineita kloorin käsittelyn aikana muuttuu vaaralliseksi klooriorgaaniseksi aineeksi. Nykyään sellaisia aineita pidetään mutageenisina, jotka aiheuttavat syöpää. Humus ja jotkut metsäteollisuuden jätevesien aineet muodostavat juuri mainittuja yhdisteitä. Suomen juoma- ja talousveden mutageenisuus on laskenut vuoden 1970 huippulukemista noin kolmanneksella (AMES-testin keskiarvo on noin 3000), vaikka sielläkin raakavesi sisältää paljon humusta. Suomessa pyritään ja otetaan käyttöön nykyisiä, entistä tehokkaampia käsittelyprosesseja, esikloorausta korvataan jälkikloorauksella. Talousveden käytön syöpäriski oli tilastollisesti vahvistettu Suomen olosuhteissa 120 uuden syöpätapauksen perusteella vuodessa. Eniten on havaittu virtsarakon, paksusuolen, munuaisten, maksan, haiman syöpä ja Non-Hodgin lymfooma. Vuonna 1991 USA:n ympäristöviranomainen EPA myös ilmoitti klooratun juomaveden syöpäriskin lievästä noususta.

Vaikka käsitellyllä juomavedellä toki on syöpävaara, on otettava huomioon, että riski on pienempi verrattuna tilanteeseen kun juomavettä käsitellään saniteettisesti ja hygieenisesti puutteellisesti. Esimerkiksi joissakin maissa Keski- ja Etelä-Amerikassa luovuttiin juomaveden kloorauksesta. Sen jälkeen 300 000 ihmistä sairastui suuren koleraepidemian aikana, suurin osa niistä Perussa. Karjalan Tasavallan joidenkin taajamien juomavesinäytteissä mutageenisuus on kohonnut (1500 ja 16000 yksikön välillä). Syynä on runsaasti humusta sisältävän raakaveden suuret klooriannokset käsittelyn aikana. Pahimmat tapaukset tässä yhteydessä on havaittu Pudozh-kaupungissa, Karhumäessä ja Kostamuksessa, missä mutageenisuusarvo oli 8000 yksikköä ja enemmänkin.



Вот такие колодцы пока еще есть в Карелии: недостаточно обустроенные незащищенные от внешних воздействий

хозяйственной воды в Финляндии обусловливал риск возникновения рака, был статистически доказан на 120 новых случаях заболевания в год. Наиболее распространенными были заболевания раком мочевого пузыря, толстой кишки, почек, печени, поджелудочной железы, а также Нон-Ходг лимфома. Отметим, что в 1991 г. Учреждение по Окружающей среде EPA в США сообщило о небольшом росте риска возникновения рака в результате хлорирования воды.

Хотя такая вода и вызывает четкое возрастание риска возникновения рака, необходимо учесть, что он является меньшим по сравнению с риском опасных болезней, возникающим в результате употребления воды при недостаточном ее санитарно-гигиеническом качестве. Так, в отдельных странах Центральной и Южной Америки на некоторых станциях водоподготовки отказались от хлорирования питьевой воды, что привело к возникновению крупных эпидемий холеры – более 300 000 заболевших, в основном в Перу.

Отдельные пробы водопроводной воды, отобранные в некоторых населенных пунктах Карелии, имеют высокие показатели мутагенности (от 1 500 до 16 000 единиц). Причиной этого является сильное хлорирование гумифицированной воды. С точки зрения мутагенности наиболее сложное положение в Пудоже, Медвежьегорске, Кеми и Костомукше, где значение индекса мутагенности на время отбора проб составляло 8000 единиц и более.



2.3.2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Термин «питьевое водопотребление» относится к воде, расходуемой на питьевые нужды населения. Однако обычно оперируют более широким понятием, таким как «водопотребление населения и коммунально-бытовых предприятий» или кратко «коммунально-бытовое водопотребление». Именно объем коммунально-бытового водопотребления, включающий среди прочего питьевое водопотребление, подвергается измерению и учету в водном хозяйстве. Отдельно объем питьевого водоснабжения, как правило, не измеряется. В связи с этим далее вместо питьевого водопотребления будем рассматривать именно коммунально-бытовое водопотребление.

Кроме того, необходимо отметить, что в настоящем разделе оценивается объем только организованного водопотребления, т. е. обеспечиваемый водопотребителями, производящими отбор воды с применением технических средств. Таким образом, не учитываются водопотребители (расположенные преимущественно в сельской местности), осущест-

2.3.2. NYKYINEN JUOMAVESIHUOLTO

Termillä «juomavesihuolto» kuvataan vesiä, joita käytetään väestön juomatarpeisiin. Hyvin usein, kuitenkin, käytetään «yhdyskunnan talousvesihuolto» – termiä, koska juomavettä käytetään moniin tarkoituksiin. Talousveden kulutusta myös mitataan ja valvotaan. Erikseen juomaveden määrää ei mitata. Jatkossa juomavedellä tarkoitetaan nimenomaan talousvettä.

Sen lisäksi on korostettava, että tilasto kattaa vain ns. «järjestetyt vedenkäyttäjät» eli sellaiset, jotka ovat vesihuoltoverkoston asiakkaita. Esimerkiksi maaseudun vedenkäyttäjät, jotka ottavat vettä suoraan vesistöistä, lähteistä tai kaivoista, ei ole huomioitu tilastossa.

Arviossamme käytettiin «2TP (vodhoz)» – vesitalouslomakkeiden tietoja. Laitokset, jotka käyttävät enemmän kuin 1000 m^3/vuosi, raportoivat näiden lomakkeiden avulla viranomaisille vedenkulutuksestaan. Sen lisäksi käytimme «1-vodoprovod – vesijohto» -lomakkeiden tietoja eli sellaisten laitosten

вляющие отбор воды без их применения из рек, озер, родников, колодцев и пр.

Для расчетов использовались данные статистической отчетности по форме «2-тп (водхоз)», предоставляемые водопользователями с суммарным водопотреблением не менее 1000 м³/год, а также по форме «1-водопровод», предоставляемые предприятиями, отпускающими воду населению или коммунально-бытовым организациям. К сожалению, располагаемая информация отличается неполнотой (водопользователи не всегда предоставляют необходимые отчеты) и неточностью. Неточность данных вызвана отсутствием водомерного оборудования на многих водозаборах. Оценку объема поданной в сеть воды в таких случаях обычно выполняют по производительности насосов или нормативам.

Рассматриваемое далее коммунально-бытовое водопотребление включает потребности в воде:

– населения, использующего ее для питья и хозяйственных нужд в жилых зданиях, на предприятиях, в различных общественных учреждениях и организациях;

– учебных заведений (школ, интернатов, техникумов, институтов и т. д.), детских учреждений (детских садов и ясель, детских домов, лагерей отдыха), лечебных учреждений (больниц, поликлиник, медпунктов, санаториев, домов отдыха и т. д.), торговых, спортивных, зрелищных предприятий, предприятий социального обеспечения (домов престарелых и инвалидов), предприятий коммунального хозяйства, службы быта, общественного питания;

– организаций внешнего благоустройства городов и поселков, осуществляющих полив и мытье улиц, уход за зелеными насаждениями и т. д.;

– пожарной службы.

Как указывалось выше, общее водопотребление в республике составляет 213,5 млн м³/год. Из них треть потребляется населением и коммунально-бытовыми предприятиями, 2,3% расходуется на коммунально-бытовые нужды в промышленности. В сумме эти две категории водопотребителей расходуют воды 78,0 млн м³/год, что составляет большую часть коммунально-бытового водопотребления. Необходимо отметить, что данная цифра характеризует не все население, а только то, которое снабжается водой от предприятий ЖКХ и промышленных предприятий. Помимо этого существует еще некоторое количество населения (относительно небольшое), которое снабжается водой от сельскохозяйственных предприятий. Для этой категории водопользователей вычленить объем коммунально-бытового водопотребления не представляется возможным, так как для них действует предписание при составлении отчетов по форме «2-тп (водхоз)» относить всю израсходованную ими воду к разряду сельскохозяйственного водопотребления.

tietoja, jotka toimittavat juomavettä ihmisille tai teollisuuslaitoksille. Valitettavasti tilastotiedot eivät ole täydellisiä, koska vedenkäyttäjät eivät toimita raportteja aina. Sen lisäksi vesimittareiden puute on syynä epätarkkuuteen. Näissä tapauksissa vesimäärät arvioidaan pumppaamon teholla tai normien avulla.

Alla esitetyt arvot kuvaavat:

– ihmisten / väestön talousveden kulutusta asuintaloissa, teollisuuslaitoksissa, virastoissa ja muissa organisaatioissa / työpaikoilla,

– koulutuslaitosten (koulut, ammattikoulut, korkeakoulut ja muut oppilaitokset), hoitopaikkojen (lastentarhat, vanhainkodit ym.), sairaaloiden, terveyskeskusten, urheilu-, kauppa- ja ruokaloiden talousvedenkulutusta,

– kaupunkien ja taajamien viheralueiden kastelun ja katupesun vedenkulutusta,

– palolaitosten vedenkulutusta.

On jo mainittu, että Karjalan Tasavallan vedenkulutus on 213,5 milj. m³/vuosi. Niistä väestöä ja yhdyskuntaa palvelevat laitokset käyttävät yhden kolmasosan ja 2,3 % käytetään talousvetenä teollisuuslaitoksilla. Yhteensä talousvettä menee 78,0 milj. m³/vuosi. Arviossa ei otettu huomioon ihmisiä, jotka eivät saa talousvettä vesihuoltolaitoksilta. Sen lisäksi maatalousyritykset järjestävät vesihuoltoa ja palvelevat ihmisiä, mutta se on suhteellisesti pieni ryhmä. Tämän ryhmän talousvedenkulutus «2-TP vesitalous»-lomakkeessa on huomioitu otsikossa «maatalouskulutus». Otsikkoon kuuluvat sekä talousvedet että varsinaisen maataloussektorin vedenkulutus. Karjalan Tasavallan tilastossa suurin maatalouden vedenkuluttaja on karjatalous. Vuonna 2002 Karjalan maatalous osuus oli 1,2 milj. m³ eli 0,6 % tasavallan vedenkulutuksesta.

Tasavallan talousveden vesihuolto perustuu jokien, järvien ja pohjavesivaroihin, merivettä ei käytetä. Talousvesien raakavesilähteet on esitetty taulukoissa 2.10 ja 2.11. Kohta 2.1 kuvaa ihmisryhmää, joka kuuluu vesihuoltolaitosten palveluverkkoon ja taulukon kohdan 2.2 ihmiset kuuluvat maatalouslaitosten järjestämään vesihuoltoon.

Vesilaitokset ja teollisuus käyttävät eniten talousvettä (84,3 %) järvistä, 57,7 % Äänisestä, 13,6 % joista ja vain 2,1 % pohjavedestä.

Järvet ovat tärkein raakaveden lähde myös maataloudessa, mutta järvien osuus on pienempi eli 47,8 %, Äänisestä otetaan 15,3 %. Pohjavesien osuus nousee maaseudulla 8,1 %. Numerona pohjavesien osuus vesihuollossa pysyy kuitenkin hyvin pienenä 0,1 milj. m³/vuosi.

Nykyisin vesihuolto käyttää eniten pintavesistöjä. Vain Aunuksen kaupungissa ja Pindushin taajamassa käytetään pohjavettä. Pintavesistöjen veden laatu on useimmiten heikko orgaanisten aineiden korkean

Таким образом, в этот разряд попадает как вода, израсходованная на собственно сельскохозяйственные нужды (в условиях Карелии это в основном нужды животноводства), так и израсходованная на коммунально-бытовые нужды населения. Остается возможным лишь привести величину суммарного объема сельскохозяйственного водопотребления (согласно форме «2-тп (водхоз)») и учесть, что некоторую долю от него составляют коммунально-бытовые нужды сельских жителей. Для Карелии суммарный объем сельскохозяйственного водопотребления равнялся в 2002 г. 1,2 млн м^3, что составило 0,6% общего водопотребления.

Коммунально-бытовое водоснабжение Республики Карелия осуществляется из рек, озер и подземных источников, морская вода для водоснабжения не используется. Распределение воды, потребляемой для коммунально-бытовых целей, по источникам водоснабжения показано в табл. 2.10–2.11. Первая из них характеризует основную массу населения, снабжаемую водой от предприятий ЖКХ и промышленных предприятий, вторая – оставшуюся небольшую долю населения, снабжаемую от сельскохозяйственных предприятий.

Предприятия жилищно-коммунального хозяйства и промышленности забирают основную массу (84,3%) воды коммунально-бытового назначения из озер (причем 57,7% – из Онежского оз.), 13,6% – из рек и только 2,1% – из подземных горизонтов.

Для сельскохозяйственных предприятий картина несколько иная. Основным источником водоснабжения для них также служат озера, но их доля в общем водопотреблении меньше, всего 47,8%. Меньше и доля воды, забираемой из Онежского оз. – 15,3%. Зато несколько возрастает роль подземных источников – они обеспечивают 8,1% общего объема водопотребления сельскохозяйственных предприятий. Надо отметить, однако, что абсолютное значение объема воды, забираемой ими из подземных источников, остается невысоким, всего 0,1 млн м^3/год.

Таким образом, современное водоснабжение ориентируется в основном на использование поверхностных вод. Единственными значительными населенными пунктами, использующими воду из подземных источников, являются г. Олонец и п. Пиндуши. Качество воды в открытых водных объектах чаще всего очень низкое из-за высокого содержания органических веществ (высокая цветность), железа, марганца и других компонентов. Существенные проблемы возникают также в связи с антропогенным загрязнением водоемов.

Необходимо отметить также изменения, произошедшие в организации коммунально-бытового водоснабжения. Долгое время в республике наряду с муниципальными водопроводами существовали многочи-

питоисуудет takia (väriluku on korkea). Ongelmana ovat myös raudan ja mangaanin pitoisuudet ja sen lisäksi vesistöjen ihmisten toiminnasta aiheutuva paikoin merkittäväkin kuormitus.

Viime vuosina vesihuollon organisaatioissa on tapahtunut erilaisia muutoksia. Tasavallassa on ollut samanaikaisesti kunnallisia vesihuoltolaitoksia ja myös eri teollisuusalojen vesilaitoksia. Suuret teollisuuslaitokset – tehtaat, metsänhoito- ja puujalostuslaitokset, rautatieasemat, sovhoosit ja siipikarjatilat – omistivat ja pitivät huolta vesihuoltoverkosta monien taajamien alueilla. Viime vuosina eri teollisuusalalle kuuluvia vesijohtoja vähitellen on siirretty kunnille,

Таблица 2.10. Источники воды – водные объекты, из которых осуществляется забор вод на коммунально-бытовые нужды предприятиями ЖКХ и промышленности, 2002 г.

Taulukko 2.10. Vesihuolto- ja teollisuuslaitosten yhdyskuntatekniikan raakavesilähteet vuonna 2002

Тип источника	Объем использованной воды, млн м^3/год	Доля от общего объема, %
Raakavesilähde	Käytetyn veden määrä, milj. m^3/vuosi	Osuus, %
Озера Järvet	65,8	84,3
В том числе / mukaan luettuna		
Онежское оз. Ääninen	45,0	57,7
Ладожское оз. Laatokka	4,4	5,6
Прочие озера Muut	16,4	21,0
Реки Joet	10,6	13,6
Подземные воды Pohjavedet	1,6	2,1
Всего Yhteensä	78,0	100

Таблица 2.11. Источники водоснабжения сельскохозяйственных предприятий, 2002 г.

Taulukko 2.11. Maatalousyritysten vesihuollon lähteet vuonna 2002

Тип источника	Объем использованной воды, тыс. м^3/год	Доля от общего объема, %
Raakavesilähde	Käytetyn veden määrä, tuhat. m^3/vuosi	Osuus, %
Озера Järvet	564	47,8
В том числе / mukaan luettuna		
Онежское оз. Ääninen	180	15,3
Ладожское оз. Laatokka	80	6,8
Прочие озера Muut	304	25,7
Реки Joet	520	44,1
Подземные воды Pohjavedet	96	8,1
Всего Yhteensä	1180	100

сленные ведомственные. Такие водопроводы могли осуществлять водоснабжение всего населенного пункта или его части. Они принадлежали крупным промышленным предприятиям (заводам, леспромхозам), отделениям железной дороги, а также совхозам и птицефабрикам. В последние годы большая часть ведомственных водопроводов постепенно передается в собственность муниципальных предприятий жилищно-коммунального хозяйства (МП ЖКХ), впервые созданных в соответствующих населенных пунктах.

В настоящее время исходная вода, забираемая в Карелии в основном из поверхностных водоемов, несмотря на ее низкое качество, далеко не в полном объеме проходит очистку (табл. 2.12). Большинство населенных пунктов республики вообще не имеют водоочистных станций (ВОС), и весь процесс водоподготовки сводится к хлорированию. ВОС отсутствуют даже в таких крупных населенных пунктах, как, например, Суоярви, Сортавала, Лахденпохья, Надвоицы, Медвежьегорск (на горводозаборе), Пиндуши, Муезерский, Ляскеля, Ладва, Салми, Святозеро, Ведлозеро, Крошнозеро, Куркиеки, Мелиоративный и практически – во всех мелких.

Обработка воды на ВОС в республике ведется в настоящее время в основном посредством установок «Струя», фильтрования или путем совмещенного процесса «вертикальное осаждение – быстрое фильтрование».

Установка «Струя» в свое время получила развитие в результате научно-технического сотрудничества между Советским Союзом и Финляндией. Обработка воды на такой установке должна предусматривать: подачу насосом исходной воды, подачу химических реагентов для улучшения осаждения взвешенных в воде частиц, сегментарное осаждение под давлением, фильтрование под давлением, хлорирование и подачу воды насосом на потребление. Такие устройства установлены, например, в Пряже, Калевале, Повенце, Красноборском, Матросах.

Очистка воды путем «вертикального осаждения – быстрого фильтрования» предполагает: подачу воды насосом в емкость для смешивания, подачу туда хлора, коагулянтов и полиэлектролитов, первичное хлорирование, вертикальное осаждение, быстрое фильтрование, хлорирование, подачу воды насосом в сеть. Водоочистные установки такого типа имеются в Пудоже, Кондопоге, Беломорске, Кеми.

Процессы очистки воды на территории Карелии осложнены тем, что природные воды имеют высокую цветность, низкую температуру (особенно зимой), низкое значение pH (подщелачивание при водоподготовке, как правило, не производится) и несут в себе небольшое количество крупных взвешенных частиц. В таких условиях без применения коагулянтов образуются очень нестабильные, плохо осаждающиеся хлопья

joihin perustettiin yhdyskunnantekniikan kunnalliset yritykset (МП ЖКХ).

Vaikka pintavesistöjen raakaveden laatu on heikko, sitä harvoin käsitellään täydellisesti (taulukko 2.12). Itse asiassa suurimmassa osassa taajamista ei ole lainkaan vesilaitosta. Veden käsittelyprosessiin kuuluu vain desinfiointi kloorilla. Vesilaitoksia puuttuu suuristakin asutuskeskuksista, esimerkiksi: Suojärvi, Sortavala, Lahdenpohja, Nadvoitsy, Medvezjegorsk (kaupungin vedenottamolla), Pindushi, Mujezerski, Läskelä, Ladva, Salmi, Svjatozero, Vedlozero, Kroshnozero, Kurkijoki, Meliorativnyi. Vesilaitoksia ei ole myöskään kaikissa kylissä.

Yleensä vettä käsitellään «Struja» -nimisellä laiteella, suodatuksella tai «pystysuorasaostus-pika suodatus» -prosessilla.

«Struja» -laite oli aikanaan Neuvostoliiton ja Suomen tieteellis- ja teknisen yhteistyön tulos. Sen prosessiin kuuluu: raakaveden pumppaus, reagenssien lisäys, kiintoaineiden saostus paineessa, suodatus paineellisesti, klooraus ja juomaveden pumppaus kuluttajille. Laitteet oli asennettu esimerkiksi seuraaviin asutuskeskuksiin: Prääsä, Kalevala, Povenets, Krasnoborsk, Matrosy.

«Pystysuorasaostus-pika suodatus»-prosessiin kuuluu: raakaveden pumppaus säiliöön, kloorin lisäys, koagulanttien ja polyelektolyyttien lisäys, pystysuorasaostus, pikasuodatus, pumppaus verkostoon. Sellaista prosessia käytetään Pudozin, Kontupohjan, Belomorskin ja Kemin asutuskeskuksissa.

Veden käsittely on Karjalassa vaikeaa, sillä raakavedellä on korkea väriluku, alhainen lämpötila (varsinkin talvella), alhainen pH (sitä harvoin nostetaan käsittelyn aikana) ja sen lisäksi raakavedessä on hyvin vähän suurikokoisia kiintoaineita. Ilman koagulantteja prosessin aikana syntyy heikkoja, huonosti saostuvia flokkeja, jotka helpolla huuhtoutuvat suodattimista. Koagulantteja ja flokkulantteja on käytettävä juomaveden käsittelyssä kaikkialla. Mutta



Таблица 2.12. Водоподготовка на коммунальных водопроводах, 1995 г., тыс. м³

Taulukko 2.12. Kunnallisten vesilaitosten vedenkäsittely vuonna 1995, tuhat m³

Район, населенный пункт	Hallinnollinen piiri, asutuskeskus	Подано воды в сеть	Пропущено через ОС	Доля воды, пропущ. через ОС, %	Получено воды потребителями	Утечки в сети
		Pumpattu vettä verkostoon	Käsitelty vesilaitoksella	Käsitellyn veden osuus,%	Kulutettu asiakkailla	Verkoston häviöt
Беломорский р-н	Belomorskin piiri	524	332	63,4	422	102
г. Беломорск	Belomorskin kaupunki	1 601	1 248	78,0	1 459	142
Калевальский р-н	Kalevalan piiri	283	237	83,7	267	16
Кемский р-н	Kemin piiri	342	52	15,2	326	16
г. Кемь	Kemin kaupunki	2 324	1 633	70,3	2 110	214
Кондопожский р-н	Kontupohjan piiri	859	741	86,3	856	3
г. Кондопога	Kontupohjan kaupunki	11 142	7 770	69,7	10 432	710
г. Костомукша	Kostamuksen kaupunki	12 860	8 422	65,5	12 860	0
Лахденпохский р-н	Lahdenpohjan piiri	347	31	8,9	347	0
г. Лахденпохья	Lahdenpohjan kaupunki	1 138	15	1,3	532	606
Лоухский р-н	Louhen piiri	2 440	1 115	45,7	2 099	341
Медвежьегорский р-н	Medvezjegorskin piiri	1 177	543	46,1	1 166	11
г. Медвежьегорск	Medvezjegorskin kaup.	2 289	25	1,1	2 066	223
Муезерский р-н	Mujezerskin piiri	479	226	47,2	450	29
Олонецкий р-н	Aunuksen piiri	760	268	35,3	707	53
г. Олонец	Aunus	789	0	0,0	656	133
Питкярантский р-н	Pitkärannan piiri	476	116	24,4	459	17
г. Питкяранта	Pitkäranta	2 125	2 118	99,7	2 125	0
Прионежский р-н	Prionezskin piiri	1 209	908	75,1	1 206	3
Пряжинский р-н	Prääsän piiri	1 057	752	71,1	1 038	19
Пудожский р-н	Pudozskin piiri	229	158	69,0	229	0
г. Пудож	Pudozin kaupunki	1 271	1 175	92,4	1 187	84
Сегежский р-н	Segezhan piiri	3 824	2 260	59,1	3 820	4
г. Сегежа	Segezhan kaupunki	8 246	7 626	92,5	8 243	3
Суоярвский р-н	Suojärven piiri	630	120	19,0	602	28
г. Суоярви	Suojärven kaupunki	1 263	0	0,0	1 159	104
Сортавальский р-н	Sortavalan piiri	1 346	1 069	79,4	1 311	35
г. Сортавала	Sortavala	5 928	0	0,0	2 221	3707
Вепсская нац. волость	Vepsän piiri	160	154	96,3	152	8
г. Петрозаводск	Petroskoi	46 743	45 313	96,9	38 411	8 332
Всего по республике	Yhteensä tasavallan alueella	113 861	84 427	74,1	98 918	14 943

осадков, легко вымываемые через фильтры. Подготовка питьевой воды практически во всех случаях предполагает использование коагулянтов. Однако имеющиеся в республике установки для коагуляции часто обладают низкой эффективностью и существенными техническими недоработками. К сожалению, снабжение реагентами станций ВОС в последние годы существенно ухудшилось, что было вызвано финансовыми трудностями, а также распадом Советского Союза.

Сейчас реагентная обработка воды из-за несовершенства имеющихся установок коагуляции и повсеместного отсутствия реагентов производится только на отдельных ВОС (в Петрозаводске, Костомукше). На остальных ВОС (в Беломорске, Калевале, Кеми, Кондопоге, Лоухах, Питкяранте, Шуе, Кварцитном, Пряже, Эссойле, Пудоже, Авдеево, Красноборском и других) выполняется чисто механическая очистка воды без применения химических реагентов.

В условиях безреагентной обработки воды снизить показатель цветности не представляется возможным, и он остается высоким.

tasavallan koagulanttilaitteiden teho on varsin pieni ja laitteissa on runsaasti teknillisiä puutteita. Neuvostoliiton romahtamisen jälkeen vesilaitosten rahoitustilanne vaikeutui ja reagenssien toimituksia viimevuosina ei ole järjestetty.

Tällä hetkellä reagensseja käytetään vain harvoissa tapauksissa – Petroskoissa ja Kostamuksessa. Loput vesilaitokset, esimerkiksi Belomorsk, Kalevala, Kem, Kontupohja, Louhi, Pitkäranta, Shuja, Kvartsitnyi, Prääsä, Essoila, Pudoz, Avdeevo, Krasnoborsk ja muut, käytävät vain mekaanisia prosesseja ilman kemiallisia reagensseja. Ilman reagenssia on mahdotonta pienentää veden värilukua ja käsittelyn jälkeenkin se pysyy korkeana. Monien raakavesivesistöjen huono saniteettitila pakottaa käyttämään desinfiointivaiheessa korotettuja kloorimääriä. Klooraus on tasavallan ainoa käytössä oleva desinfiointimenetelmä. Värillisiä ja orgaanisia aineita runsaasti sisältävien vesien klooraukseen aikana muodostuvat kloori-orgaaniset yhdisteet, joilla on syöpää aiheuttava ja mutageeninen vaikutus.

2.4. НАИБОЛЕЕ КРУПНЫЕ ПРЕСНОВОДНЫЕ ОЗЕРА ЕВРОПЫ КАК ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.4. EUROOPAN SUURIMMAT JÄRVET RAAKAVEDEN LÄHTEENÄ

2.4.1. ОНЕЖСКОЕ ОЗЕРО

Онежское оз. является одним из крупнейших пресноводных водоемов Европы. Площадь его водосбора составляла в естественном состоянии 62 800 км^2 (вместе с озером). После строительства в 1953 г. Верхне-Свирской ГЭС оно превратилось в водохранилище, и эта величина возросла на 5,5%, достигнув 66 284 км^2 (Черняева, 1973). Около 70% его акватории относится к Республике Карелия, остальная часть расположена в Архангельской, Вологодской и Ленинградской областях. В озеро впадают 1 152 реки и ручья, которые приносят в среднем за год примерно 20 км^3 воды. Но только 52 из них имеют длину более 10 км. Основные водотоки бассейна – реки Водла, Шуя и Суна, сток которых составляет около 60% от общего притока в озеро. Вытекает из озера лишь одна река – Свирь, являющаяся основным притоком Ладожского оз. (Литвиненко и др., 1998).

Форма озера отличается крайне сложным строением, характеризуется вытянутостью в меридиональном направлении и сильной изрезанностью береговой линии в северной и северо-западной частях. Площадь его зеркала после превращения в водохранилище почти не изменилась и равна 9 692,6 км^2 (с островами – 9 943,3 км^2). Объем водной массы – 291,2 км^3. Общая протяженность береговой линии составляет 1 820 км (Черняева, 1973). Средняя глубина озера 30, наибольшая – 120 м (Молчанов и др., 1946). Преобладают глубины от 20 до 60 м (на 57% площади озера), 10% его зеркала находится в пределах 10-метровой изобаты и относится к литоральной зоне (Кириллова, 1975).

Озеро служит объектом питьевого и промышленного снабжения почти для трети населения Республики Карелия. В нем содержатся запасы пресной воды высокого качества, которая используется для водоснабжения населенных пунктов и больших промышленных узлов, расположенных на его побережье (табл. 2.13). Кроме того, озеро используется для промышленности, сельского хозяйства.

Онежское оз. также имеет огромное значение для рекреации и рыбного хозяйства, хотя потенциал как рыбохозяйственного объекта в последние годы падает. Кроме того, озеро является крупной воднотранспортной магистралью, водохранилищем Верхне-Свирской ГЭС, а также служит приемником промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод (Экосистема Онежского озера.., 1990; Онежское озеро.., 1999) (табл. 2.14).

2.4.1. ÄÄNINEN

Ääninen on Euroopan suurimpia makean veden järviä. Luonnon tilassa järven valuma-alue oli 62 800 km^2 (järven pinta-ala mukaan luettuna). Vuonna 1953, kun Verhne-Svirskaja voimalaitos oli rakennettu, järvestä tuli tekojärvi ja sen valuma-alue laajeni 5,5 % ja saavutti 66 284 km^2 (Черняева, 1973). 70 % järven pinta-alasta kuuluu Karjalan Tasavallalle, loput kuuluvat Arkangelin, Vologdan ja Leningradin alueille. 1152 jokea ja puroa laskee järveen ja tuo vuodessa keskimäärin noin 20 km^3 vettä. Vain 52 joen pituus ylittää 10 km. Valuma-alueen suurimmat joet ovat Vodlajoki, Shujajoki ja Sunajoki, joiden valuma on noin 60 % koko järven valumasta. Vain yksi joki, Syvärijoki, laskee järvestä Laatokkaan (Литвиненко и др., 1998).

Järven muoto on erittäin monipuolinen, se on kuitenkin suuntautunut pohjoisesta etelään. Pohjois- ja luoteisrantaviiva on todella monimutkainen. Järven pinta-ala voimalaitoksen rakentamisen jälkeen pysyi samana eli 9692,6 km^2 (9943,3 km^2 saariston kanssa). Vesitilavuus on 291,2 km^3. 25 % veden pinta-alasta on erikokoisia lahtia ja pohjukoita. Järven pisin akseli on 290 km pitkä ja pisin matka leveyspiirillä on 82 km. Rantaviivan pituus on 1820 km (Черняева, 1973). Järven keskisyvyys on 30 m ja syvin paikka on 120 m (Молчанов и др., 1946). 57 % järven pinta-alasta kuuluu 20–60 m syvyysalueisiin ja 10 % järven pinta-alasta kuuluu litoraalisiin alueisiin, joiden syvyys on alle 10 metriä (Кириллова, 1975).

Ääninen on Karjalan Tasavallan melkein 1/3 väestön juoma- ja talousveden raakaveden lähde. Järvessä on paljon erittäin hyväälaatuista vettä. Myös rannikon teollisuus käyttää hyväksi Äänisen vesivaroja (taulukko 2.13).

Äänisellä on suuri kalataloudellinen ja virkistyksellinen merkitys siitä huolimatta, että järven kalastuspotentiaali viimevuosina on pienentynyt. Järvi on tärkeä vesiväylä, Verhne-Svirskajan voimalaitoksen tekojärvi ja sen lisäksi vesistöön lasketaan teollisuuden, yhdyskunnan ja maatalouden jätevesipäästöt (Экосистема Онежского озера.., 1990; Онежское озеро.., 1999) (taulukko 2.14).

Современный гидрохимический режим озера

Онежское оз. имеет хорошо выраженную лимническую гетерогенность, обусловленную не только его размерами, но и особым строением его котловины, северная часть которой расположена в пределах Балтийского кристаллического щита, а южная – осадочного чехла Русской платформы, а также неравномерным распределением приточности и различной степенью антропогенной нагрузки. Основная часть котловины заполнена чистыми олиготрофными водами. Однако некоторые губы (Кондопожская, Петрозаводская, Большая), особенно их вершинные районы, сильно загрязнены сточными водами промцентров, расположенных на их берегах.

Экосистема Онежского оз., сформировавшаяся в результате взаимодействия многообразного комплекса природных процессов, развивающихся в его водной среде и на водосборе, находится под влиянием антропогенной нагрузки. Химический состав воды Онежского оз. формируется, главным образом, за счет речного притока, а также атмосферных осадков, подземного и антропогенного стока (табл. 2.15).

Формирование химического состава речных вод в бассейне озера в основном осуществляется в условиях Балтийского кристаллического щита (95% речного стока), где мощность хорошо промытых четвертичных отложений не превышает 10 м, а коренные породы (граниты, базальты и др.) отличаются слабой растворимостью. Только реки юго-восточного побережья – Андома, Вытегра, Мегра – дренируют палеозойские отложения Русской платформы. Около 65% водосбора озера покрыто лесами, 20–25% занимают болота. В почвенном покрове заболоченной части водосбора господствуют подзолистые почвы с железо-гумусовым горизонтом, что обусловливает высокое содержание гумуса и железа в водах рек. Особенно этим отличаются реки южного, юго-западного и юго-восточного побережий озера, где заболоченность водосборов достигает 30%.

Järven vesikemiallinen nykytilanne

Äänisellä ottaen huomioon sen koko ja sen syvänne kuopan muoto on hyvin erilaisia piirteitä eri järven osissa. Sen lisäksi järven pohjoispuoli on geologisesti sijoittunut Itämeren / Fennoskandian kalliokilven ja eteläpuoli on Venäjän kilven kerrostumien reunaosiin. Järven sivujoet ja kuormitus ovat sijoittuneet järven ympärille hyvin epätasaisesti. Suurin osa järven vedestä on oligotrofista eli karua vettä, joissa on hyvin vähän ravinteita. Jotkut lahdet – Kontupohjan, Petroskoin, Bolshajan – ovat jätevesien kuormituksen vaikutusten alla.

Äänisen ekosysteemi on kehittynyt monien luonnon valuma-alueen ja järven «kuopan» tekijöiden vaikutuksista, joiden lisäksi on ihmisten toiminnan vaikutuksia. Äänisen veden kemiallinen koostumus on «muokkautunut» jokien valumasta, ilmapäästöistä ja ihmisten toiminnasta aiheutuvista kuormituksista (taulukko 2.15).

Таблица 2.13. Динамика водопотребления в прибрежной зоне, тыс. м^3

Taulukko 2.13. Rannikkoalueen vedenkulutuksen jakauman muutokset, tuhat m^3

Год	Коммунально-бытовое	Промышленное	Сельскохозяйственное	Рыбохозяйственное	Всего
Vuosi	Yhdyskunta/ talousvedet	Teollisuus	Maatalous	Kalatalous	Yhteensä
1980	26 507	99 953	1 867	4 679	133 006
1985	36 378	100 948	1 606	7 300	146 232
1989	40 660	96 196	1 659	7 300	145 815
1990	43 677	96 934	1 567	7 300	149 478
1992	48 106	71 495	1 627	0	121 228
1994	47 915	61 056	1 055	0	110 026
1995	46 590	59 493	1 397	0	107 480
1996	46 818	57 959	1 074	0	105 851
1997	46 283	56 381	835	0	103 499
1999	53 546	52 130	518	0	106 194
2001	54 808	55 592	670	0	111 070

Таблица 2.14. Динамика водоотведения в прибрежной зоне, тыс. м^3

Taulukko 2.14. Rannikon jätevesien jakautuminen, tuhat m^3

Год	В выгреб, рельеф	Загрязненные без очистки	После очистки	Нормативно чистые без очистки	Сброшено всего	Кроме того, дренажные воды	Безвозвратное водопотребление
Vuosi	Kaivoon, maastoon	Ilman käsittelyä	Käsittelyn jälkeen	Puhtaat normien mukaan ilman käsittelyä	Laskettu yhteensä	Sen lisäksi, ojitusvedet	Vedenoton ja viemärin erotus
1980		23 048	94 740	7 832	125620	6 904	
1985		13 815	108 625	11 689	134 129	495	12 598
1989	625	10 403	121 735	11 579	144 342	9 291	10 764
1990	856	10 252	118 253	11 263	140 624	4 852	13 706
1992	1 756	7 035	108 133	3 626	120 550	6 276	6 954
1994	623	5 363	106 072	3 210	115 268	8 989	3 747
1995	631	7 839	99 006	909	108 385	6 813	5 908
1996	709	7 718	97 836	938	107 201	5 518	4 168
1997	718	5 901	100 377	877	107 873	7 418	3 044
1999	777	4 480	95 442	995	101 694	8 136	12 637
2001	657	6 586	97 718	870	105 831	5 741	11 430

Таблица 2.15. Поступление веществ от различных источников в Онежское озеро, т/год

Taulukko 2.15. Eri lähteiden ja aineiden kuormitukset Äänisjärveen, tonnia/vuosi

Источник поступления		Взвешенные вещества	Минеральные вещества	Органические вещества	Общий фосфор	Общий азот
Lähde		Kiintoaineet	Mineraaliaineet	Orgaaniset aineet	Kokonaisfosfori	Kokonaistyppi
Речной сток	Joet	97 310	877 910	36 1970	705	13 167
Сточные воды	Jätevedet	10 004		68 399	203	772
Атмосферные осадки	Sateet	1 532	32 000	8 800	95	3 800
Всего	Yhteensä	108 846		439 169	1 003	17 739

Поскольку бассейн озера сложен труднорастворимыми кембрийскими породами, минерализация вод притоков и озера очень низкая: 37 мг/л, что в 1,5, 3 и 4–5 раза ниже, чем в воде Ладожского, Байкала и Великих американских озер, соответственно.

Воды рек, впадающих в Онежское оз., имеют низкое природное качество: они маломинерализованы (< 25 мг/л), содержат повышенное количество органического вещества ($C_{орг}$ > 8 мг/л; ПО > 10 мг О/л), сильно гумифицированы (pH 6; цветность > 40 град.).

С водами притоков в озеро поступает около 80–90% органических и взвешенных веществ, 90% общего азота, 70% общего фосфора. Три основных притока (реки Водла, Шуя, Суна) дают 60–70% всего стока органических веществ. Общий среднегодовой химический сток с бассейна составляет около 390 тыс. т ОВ, 100 – взвешенных веществ, 900 – минеральных и 55 тыс. т – биогенных веществ.

Антропогенный сток, поступающий от Петрозаводского, Кондопожского и Медвежьегорского промузлов, достигает 100 млн м^3. С антропогенным стоком вносится около 10% взвешенных, 16 – органических веществ, 18–20% – общего азота и фосфора.

С атмосферными осадками на акваторию озера поступает около 5% минеральных и 0,2% органических веществ. Доля поступления с ними минеральных соединений азота существенна и составляет 21% от их общего поступления в водоем.

Традиционно на акватории Онежского оз. выделяются несколько районов, каждый из которых имеет свои особенности. Поэтому ниже будет дана характеристика химического состава вод по каждому из них отдельно.

Одним из определяющих факторов формирования химического состава Петрозаводской губы является сток с бассейна р. Шуи – наиболее освоенного частного водосбора озера. Многолетние исследования вод Петрозаводской губы показали, что под воздействием трех мощных факторов – стока с водосбора р. Шуи, с территории города и сточных вод Петрозаводского промузла – качество вод губы изменилось, и по совокупности химических показателей она сейчас относится к мезотрофным водоемам. Природная нагрузка на Петрозаводскую губу по одним и тем же классам

Jokien valuma, pohja- ja sadevedet sekä jätevesienkuormitus vaikuttavat Äänisen veden laatuun. Jokien valunnasta 95 % syntyy Fennoskandian kalliokilven alueella, missä kvarttäärikauden kerrostumat harvoin ovat yli 10 metrin paksuja ja huuhtoutuneet hyvin ja kallion kivilajit ovat vaikeasti liukenevia (graniitit, basaltit ja muut). Vain kaakkoisrannikolla on jokia – Andomajoki, Vytegrajoki ja Megrajoki, joiden uomat kulkevat Venäjän platoonin paleozoiskin kerrostumien halki. Järven valuma-alueesta 65 % on metsien peitossa, 20–25% on suota. Soistuneiden alueiden maaperä on podzolimaata, joissa on rautaa ja humuskerroksia. Juuri sen takia jokien vedessä on paljon rautaa ja humusta. Ilmiö on hyvin selkeä etelä-, luode- ja kaakkoisrannikoilla, missä suoprosentti nousee 30 %.

Järven valuma-alue on koostunut vaikeasti liukenevista kambrian maa-aineksista ja sen takia sen sivujokien ja järven veden ionien summa on varsin alhainen: 37 mg/l eli 1,5 jopa 4–5 kertaa pienempi Laatokan, Baikalin ja Amerikan Suurten järvien vedenlatuun verrattuna.

Äänisen sivujokien vedenlaatu on luonnon syistä aika heikko: vedessä on vähän suoloja (< 25 mg/l), paljon orgaanista ainetta (C_{org} > 8 mg/l; permanganaattihapettuvuus > 10 mgO/l) ja humusta (pH 6, väriluku > 40 astetta).

Sivujoet tuovat järveen noin 80–90 % orgaanista ja kiintoainetta ja 90 % kokonaisfosforia. Kolme tärkeintä jokea (Vodlajoki, Shuja ja Suna) tuovat 60–70 % orgaanisesta aineesta. Vuodessa järveen pääsee noin 390 000 tonnia orgaanista ainetta, 100 000 tonnia kiinto-ainetta, 900 000 tonnia mineraaliyhdisteitä ja 55 000 tonnia ravinteita.

Petroskoin, Kontupohjan ja Karhumäen teollisuuden jätevesipäästöt välillä saavuttavat 100 milj. m^3. Jätevedet tuovat 10 % kiinto-aineita, 16 % orgaanista ainetta, 18–20 % kokonaistyppeä ja fosforia.

Sadevedet tuovat järveen 5 % mineraaliaineita ja 0,2 % orgaanisia aineita. Typpiyhdisteiden osuus, varsinkin mineraalimuodossa, on merkittävä eli 21 %.

Perinteisesti Ääninen on jaettu vesialueisiin, joilla on omat erikoispiirteensä. Tämän jaottelun mukaisesti yleensä kuvataan myös vesikemiallista tilannetta.

веществ превосходит антропогенную. Исключение составляет нагрузка по $P_{общ}$, которая превышает в отдельные годы антропогенную на 125–308%. Сопредельные с губой районы озера находятся под постоянным воздействием сточных вод Петрозаводского промузла.

В Кондопожской губе, несмотря на ввод в действие на Кондопожском ЦБК рассеивающего глубинного выпуска промышленных сточных вод, биологических очистных сооружений для коммунально-бытовых и промышленных стоков, происходит ухудшение качества воды, увеличивается площадь загрязнения. Наряду с ростом содержания органических и взвешенных веществ в воде губы появились специфические органические вещества техногенного происхождения: лигнин, лигносульфонаты, фурфурол, метанол, сульфиды, сульфиты, теосульфиды и др. Прогрессирующее загрязнение вод общим фосфором вызвало процесс антропогенного эвтрофирования, захватившего и прилегающие к ней районы озера. В Кондопожской губе антропогенная нагрузка по $P_{общ}$ равна 270%, по $N_{общ}$ она на порядок меньше – 28%.

Воды прибрежной части Большой губы Повенецкого залива за последние десятилетия обогатились ОВ, увеличилось содержание нестойкого ОВ антропогенного происхождения, нефтепродуктов, общего фосфора и азота.

Воды Центрального, Большого и Малого Онего, Повенецкого залива сохранили до настоящего времени олиготрофный характер и достаточно высокое качество. Они слабо окрашены (цветность 20–30 град.), содержат небольшое количество ОВ ($C_{орг}$ – 4–6 мг/л; ПО – 5–8 мг О/л), бедны биогенными элементами, особенно общим фосфором (7–10 мкг/л). В последнее десятилетие эпизодически повышается концентрация $P_{общ}$ (до 20 мкг/л) в Центральном и Южном Онего и понижается содержание кремния (с 0,7 до 0,2 мг/л), что может служить одним из признаков начала эвтрофирования этих районов озера.

Олиготрофный статус Центрального Онего может сохраняться еще очень длительное время, так как развитие продукционных процессов, связанное с увеличением концентрации $P_{общ}$, происходит в сравнительно небольшом поверхностном слое воды (10–20 м) в вегетационный период, а деструкционные процессы идут в течение всего года во всей водной толще. Огромный запас кислорода в Онежском оз. может длительное время расходоваться на деструкционные процессы. Немаловажную роль в сохранении олиготрофного статуса открытой части Онежского оз. играет перемешивание его вод, происходящее дважды в год – весной и осенью.

В губах, подверженных антропогенному воздействию, содержание $P_{общ}$ примерно в 2 раза выше, чем

Shujajoen virtaama määrittää melko paljon Petroskoilahden vedenlaatua. Monivuotisten seurantatulosten perusteella todettiin, että Shujajoen valuma-alueen muutokset, Petroskoin teollisuuden jätevesien päästöjen ja kaupungin pintavalunnan ansiosta lahden trofinen status on muuttunut ja se on nykyään lievästi rehevä. Samojen suureiden kohdalla ihmisten toiminnan aiheuttama kuormitus on toistaiseksi pienempi luonnon kuormitukseen verrattuna. Poikkeuksena on kokonaisfosforin kuormitus, joka eri vuosina ylittää ihmisten toiminnasta aiheuttaman 125–308 %:lla. Petroskoin teollisuuden jätevesien vaikutus ulottuu myös Petroskoinlahden ulkopuolelle.

Kontupohjalahden tila edelleen huononee ja pilaantuneen vesialueen pinta-ala leviää siitä huolimatta, että sellu- ja paperitehtaalla rakennettiin ns. «syvä diffusiopurkuputki» ja tehtaan ja kaupungin jätevedet käsitellään biologisella puhdistamolla. Orgaanisten ja kiintoaineiden korkean pitoisuuden lisäksi vedessä havaittiin myös erikoiset kuormittavat aineet: ligniini, lignosulfonaatit, furfuroli, metanoli, sulfiidit, teosulfiidit ja muut. Kokonaisfosforin päästöt aiheuttivat lahden ja sen lähivesistön rehevöitymistä. Kontupohjalahden teknogeeninen kokonaisfosforin kuormitus on 2,7 kertaa suurempi kuin luonnon kuorma, vastaava kokonaistypen kuormitus on 28 % luonnon tasosta.

Viimevuosikymmenien aikana Bolshaja Guba-vesialueen Povenetsalahden tila on muuttunut, sillä veden orgaanisten, varsinkin helposti hajottavien, aineiden, öljytuotteiden, kokonaisfosforin ja typen pitoisuudet ovat nousseet. Äänisen Keski-, Bolshoje (Suur Ääninen) ja Maloje (Pieni Ääninen) vesialueiden vedenlaatu on edelleenkin hyvää ja karua tasoa. Veden väriluku on pieni: 20–30 astetta, orgaanisen aineen pitoisuus on pienempi (C_{org} on 4–6 mg/l; permanganaattihapettuvuus on 5–8 mgO/l), ravinteita on vähän, varsinkin kokonaisfosforia (7–10 µg/l). Viimeisten kymmenen vuoden aikana Keski- ja Eteläisen kokonaisfosforipitoisuus ajoittain nousee 20 µg/l asti, piipitoisuus laskee 0,7–0,2 mg/l osoittaen rehevöitymisen alun merkkejä.

Keski-Äänisen karu tilanne voi pysyä vielä pitkän aikaa. Kokonaisfosforin pitoisuuden nousun takia biologinen tuotantoprosessi kiihtyy ylävedessä (pintakerros 10–20 m syvää) kasvikauden aikana. Orgaanisten aineiden hajottamista (destruktio) tapahtuu koko vuoden aikana ja koko vesimassassa. Äänisen valtavat hapen määrät pystyvät hajottamaan paljon orgaanista ainetta. Veden täyskierros keväällä ja syksyllä edesauttaa pitämään vesistön karu- tasoa.

Kuormitettujen lahtien kokonaisfosforin pitoisuus on noin 2 kertaa suurempi kuin Äänisen ulapalla ja lahtien rehevöityminen käynnistyy ja tapahtuu nopeammin.

в открытом Онего, в результате чего развитие эвтрофирования в них идет быстрее.

Для сохранения олиготрофного статуса открытого плеса Онежского оз. концентрация общего фосфора в его воде не должна превышать 15 мкг/л. В настоящее время средняя концентрация $P_{общ}$ в его воде не превышает 8–10 мкг/л. При дальнейшем росте его поступления в водоем, а этого следует ожидать, процесс антропогенного эвтрофирования может пойти с гораздо большей скоростью, чем в Ладожском оз. Связано это с тем, что средние глубины Онежского оз. в 1,7 раза меньше, чем Ладожского, оно лучше прогревается, имеет меньший объем гиполимниона и более благоприятные условия для развития фитопланктона.

Перспективы использования Онежского озера для питьевого водоснабжения

В настоящее время Онежское оз. и водные объекты его бассейна активно используются как источники водоснабжения, в том числе питьевого. Из рек и озер онежского водосбора в 2002 г. было забрано 126,5 млн м^3 воды (57% от общего водозабора республики), а непосредственно из озера – свыше 100 млн м^3. Онежское оз. является основным источником водоснабжения столицы Карелии – г. Петрозаводска, многих городов и населенных пунктов. Однако проблема питьевого водоснабжения прибрежных населенных пунктов для большинства из них стоит достаточно остро. Во многих случаях это связано не с низким природным качеством озерных вод, а с техническими причинами (отсутствием эффективной очистки питьевых и сточных вод, состоянием технических сетей и т. п.). А иногда и неудачным выбором места водозабора. Примером этого является водозабор г. Петрозаводска, который был спланирован и построен без учета особенностей гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических процессов.

По данным многолетних наблюдений, вода в вершинной части губы, в том числе и в районе водозабора, по ряду показателей не соответствует нормативным требованиям для питьевой воды. Ее санитарное состояние имеет сезонную изменчивость и зависит от целого ряда факторов. Сильное влияние на качественные характеристики водной массы здесь оказывает сток р. Шуи, вода которой имеет низкое природное качество из-за высокого содержания в ней железа, гумусных веществ, а также сильного загрязнения сельскохозяйственными отходами с водосбора. Содержание железа, алюминия постоянно достигает, а в период ледостава даже превышает значения ПДК. В течение всего года, а в летний период особенно, наблюдается загрязнение воды нефтепродуктами. Негативное влияние на санитарное состояние воды оказывает ливневой сток г. Петрозаводска, который

Jotta Äänisen ulapan oligotrofinen taso pysyisi myös tulevaisuudessa, kokonaisfosforin pitoisuus ei saisi ylittää 15 µg/l. Tällä hetkellä P_{kok} keskipitoisuus on 8–10 µg/l. Mikäli pitoisuus nousee, Ääninen rehevöityy todennäköisesti nopeammin kuin Laatokka, koska Äänisen keskisyvyys on 1,7-kertaa pienempi ja hypolimnionin massa on pienempi. Äänisen yläveden lämpötila yleensä nousee hieman enemmän kuin Laatokalla ja kasviplanktonilla on suotuisemmat olosuhteet.

Äänisen näkymät vesihuollon kehityksessä

Jo nykypäivinä Ääninen ja sen valuma-alueen vesistöt ovat vesihuollon ja juomavesihuollon raakaveden lähteitä. Äänisen valuma-alueen järvistä ja joista vuonna 2002 otettiin 126,5 milj. m^3 vettä (57 % tasavallan käyttöönotetun veden määrästä), suoraan järvestä otettiin yli 100 milj. m^3. Ääninen on Petroskoin-kaupungin ja monien muiden taajamien raakaveden lähde, kuitenkin vesihuollossa on paljon vaikeuksia ja puutteita. Hyvin usein niiden syynä ei ole huonolaatuinen raakavesi vaan teknilliset puutteet (käsittelyprosessin puutteet, verkoston huono kunto jne.). Joskus vedenottamon raakaveden ottoputki on sijoitettu huonosti. Esimerkiksi Petroskoin vedenottamo oli suunniteltu huomioimatta alueen hydrofysiikan, vesikemian ja hydrobiologian erikoispiirteitä.

Monivuotisten seurantatietojen mukaan lahden vedenlaatu, varsinkin lahden pohjukassa, missä sijaitsee kaupungin vedenottamo, ei vastaa vaatimuksia. Sen lisäksi vesistön hygieeninentila vaihtelee vuoden sisällä riippuen monistakin tekijöistä. Shujajoen valuma vaikuttaa Petroskoinlahden vedenlaatuun, koska joen vedet sisältävät sekä luonnon, että ihmisten toiminnasta aiheutuvia kuormitusaineita: paljon rautaa, humusta sekä maatalouden jätevesiä. Rauta ja alumiini ovat jatkuvasti sallittujen normien ylärajoilla ja jääpeitekauden aikana ylittävät ne. Koko vuoden ajan, mutta eniten kesällä, vedessä havaitaan öljytuotteita. Kaupungin alueen sadevedet pääsevät myöskin suoraan lahteen ja tuovat mikro-organismeja ja varallisia bakteereja. Silloin tällöin virtaukset ovat suuntautuneet lahteen ja sekoittunutta jätevettä on vedenottopaikalla. Erittäin huonoja kausia on havaittu sydäntalvella ja keväällä lumen sulamisaikana, jolloin vedenlaatu ei vastaa vaatimuksia (taulukko 2.16).

Normien mukaan järviraakaveden desinfioinnissa käytetään kloorausta. Tällä tavalla poistetaan tauteja aiheuttavia mikrobeja, mutta samanaikaisesti muodostuu klooriorgaanisia aineita, jotka vaikuttavat ihmisten geenisarjoihin.

обогащает ее микроорганизмами, а в отдельные периоды насыщает эпидемиологически опасной бактериофлорой. Эпизодически, при развитии течений, направленных вглубь губы, водные массы в районе водозабора оказываются под воздействием трансформированных вод горколлектора. Особенно неблагоприятная для питьевого водоснабжения обстановка складывается в периоды зимней межени и весеннего половодья, когда качественные характеристики воды наименее удовлетворительны по санитарным нормам (табл. 2.16).

Для обеззараживания озерных вод используется хлорирование. Однако наряду с уничтожением болезнетворных микробов возникает проблема формирования хлорорганических соединений, которые воздействуют на генетический аппарат человека.

Санитарное состояние и химический состав вод, используемых для питьевых целей, по ряду параметров многие годы не соответствуют нормативам. Связано это с тем, что построенный в нескольких километрах от устья р. Шуи водозабор фактически использует воды самой реки, а не достаточно чистые воды Онежского оз. Наличие большого количества болот и лесных почв на водосборе реки, активная деятельность человека в ее бассейне значительно ухудшили качество ее вод. Шуйские воды обогащают воду губы стойким к биохимическому окислению органическим веществом, повышают цветность и окисляемость, содержание железа, кремния, аммонийного азота, взвешенных и некоторых органических веществ природного и антропогенного происхождения, снижают минерализацию и pH воды. Самыми низкими питьевыми качествами шуйские воды обладают зимой, в периоды весеннего половодья и осеннего паводка. В летние месяцы качество воды в губе значительно улучшается за счет активизации процессов самоочищения, поступления чистых маломинерализованных вод Онежского оз.

В зимний период с образованием ледового покрова прекращается непосредственное действие ветра на

Juomaveden saniteetti- ja kemiallinen koostumus monien parametrien kohdalla ei ole vastannut vaatimuksia jo useiden vuosien aikana. Syynä on vedenottamon raakaveden ottoputken sijainti muutaman kilometrin etäisyydellä Shuja -joesta. Näin vesilaitos käyttää Shujajoen vettä eikä puhtaampaa Äänisen vettä. Shujajoen valuma-alueella on paljon soita ja metsiä ja sen lisäksi ihmisten toiminta on merkittävästi pilaannut joen veden laatua. Vedessä on paljon vaikeasti hajoavia orgaanisia aineita, korkea väriluku, paljon rautaa, piitä, ammoniumtyppeä ja kiintoaineita. Joen vesi sisältää vähän mineraaliaineita ja sen pH-arvo on pienempi kuin järvivedellä. Talvella Shujajoen veden laatu on huonoin kuten myös kevät- ja syksytulvien aikana. Kesällä vedenlaatu paranee itsepuhdistusprosessin myötä, koska silloin Äänisen ulapan vesimassat pääsevät Petroskoinlahteen.

Talven tullen vaikutusta virtauksiin on vähemmän ja niiden nopeudet laskevat. 1600 m etäisyydellä jokisuusta mitataan 2–3 cm/s. Jääpeiton alla joen virtaukset pyrkivät kaupungin rannikolle Koriolis – voiman takia. Silloin vedenottamo pumppaa Shuja -joen vettä. Juuri talvella vedenlaatu luokitellaan «kohtalaisen likaiseksi».

Keväällä, kun toukokuussa Petroskoilahden jäät lähtevät pois, laskujokien ja rannikon vedet lämpenevät nopeammin. Silloin lahden pohjukassa muodostuu «thermal bar»-kapea, 4:n asteen eli tiheän veden vyöhyke, joka estää vesimassojen sekoittumisen.

Keväällä thermal bar siirtyy Shuja -joensuusta järveen. Shuja -joen vedet täyttävät koko Petroskoinlahden volyymin. Toukokuun lopussa thermal bar saavuttaa Ivanovskije-saariryhmän (kuva 2.3). Juuri silloin lahti eroaa järvestä ja on täynnä laskujokien vettä ja kaupungin jätevettä. Kesällä järven vedet taas pääsevät lahteen sekoittaen ja laimentaen vesimassoja. Kesällä lahden hydrologiset, vesikemian ja hydrobiologiset arvot vaihtelevat eniten. Lahdessa

Таблица 2.16. Средние показатели качества вод Петрозаводской губы в период зимней межени

Taulukko 2.16. Petroskoinlahden vedenlaatu sydäntalvella

Дата отбора проб	Σи, мг/л	ПО, мгО/л	O_2, % насыщения	БПК$_5$, мгO_2/л	$P_{общ.}$, мкг/л	$N_{общ.}$, мг/л	Взвешенные в-ва, мг/л	Нефтепродукты, мг/л
Näytteenottopäivämäärä	Σi, mg/l	COD_{Mn}, mg$O$/l	O_2, %	BOD_5, mgO_2/l	$P_{kok.}$, µg/l	$N_{kok.}$, mg/l	Kiintoaineet, mg/l	Öljytuotteet, mg/l
Вершинная часть / Lahden "nurkassa"								
16.04.1996	39,8	13,6	80	3,46	37	0,86	0,7	0,54
25.03.1997	28,4	20,1	78	1,15	31	0,80	2,3	0,03
Центральная часть / Lahden keskialueella								
16.04.1996	37,5	9,7	79	1,72	21	0,72	0,7	0,28
15.03.1997	37,0	8,7	87	1,24	15	0,74	1,8	0,05
Внешняя часть / Lahden ulkopuolella								
17.04.1996	39,7	7,4	90	1,34	21	0,67	0,5	0,00
25.03.1997	35,6	9,1	86	0,89	20	0,72	1,5	0,03

водную поверхность Петрозаводской губы, скорости стоковых течений быстро уменьшаются с удалением от устья и уже на расстоянии 1 600 м составляют всего 2–3 см/с. В период ледостава основная ось речного потока под воздействием силы Кориолиса отклоняется к городскому побережью, и в этот период к водозабору подступают речные воды, которые характеризуются как «умеренно загрязненные».

В весенний период с мая в Петрозаводской губе разрушается и исчезает ледовый покров. Вследствие более быстрого прогрева речных вод и прибрежных мелководий, в вершине губы формируется термический бар – узкая зона наиболее плотных вод, препятствующая перемешиванию речных и озерных вод.

С накоплением шуйских вод в губе и прогревом вод прибрежной зоны фронт термобара удаляется от устья р. Шуи в сторону открытого озера, достигая Ивановских островов в конце мая (рис. 2.3).

В этот период в губе создаются самые плохие условия, так как все воды губы оказываются изолированными от озерных и состоят из трансформированных речных и сточных вод города. В летние месяцы озерные воды преобладают в губе, возрастает их разбавляющая и очищающая способность. Для летнего периода характерна резкая пространственная неоднородность гидрологических, гидрохимических и гидробиологических полей. Она обусловлена апвеллингами, внутренними волнами, фронтами, течениями разного генезиса, которые приводят к пятнистому распределению загрязняющих веществ и гидробионтов. При резкой температурной стратификации, существующей в озере в это время, загрязненные воды распространяются преимущественно в поверхностном слое глубоководной и по всей вертикали литоральной зон. Глубинные воды, за исключением придонных слоев, представлены чистыми холодными озерными, характеризующимися высоким качеством. А осенью в октябре-ноябре в озере вновь возникает термобар, который снова закрывает Петрозаводскую губу от поступления чистых озерных вод.

Решение проблемы питьевого водоснабжения возможно путем постоянной очистки исходной воды, что требует больших финансовых вложений. А поскольку их постоянно не хватает, а также из-за существования определенных технических проблем, жители города, которые составляют почти треть населения Республики Карелия, вынуждены использовать недостаточно кондиционные воды. Здесь уместно напомнить изречение: «Какую воду пьем – такое и здоровье». Таким образом, очистка вод, поступающих от старого водозабора, не решит коренным образом проблему улучшения качества вод для питьевого водоснабжения г. Петрозаводска. Только сочетание современных методов очистки вод и строительство нового водозабора могут коренным образом изменить ситуацию. Учитывая

havaitaan «upwelling»-ilmiötä eli pohjavesien kumpuamista, myös sisäaaltojen rintamat. Erilaiset virtaukset aiheuttavat kuormitusaineiden ja hydrobionttien hyvinkin «täplikästä» leviämistä. Lämpökerrostumisen aikana kuormittuneet vedet pääsevät koko litoraalin vesialueelle, syvällä ulapalla ne ulottuvat pintakerroksiin. Syvänteissä ovat puhtaat järvivesimassat. Syksyllä loka-marraskuussa thermal bar taas «sulkee» Petroskoinlahden, jolloin järven puhtaat vedet eivät pääse sinne.

Jatkuva raakaveden käsittely on kuvatun ongelman nykyinen ratkaisu ja se vaati suuria resursseja. Resursseja taas on jatkuvasti vähän ja sen lisäksi vesihuollossa on tiettyjä teknillisiä vaikeuksia. Loppujen lopuksi kaupungin asukkaat, eli Karjalan Tasavallan väestön yksi kolmasosa, joutuvat käyttämään laadultaan puutteellista juomavettä. Tässä voidaan muistuttaa sanonnasta «Juomavetemme määrää terveytemme».

Pelkkä olemassa olevan vedenottamon raakaveden käsittelyn kehittäminen ei pysty radikaalisti ratkaisemaan kokonaisuudessa kaupungin vesihuolto-ongelmaa. Ratkaisuna olisi sekä vesilaitoksen prosessin kehittäminen että myös uuden vedenottamon rakentaminen.

Karjalan tutkimuskeskuksen Pohjoisalueiden vesistötutkimuslaitos teki suositukset vedenottamon siirrosta ottaen huomioon Äänisen hydrofysikaaliset prosessit. Uusi vedenottamon paikka turvaisi hyvän raakaveden laadun ympäri vuoden (kuva 2.3). Muut vaihtoehdot eivät takaa hyvää vedenlaatua.

Tällä hetkellä keskustellaan paljon Äänisen veden viennistä eteläisiin maihin, missä vettä on hyvin vähän. Käyttäen Äänisen vettä vesihuollon raaka-aineena on otettava huomioon seuraavat seikat:

- Petroskoinlahti, Kontupohjanlahti ja Bolshaja Guban lahti viimevuosina ovat kuormittuneet ja on jo näkyvissä kehittyneen rehevöitymisen seuraamuksia. Petroskoinlahti kuuluu jo vesikemiallisten indikaattoreiden mukaan mesotroofiseen luokkaan, kohtalaisesti rehevöitynyt. Kontupohjanlahden vedessä orgaanisten ja kiinto-aineiden pitoisuudet kasvavat ja sen lisäksi on havaittu erilaisia teollisuuden toiminnasta peräisin tulevia kuormitusaineita: ligniini, lignosulfonatit, furfuroli, metanoli, sulfiidit, teosulfiidit ja muut. Bolshaja guban lahden vedessä on korkeat orgaanisten aineiden ja öljytuotteiden pitoisuudet, paljon kokonaistyppeä ja kokonaisfosforia. Sellaisen veden käsittely edellyttää tehokasta teknologiaprosessia ja kalliita reagensseja.
- Povenetskinlahti, Suur Äänisen, Maloje Onego ja Äänisen keskialeiden vedet ovat toistaiseksi hyvinkin karuja, oligotroofisia. Veden väriluku on pieni (20–30 astetta), orgaanisten aineiden pitoisuus on pieni ja ravinteita on vähän, varsinkin fosforia



Рис. 2.3. Схема расположения существующего водозабора г. Петрозаводска (а) и рекомендованного ИВПС нового места водозабора (в), положение городских очистных сооружений (б) и термобара (пунктиром) по изотерме 4 °С

Kuva 2.3. Petroskoin vedenottamon nykyinen sijainti (а), ehdotus optimaalisesta vedenottamon sijainnista (в), Shuja -joen virtaukset ja kaupungin vedenottamo (б), thermal bar – 4 °C – isotermin mukaan

особенности гидрофизических процессов в Онежском оз., для коренного улучшения ситуации с обеспечением населения чистой питьевой водой во все сезоны года ИВПС КарНЦ РАН рекомендовал перенести водозабор на выход из губы в район Ивановских островов (рис. 2.3, в). Другие варианты строительства нового водозабора, например, в районе сброса сточных вод города не дадут гарантированного качества воды для питьевого водоснабжения во все сезоны года.

В настоящее время разрабатываются проекты по экспорту онежской воды в вододефицитные регионы. Однако при оценке перспектив использования Онежского оз. как источника питьевого водоснабжения следует учитывать следующие обстоятельства:

• Петрозаводская, Кондопожская и Большая губа Повенецкого залива в последние годы испытывают большую антропогенную нагрузку, вследствие чего здесь активно идут процессы загрязнения вод и антропогенного эвтрофирования. В частности, Петрозаводская губа по совокупности химических компонентов перешла в класс мезотрофных водоемов. В Кондопожской губе наблюдается рост содержания органических и взвешенных веществ, кроме того, в воде появились специфические органические вещества техногенного происхождения. В Большой губе увеличилось содержание органических веществ антропогенного происхождения, нефтепродуктов, общего азота и фосфора. Использование воды такого качества указанных губ и прилегающих к ним районов нежелательно и возможно только после проведения эффективной и дорогостоящей реагентной водоподготовки.

• Воды Центрального, Большого и Малого Онего, Повенецкого залива сохранили до настоящего времени олиготрофный характер и достаточно высокое качество. Они слабоокрашены (цветность 20–30 град.), содержат небольшое количество органических веществ, бедны биогенными элементами, особенно общим фосфором (7–10 мкг/л). Такие воды более пригодны для организации питьевого водоснабжения. Однако и им присущи некоторые серьезные недостатки, отмечаемые ниже.

• Онежские воды имеют очень низкую минерализацию. Содержание растворенных солей составляет только 35–40 мг/л. Нижний предел этого показателя официальными документами не нормируется, но питьевая вода является одним из основных источников поступления в организм человека минеральных веществ, необходимых для его нормального функционирования. Оптимальной считается минерализация 300–400 мг/л.

• Содержание органических веществ в воде находится на верхнем пределе нормативных требований и даже несколько превышает его (цветность достигает 40 град.). Вследствие этого в отдельные сезоны может потребоваться проведение мероприятий по снижению этого показателя.

(7–10 µg/l). Vedet ovat sopivia vesihuollon raakavedeksi, mutta niilläkin on omaperäiset piirteet, joista kerrotaan alempana.

• Erittäin pieni mineraalisuolojen pitoisuus. Veteen liuenneiden suolojen pitoisuus on 35–40 mg/l. Virallisesti tällä suurella ei ole alarajaa, mutta juomavesi on ihmisten mineraaliaineiden lähde. Optimaalisena pidetään ionien summaa 300–400 mg/l tasolla.

• Orgaanisten aineiden pitoisuus on taas vaatimustason ylärajoilla, väriluku hieman ylittää nykyiset normit (on jo 40 astetta). Sen takia veden käsittelyssä on käytettävä ylimääräisiä prosesseja.

Arvioiden järven vedenlaatua kokonaisuudessaan kerromme seuraavaa: Järven vedenlaatu on korkea (Современное состояние.., 1998), mutta jotkut lahdet ovat rehevöityneitä ja kuormitettuja. Kontupohjanlahden rehevät vedet vaikuttavat järven keskialueisiin. Järvellä on suuri «kestokyky» ihmisten toiminnasta aiheutuvalle kuormitukselle. Sittenkin, jos vaikka kaikki vesistösuojeluohjelmat toteutuisivat, karu eli oligotrofinen status ei palaudu «automaattisesti». Näin kävi Amerikan ja Euroopan monilla suurilla järvillä. Mahdollinen ilmaston lämpeneminen (vaikka Pohjoisalueiden vesistötutkimuslaitoksen materiaalit eivät tue tiettyjä populaarisia ilmaston kehityksen teorioita) voi nopeuttaa järven rehevöitymistä ja aiheuttaa vedenlaadun arvojen laskua jo 20–30 vuoden päästä. Kestävän kehityksen periaatteet ja päätösten teko negatiivisten seurauksien torjunnassa edellyttää myös huonompien skenaarioiden käsittelyä. Mikäli ennusteiden mukaan teollisuus ja maatalous kehittyvät, järven suojeluohjelman on toteuduttava ympäristösuojelun teknologiaprosessien kautta. Esimerkiksi arvokkaiden kalojen populaatiota voidaan vahvistaa istutuksen avulla.

Järvi on maailman arvokkaimpia makean veden varantoja. Myös sen takia järven ekosysteemin kehitykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Seurantatoiminta antaa mahdollisuuden arvioida vedenlaadun ja muiden resurssien muutoksia.

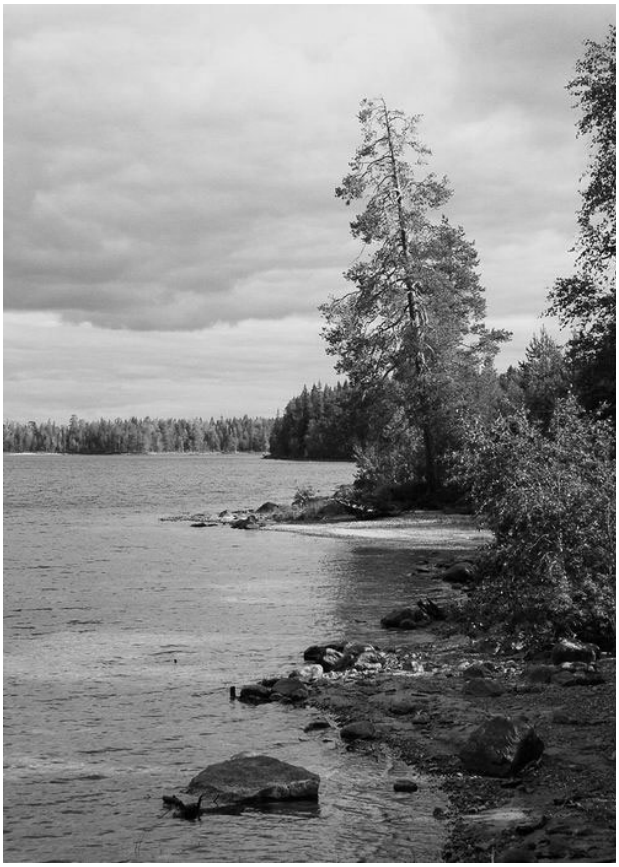


Оценивая в целом состояние озера, отметим, что качество его вод, определенное по совокупности параметров, в настоящее время относится к высокому (Современное состояние.., 1998). Однако отдельные губы и заливы подвержены антропогенному эвтрофированию и токсическому загрязнению. Достаточно подверженные антропогенному воздействию воды Кондопожской губы оказывают существенное влияние на центральную глубоководную часть озера. Устойчивость водной системы озера к антропогенному воздействию высокая, однако, при некотором снижении нагрузки, тенденции изменений неблагоприятные. Однако, как показала практика, даже при уменьшении нагрузок и принятии природоохранных мер восстановить полностью олиготрофный статус не удалось ни на одном из больших озер Европы и Америки. При возможном потеплении климата (хотя данные, имеющиеся в ИВПС по северу России, не согласуются с некоторыми популярными сценариями глобального потепления) может ускориться процесс антропогенного эвтрофирования, и уже через 20–30 лет изменение параметров качества вод станет весьма заметным. Но, безусловно, для устойчивого развития региона и для принятия своевременных мер по предотвращению негативного воздействия необходимо учитывать и самые неблагоприятные стечения обстоятельств. При прогнозируемом увеличении промышленного и сельскохозяйственного производства необходимо предусмотреть внедрение новых технологий, способствующих охране озера, в том числе его водных и биоресурсов. В частности, восстановить роль проходных рыб в озере можно не только за счет природоохранных мероприятий, но и за счет искусственного воспроизведения. Указанные выше особенности развития экосистемы заставляют со всей серьезностью отнестись к экологическим проблемам Онежского оз., одного из немногих водоемов мира, обладающего огромными стратегическими запасами пресной воды. Это требует постоянного мониторинга состояния качества, а также продолжения фундаментальных исследований по изучению изменений в экосистеме озера при разном комплексе условий.

2.4.2. ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО

Ладожское оз. – крупнейший и до недавнего времени один из наиболее чистых пресноводных водоемов Европы. Его олиготрофный статус удерживался вплоть до второй половины шестидесятых годов прошлого столетия. Начавшееся затем движение к мезотрофии, возможно, на фоне естественной цикличности трофии этого водоема (Петрова, 1990) было обусловлено причинами явно антропогенного характера (Ладожское озеро.., 1992, 2002).





2.4.2. LAATOKKA

Laatokka on ollut oligotrofinen eli hyvin karu vesistö 1960-luvun puoleenväliin asti. Sen jälkeen ravinteiden pitoisuudet alkoivat nousta. On mahdollista, että taustalla on järven luonnollinen ravinteiden syklinen muutos (Петрова, 1990), mutta päällimmäisenä oli ihmisten toiminnasta aiheutuvat kuormitukset (Ладожское озеро.., 1992, 2002).

Järven ympäristön kehityksessä voidaan erottaa ainakin viisi vaihetta (Ладожское озеро.., 1992; Viljanen et al., 1994):

Можно выделить, по крайней мере, пять этапов в современной истории динамики экологического состояния озера (Ладожское озеро.., 1992; Viljanen et al., 1994).

- До 1976 г. озеро было олиготрофным со средней концентрацией общего фосфора около 10 мкг/л (рис. 2.4).
- 1976–1983 гг.: увеличение концентрации фосфора в среднем до 26 мкг/л как результат развития промышленности, сельского хозяйства и длительного поступления биогенных веществ в озеро в конце 1960-х – начале 1970-х из антропогенных источников. Экспоненциальный рост всех количественных показателей фитопланктонного сообщества и выдвижение в доминанты таксонов, характерных для водоемов более высокого трофического уровня. Увеличение численности бактериопланктона в эпилимнионе и гиполимнионе и усиление процессов, связанных с бактериальной деструкцией. Быстрый рост накопления в озере органического вещества.
- 1981–1986 гг.: снижение среднеозерной концентрации фосфора (до ~ 22 мкг/л) на фоне стабилизации (впервые с конца 1960-х гг.) первичной продуктивности водоема – усиление бактериальной деструкции. Фитопланктон, характерный для олиготрофных водоемов, начинает вновь доминировать в пелагиальных

- Ennen vuotta 1976 järvellä oli oligotrofinen status ja kokonaisfosforin keskipitoisuus oli noin 10 µg/l (kuva 2.4).
- v. 1976–1983: Teollisuuden ja maatalouden kehitys aiheutti ravinteiden päästöjä ja järvivesien fosforinpitoisuus nousi keskimäärin 26 µg/l asti. Kaikki kasviplanktonin määrälliset arvot nousivat exponentaalisen käyrän mukaisesti, sen lisäksi taksoneista, jotka ovat rehevän järven dominoivia. Epilimnionin (päällysvesissä) ja hipolimnionin (alusvesissä) bakteeriplanktonin määrä kasvoi ja bakteerien destruktioprosessit vahvistuivat. Järven orgaanisten aineiden varannot kasvoivat.
- v. 1981–1986: Järven fosforin keskipitoisuus aleni ~22 µg/l tasolle, samanaikaisesti järven perustuotannon kasvu vakaantui (ensimmäistä kertaa 1960-luvun lopusta alkaen) ja bakteerien destruktioprosessit vahvistuivat. Karujen järvien kasviplanktonin lajit taas dominoivat pelagiasilla (ulappa-) alueilla. Järveen liuennut orgaanisen aineen keskipitoisuus pysyi 9,5–9,8 mgC/l; hypolimnioinissa oli heikkojen happiolosuhteiden merkkejä.
- v. 1986–1989: Fosforin keskipitoisuus oli 21 µg/l; perustuotanto oli edelleen korkealla tasolla, mutta bakteerien destruktioprosessit pienenivät. Pro-

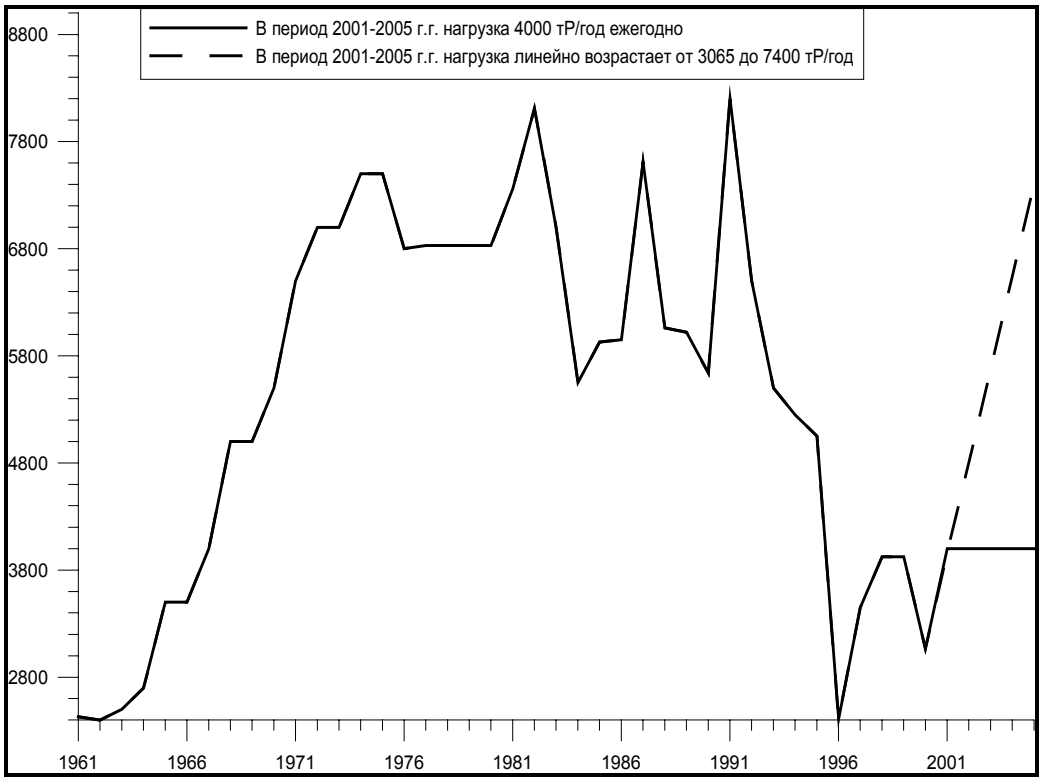


Рис. 2.4. Фосфорная нагрузка на Ладожское оз. в период 1961–2000 гг. (данные Института озероведения РАН) и возможные нагрузки на период 2001–2005 гг.

Kuva 2.4. Fosforin kuormitus Laatokkaan vuonna 1961–2000 välisenä aikana (Venäjän tiedeakatemian järvitutkimuslaitoksen materiaalit) ja vuosien 2001–2005 arviot

провинциях озера. Отмечается стабилизация среднеозерной концентрации органического вещества (ОВ) на уровне 9,5–9,8 мгС/л; появляются свидетельства нарушения кислородного режима в гиполимнионе.

- 1986–1989 гг.: среднеозерная концентрация фосфора составляет 21 мкг/л; объемы первичной продукции по-прежнему велики на фоне общего снижения уровня бактериальной деструкции и доминирования олиготрофного фитопланктона в профундальных провинциях озера. Происходит некоторое снижение содержания ОВ и дальнейшее его накопление в донных отложениях.
- С 1991 г. по настоящее время содержание общего фосфора становится менее 17 мгк/л при существенном падении производства (Современное состояние.., 1998).

Эвтрофикационные процессы и обусловленное ими нарушение *status quo* озерной экосистемы проходили в условиях интенсивных поступлений в озеро химических поллютантов. При среднем очень малом уровне тяжелых металлов (ТМ) в воде по сравнению с Великими Американскими озерами, небольшие поступления в озеро *Cd, Cr, Hg, V, Pb, Ce* приводили к гибели фитопланктона и перераспределению в соотношениях доминантов. Так, например, поступление ртути и ванадия могло явиться причиной снижения доминантной роли синезеленых в летнем планктоне. Исследования последних лет показали, что в озере в настоящее время не отмечается увеличение поступления тяжелых металлов и серьезные проблемы, связанные с его эвтрофированием, отсутствуют (Современное состояние.., 1998).

Улучшение экологического состояния озера обусловлено комплексом мер, предпринятых в 1980–1990 гг.: закрытие и перепрофилирование Приозерского целлюлозно-бумажного комбината, других предприятиях ЦБП (Питкяранта, Ляскеля), совершенствование технологических процессов на Волховском алюминиевом заводе, а также общим снижением антропогенной нагрузки, в особенности вследствие уменьшения в 5–10 раз внесения удобрений в сельском хозяйстве из-за продолжавшегося экономического спада в России в 1990-х гг.

Однако в силу большого объема водной массы и инерционности процессов, как загрязнения, так и самоочищения озера, несмотря на некоторую стабилизацию экологического состояния, до сих пор отчетливо выявляется сокращение численности ценных сортов рыб, в частности, сига (Ладожское озеро.., 2002). Отмечено накопление галогеноуглеродов и ДДТ в тканях озерной фауны, в частности, тюленей и разных пород рыб, что приводит к тяжелым патологиям их внутренних органов (Viljanen et al., 1994; Кудерский и др., 2000).

Ладожское оз. является крупнейшим источником пресной воды на Севере Европейской территории Рос-

fundaalin alueella oligotrofiset kasviplanktonlajit dominoivat. Liuenneen orgaanisen aineen pitoisuus alkoi hieman laskea ja orgaaniset aineet ketätää sedimenteissä.

- v. 1991 alkaen fosforin pitoisuus pienenee ja nykyään on alle 17 µg/l, taustalla on myös teollisuuden tuotannon lasku (Современное состояние.., 1998).

Rehevöityminen aiheutti koko järven ekosysteemin *status quon* muutoksia. Sen lisäksi monet erilaiset kemikaaliaineet pääsivät järveen. Vain hyvin pienet raskasmetallimäärät pääsivät Laatokkaan Suuriin amerikkalaisiin järviin verrattuna. Kuitenkin **Cd, Cr, Hg, V, Pb, Ce** aiheuttivat kasviplanktonin kuolemia ja dominoivien lajien muutoksia. Esimerkiksi elohopean ja vanadiumin päästöt aiheuttavat sinilevien dominoivan määrän laskua kasviplanktonin lajistossa kesällä. Viime vuosien tutkimusten perusteella (Современное состояние.., 1998) todettiin, että raskasmetallien päästöt eivät nouse eivätkä ole järven ekosysteemin vakavana ongelmana.

Ympäristön tilan parantamisen taustalla ovat vuosien 1980–1990 toimenpiteiden seuraukset. Niistä mainitaan Priozerskin, Käkisalmen sellutehtaan sulkeminen, vesistösuojelun ohjelmien toteuttaminen Pitkärannan ja Läskelän sellutehtailla ja Volhovin alumiinitehtaan prosessien kehittäminen. Osittain syynä on myös Venäjän taloudellinen lamakausi 1990-luvulla. Arvion mukaan mineraalilannoiteiden määrät laskivat maataloudessa 5–10-kertaisesti.

Laatokka on todella iso järvi, sen «puskurikapasiteetti» on suuri, myös itsepuhdistusprosessilla on ikioma inertio (hitaus). Vaikka järven ekologinen tila on hieman parantunut, tällä hetkelläkin on näkyvissä pilaantumisen merkkejä. Esimerkiksi arvokalojen populaatiot, kuten siian, ovat laskeneet (Ладожское озеро.., 2002). Kalan ja hylkeen lihassa on havaittu halogeenihiili- ja DDT-yhdisteitä, jotka aiheuttavat sisäelinten vakavia muutoksia (Кудерский, 2000; Viljanen et al., 1994).

Laatokka on Venäjän Pohjois-Euroopan osan parhaimpia makean veden vesistöjä. Järvellä on tärkeä asema Pietarin ja muiden taajamien vesihuollossa. Laatokan pohjoisrannikolla on ainutlaatuisia luonnonkohteita – Laatokan lahtia, salmia ja vuonoja. Niiden suojelu vaati luonnonsuojelualueiden perustamista.

Ihmisten toiminta järven valuma-alueella ja jätevesien suorat päästöt järveen ja sivujokiin vaikuttavat vedenlaatuun. Vaikutusalueet erottuvat useimmiten monissa pohjukoissa ja lahdissa. Kuitenkin järven hydrografiset ominaisuudet ovat sellaiset, että virtaukset kattavat koko järven, tasoittaen ja sekoittaen kuormitusaineet järven massassa kokonaan

сии и имеет важнейшее значение для водоснабжения Санкт-Петербурга и других населенных пунктов. Уникальные природные комплексы сосредоточены в северной части водоема, так называемых Ладожских шхерах, и для сохранения их уникальных ресурсов необходимо создание новых охраняемых территорий.

Хозяйственная деятельность в бассейне озера и поступление разного рода сточных вод как непосредственно в озеро, так и в его притоки приводят к ухудшению качества вод, хотя и локализовано, в отдельных заливах и губах. При этом, в связи с особенностями, учитывая специфику гидрографии, внутриводоемная циркуляция вод охватывает его в целом (Филатов, 1991), что обусловливает относительно равномерное распределение химических веществ по всей акватории. Исключение составляют Сортавальские шхеры и залив Хиденселькя, имеющие ограниченный водообмен с озером. Здесь формируются собственные водные массы, и отмечается наибольший уровень эвтрофирования из всех ладожских шхер.

Наиболее значимым фактором антропогенного влияния на озеро до недавнего времени было избыточное поступление фосфора. В последние десять лет, по данным Г. Ф. Расплетиной, наблюдается тренд уменьшения концентрации общего фосфора с 25 до 15 мкг/л. По данным Н. В. Игнатьевой (Ладожское озеро, 2003), внутренняя фосфорная нагрузка не превышает 10% от внешней. В целом в настоящее время для донных отложений Ладожского оз. преобладают процессы накопления фосфора в железо-связанной форме. Исключение составляют осадки техногенного происхождения, залегающие вблизи промышленных центров, где более 60% фосфора возвращается обратно в воду (поступление фосфора из донных отложений в воду – 1 мг/м^2 в сутки, что в 100 раз выше его поступления из осадков центральных районов озера), но площадь дна, занятая такими накоплениями, невелика. При таком снижении поступления общего фосфора и уменьшении его содержания в водной толще озера есть основание полагать, что его состояние стремится к олиготрофному с концентрацией общего фосфора порядка 10 мкг/л.

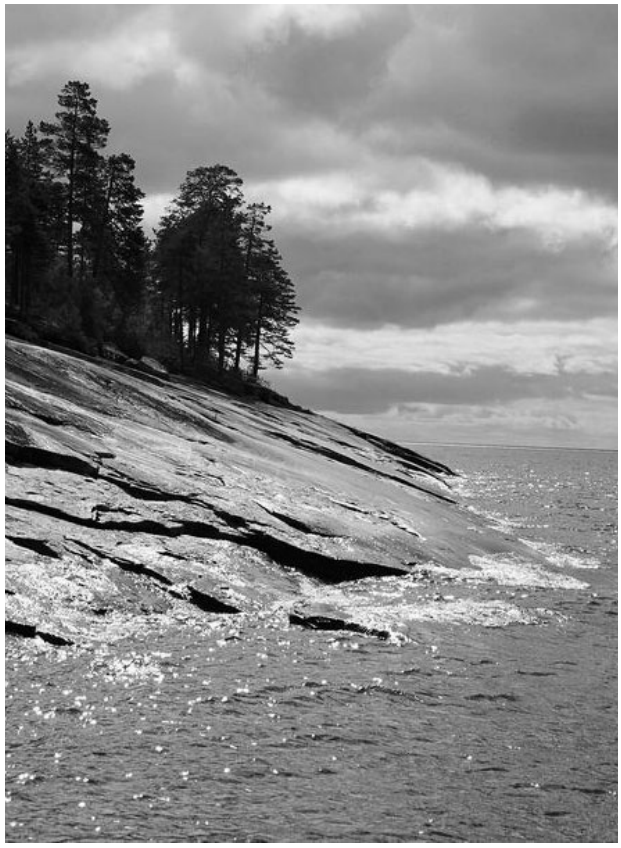
При этом отметим, что поступление фосфора с территории Республики Карелия составляет не более 10%. Основную долю в фосфорную нагрузку дают речные воды и прежде всего р. Волхов (50%), причем половина приходится на точечный источник – Волховский алюминиевый завод.

По классификации П. А. Лозовика (Lozovik, Raspletina, 1999), в целом по химическим показателям воды Ладожского оз. относятся к олигогумозным, приближаясь к границе мезогумозных (цветность 30 град., перманганатная окисляемость – 9 мг O_2/л, Fe общ. < 0,1 мг/л), среднещелочным циркум-нейтральным (Alk – 28 мгHCO_3/л, pH 7,1–7,6), кислородонасыщен-(Филатов, 1991). Poikkeuksena on Sortavalan ja Hiidenselän lahdet, joiden veden vaihtuvuus ulappajärven kanssa on varsin pieni. Siellä on pohjoisrannikon rehevimpiä alueita.

Fosforin päästöt olivat viimeaikoina suurimpia ihmisten toiminnasta aiheutuvia tekijöitä. Viimeisten 10 vuoden aikana, G. F. Raspletinan mukaan, kokonaisfosforin pitoisuus on pienentynyt 25 → 15 µg/l. N. V. Ignatjevan mukaan (Ладожское озеро.., 2003) järven sisäinen kuormitus on korkeintaan 10 % ulkokuormituksesta. Laatokan sedimenteissä eniten fosforia on sitoutunut rautaan. Poikkeuksena on sedimenttien fosfori teollisuuslähteiden ympärillä eli teknogeeniset fosforiyhdisteet, joista 60 % siirtyy sedimenteistä veteen. Arvion mukaan fosforia vapautuu sedimenteistä 1 mg/m^2 päivässä eli 100 kertaa enemmän järven keskialueisiin verrattuna. Sellaisten sedimenttien pinta-ala on toki aika pieni. Havaittujen trendien perusteella voidaan olettaa, että järvi pyrkii karulle (oligotrofiselle) tasolle, jolloin fosforin keskipitoisuus on noin 10 µg/l.

Karjalan Tasavallan osuus fosforin kuormituksessa on korkeintaan 10 %. Olhova ja Volhov-joki tuo 50 % fosforia Laatokkaan. Volhovin alumiinitehtaan osuus Volhov -joen kuormasta on 50 %.

P. A. Lozovikin luokituksen mukaan (Lozovik, Raspletina, 1999) Laatokka kuuluu oligohumusvesistöön (vähän humusta sisältävät vedet) lä-



ным (80–105%) с отсутствием гиполимниального дефицита кислорода, мезотрофным (Р общ. – 15 мкг/л), незагрязненным водоемам, что совпадает с другими оценками, полученными по ряду других параметров (Фрумин, 1998). Химический состав поверхностного слоя донных отложений северной части Ладожского оз. в течение наблюдений отличался стабильными показателями содержания органических веществ, биогенных элементов и металлов. В связи с экономическим спадом производства наблюдается уменьшение антропогенной нагрузки на озеро и идет процесс его «восстановления».

В то же время следует отметить, что для надежной оценки современного состояния озера, тенденций изменения его экосистемы, недостаточно тех мониторинговых наблюдений, которые выполняются сегодня на Ладожском оз. и его притоках. Для выяснения, в какой степени эти тенденции проявляются, требуется проведение дополнительных натурных исследований, при этом большее внимание необходимо уделить мониторингу шхерного района Северной Ладоги.

Некоторые особенности использования ресурсов озера

В настоящее время считается, что Ладожское оз. является безальтернативным источником питьевого водоснабжения Санкт-Петербурга. Однако заметим, что для питьевого водоснабжения используются не воды самого озера, а воды р. Невы. Качество воды последней существенно ухудшается, так как река является крупной транспортной артерией, на ее берегах находятся промышленные и сельскохозяйственные предприятия, населенные пункты – источники загрязненных вод и биогенных элементов. По данным работы (Кудерский и др., 2000), воды р. Невы на всем протяжении характеризуются как «загрязненные» или «умеренно загрязненные». В связи с этим, как и в случае с Онежским оз., для обеспечения населения города качественной питьевой водой приходится вкладывать большие средства на водоподготовку. Для улучшения качества самих озерных вод в бассейне Ладожского оз. проводится комплекс мероприятий по снижению поступления загрязнений путем улучшения технологий производства (Волховский алюминиевый комбинат), строительства комплексов очистных сооружений (КОС), регулирования внесения удобрений, а также закрытия или перепрофилирования предприятий, наносящих вред водам озера (Приозерский ЦБК). Но несмотря на предпринимаемые меры по улучшению качества вод самого озера, поступающие по р. Неве воды сильно загрязнены. Для решения проблем управления качеством вод Ладожского оз. для питьевого водоснабжения можно пойти по пути не только сокращения поступления загрязнений в само

hestyen mesohumusvesistöä, jonka väriluku on 30 astetta (venäläinen asteikko), permanganaattihapettuvuus on 9 mgO_2/l, kok. Fe < 0,1 mg/l), veden alkaliniteetti keskitasolla eli Alk on 28 $mgHCO_3/l$, pH 7,1–7,6), happiolosuhteet hyvät (80–105 %), alusvesissä ei ole hapen puutetta ja järvi on mesotrofinen (kok P on 15 µg/l). Järvi luokitellaan eisaastuneeksi vesistöksi. Vastaavat päätelmät saadaan myös muiden parametrien kohdalla (Фрумин, 1998). Seurannan aikana Laatokan pohjoisalueiden sedimenttien yläkerrosten orgaanisten aineiden, ravinteiden ja metallien pitoisuudet pysyivät samalla tasolla. Laman aikana kuormitus järveen on pienentynyt ja nyt on jo havaittu ekosysteemin «parantumisen» merkkejä.

Toisaalta on korostettava, että seurantatoiminta järvellä, varsinkin pohjoisrannikolla sekä sivujoilla on hyvin puutteellista ja sen takia on hyvin vaikea tehdä johtopäätöksiä järven kehitysmuutoksista. Monien muutosten ominaisuuksien selvitys vaatii myös lisää tutkimustyötä.

Järvivarojen käytön erikoispiirteet

Nykyään Laatokkaa pidetään Pietarin ainoana raakaveden lähteenä, jolla ei ole edes vaihtoehtoa. Korostamme kuitenkin, että Pietarin vesihuollossa käytetään Neva -joen vettä, eikä Laatokan vettä. Neva -joen veden laatu huononee uomaa pitkin, sillä joki on tärkeä vesiliikenneväylä. Joen rannoilla on useita teollisuus- ja maatalouslaitoksia. Taajamien jätevedet kuormittavat Nevajokea eri aineilla. Joen vedenlaatu luokitellaan (Кудерский и др., 2000) kuten «kuormittuneeksi» tai «kohtalaisen likaiseksi». Sen takia, kuten Äänisjärvelläkin, juomaveden valmistuksessa joudutaan käyttämään isoja resursseja. Vesistö- ja ympäristösuojelutoimenpiteet (esim. prosessimuutokset Volhovan alumiinitehtaalla) edesauttavat nostamaan raakaveden laatua. Samaa tavoitetta palvelee myös jätevedenpuhdistamoiden rakentaminen, lannoitteiden määrän optimointi ja ympäristövaarallisten laitosten toiminnan rajoittaminen ja jopa sulkeminen. Siitä huolimatta Nevajoen veden laatu on edelleenkin aika huono ja juomaveden valmistukseen käytetään paljon resursseja. Yhtenä ratkaisuna olisi ns. vesihuollon «kaksoisjärjestelmä», jolloin Nevajoen vettä käytetään vain «teknisiin» tarpeisiin ja juomavettä hankitaan jostakin muualta. Juomaveden raakaveden hankintapaikka olisi esimerkiksi Laatokalla. Erilaisia vaihtoehtoratkaisuja on jo ehdotettu. Esimerkiksi (Водоохранные мероприятия.., 1994) vedenottopaikkana voisi olla alue Käkisalmen edustalla (vaihtoehto 1, kuva 2.5) tai Vuoksen yläjuoksulla (vaihtoehto 2). Pohjavesivarat, jotka ovat 40–80 km

озеро или оптимизации поступления биогенов, но и внедрения современных технических решений. Например, можно использовать смешанную схему водоснабжения города путем использования вод р. Невы для технических нужд, а для питьевого водоснабжения – из других источников, путем переноса водозабора в другое место на Ладожском оз. Туда, где эти воды не загрязнены. При этом вода для городского водозабора даже для технических нужд должна забираться из верхнего течения р. Невы, а очистка сточных вод выше существующих водозаборов должна быть улучшена. Кроме того, в работе (Водоохранные мероприятия.., 1994) предлагается перенос водозабора непосредственно в Ладожское оз. в район г. Приозерска (вариант 1, рис. 2.5) или в верхнее течение р. Вуоксы (вариант 2) и использование воды из подземных горизонтов, расположенных в 40–80 км к юго-востоку от города, которые по оценкам могут обеспечить поступление воды в объеме 15 000 м^3/сут (суточная потребность Санкт-Петербурга для питьевых целей) (рис. 2.6). При первом варианте с учетом того, что качество воды Ладожского оз. выше, чем в р. Неве, существенно уменьшаются масштабы необходимых водоохранных мероприятий. При втором – в верхнем течении р. Вуоксы потребуются небольшие объемы капиталовложений для охраны вод.

Строительство новых водозаборов, от которых вода по трубопроводам будет поступать в город, требует больших инвестиций. Но в то же время для водоснабжения Санкт-Петербурга при использовании р. Невы как источника питьевого водоснабжения на водоохранные мероприятия затраты будут во много раз больше, чем это потребуется при варианте 1 водозабора.

etäisyydellä Pietarista kaakkoon, voisivat antaa 15 000 m^3/d vettä (eli Pietarin juomaveden määrän) (kuva 2.6). Vaihtoehdon 1 alueen Laatokan vedenlaatu on parempi Nevajokeen verrattuna eikä tarvitse paljon investointeja vesistösuojelun toimenpiteisiin. Vuoksen yläjuoksun vaihtoehto vaatii tietyn vesistösuojeluohjelman toteuttamista, mutta myös pienin määrin.

Uusien raakavesiputkistojen rakentaminen vaatii suuria investointeja. Toisaalta arvion mukaan Nevajoen vesistösuojelutoimenpideohjelman toteuttaminen maksaa jopa enemmän kuin vaihtoehto 1:n toteuttaminen.



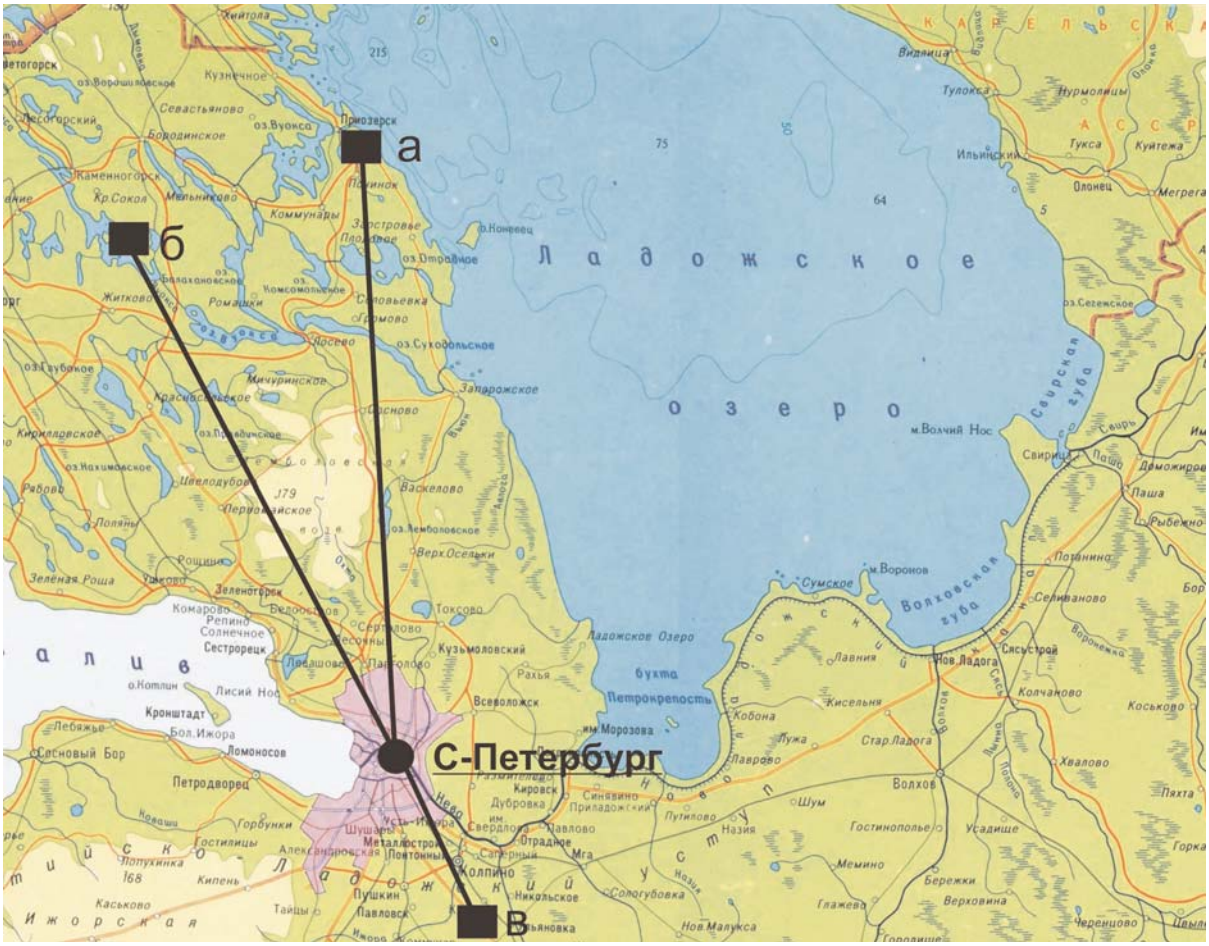


Рис. 2.5. Возможное расположение альтернативных источников водоснабжения г. С.-Петербурга:
а – у г. Приозерска, б – в верхнем течении р. Вуоксы, в – подземные воды (по: Водоохранные мероприятия.., 1994)

Kuva 2.5. Pietarin vesihuollon raakaveden hankintapaikkojen vaihtoehdot:
а – Priozersk edustalla, б – Vuoksen yläjuoksulla, в – pohjavesivarat



Рис. 2.6. Варианты расположения источников водоснабжения г. С.-Петербурга из подземных источников (по: Водоохранные мероприятия.., 1994)

Kuva 2.6. Pietarin vesihuollon pohjavesihankintapaikkojen sijainti

ГЛАВА 3

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КАРЕЛИИ КАК ИСТОЧНИК ВОДОСНАБЖЕНИЯ



OSA 3

KARJALAH TASAVALLAN POHJAVESIVARAT VESIHUOLLOSSA

3.1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

3.1. HYDROGEOLOGISET OLOSUHTEET JA POHJAVESIVARAT

3.1.1. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Подавляющая часть территории Республики Карелия входит в состав Балтийского бассейна трещинных вод, где основной водоносный горизонт, имеющий повсеместное распространение, приурочен к верхней трещиноватой зоне кристаллического массива. И только на юге и юго-востоке республики небольшие площади относятся к окраинам артезианского бассейна Русской платформы. Практически на всей территории развиты также поровые грунтовые воды рыхлых отложений четвертичного покрова.

Гидрогеологические условия региона (за исключением площади распространения осадочного чехла Русской платформы) характеризуются следующими общими чертами. Трещинные воды приурочены к зоне региональной трещиноватости кристаллических пород, мощность которой обычно составляет 30–50 м. Ниже этой зоны породы практически безводные. Только в зонах тектонических нарушений глубина распространения обводненных трещин увеличивается и местами достигает 150–120 м. Вышележащие грунтовые воды четвертичных отложений имеют непосредственную гидравлическую связь с трещинными водами.

Подземные воды, как правило, безнапорные. Лишь на отдельных локальных участках, где в покровных отложениях преобладают глинистые фракции, воды приобретают небольшой напор. Исключение составляют межморенные напорные водоносные горизонты, развитые на юге Карелии, и подземные воды Прибеломорской низменности, где водовмещающие породы повсеместно перекрыты морскими глинами.

Питание подземных вод осуществляется полностью за счет инфильтрации атмосферных осадков, величина которой, определенная при оценке естественных ресурсов подземных вод, составляет обычно 70–100 мм/год (Ресурсы и геохимия.., 1987).

Уровень подземных вод на равнинных участках залегает, как правило, на небольшой глубине – в пределах первых пяти метров. На возвышенных глубина залегания увеличивается до 10, иногда достигая 20 м.

3.1. 1. HYDROGEOLOGISET OLOSUHTEET

Karjalan Tasavallasta suurin osa kuuluu Itämeren valuma-alueen murrosvyöhykkeen pohjavesivaroihin. Melkein kaikkialla on havaittavissa pohjavettä, jota esiintyy kiteisen kallion rikkonaisessa pintaosassa. Tasavallan etelä- ja kaakkoisalueet kuuluvat Venäjän kilven arteesisen valuma-alueen reunaosaan. Koko Tasavallan alueella on myöskin kvarttäärikauden irtomaakerrosten huokospohjavesiä.

Alueen hydrogeologiset olosuhteet (kuvan ulkopuolella on Venäjän kilven kerrostuman kohdat) ovat seuraavat: Rikkonaisen kalliopinnan pohjavesivyöhykkeet ovat yleensä 30–50 m syvyydellä. Pohjavesivyöhykkeen alla on kallioperä, jossa vettä ei ole käytännössä lainkaan. Tektonisten rakenteiden muutoskohdissa vesipitoiset halkeamat paikoin ulottuvat 120–150 m syvyyteen saakka. Kvarttäärikauden kerrostumien pohjavedet ovat hydraulisessa yhteydessä kallion heikkousvyöhykkeiden vesien kanssa.

Pohjavedet ovat yleensä paineettomia. Ainoastaan alueilla, missä on savikerroksia, pohjavesi on hieman paineellista. Poikkeuksellisesti tasavallan eteläalueella moreenimuodostumien välillä havaitaan paineellista vettä johtavia kerrostumia. Paineellista vettä on myöskin Vienanmeren matalikkoalueella, jossa on hyvin paljon merisavikerrostumia.

Pohjavesikerrokset saavat lisävettä sadevesien suotoprosessin myötä. Arvion mukaan 70–100 mm vettä suotautuu maaperään vuodessa (Ресурсы и геохимия.., 1987).

Pohjaveden pinnan taso alavilla maastopaikoilla on yleensä varsin lähellä maapintaa eli ensimmäisen 5 metrin sisällä. Korkeammilla maastoalueilla syvyys kasvaa 10 ja paikoin 20 metriin. Pohjavesikerroksen syvyys peilaa alavilla paikoilla maaston korkeustasoa. Pintavesistöjen ja pohjavesien valuma-alueet ovat lähes yhtenevät, pohjavedet liikkuvat vedenjakajasta lähimmän pintavesistön suuntaan.

В целом зеркало подземных вод в несколько сглаженном виде отражает характер рельефа. Общие гидрогеологические условия открытого кристаллического массива, характеризующегося отсутствием региональных водоупоров, определяют довольно простую схему движения подземных вод для всех комплексов водовмещающих пород. Водосборы поверхностных и подземных вод совпадают, движение подземных вод направлено от водоразделов к ближайшим поверхностным водотокам и водоемам.

Воды четвертичных отложений

Все рыхлые четвертичные отложения являются водоносными. Подземные воды всех типов четвертичных отложений гидравлически тесно связаны между собой, а также с трещинными водами кристаллических пород и поверхностными водами. Исключение составляют лишь межморенные горизонты, развитые на ограниченной территории.

В регионе выделяются подземные воды следующих основных типов:

- современных торфяно-болотных отложений;
- морских отложений;
- озерно-ледниковых отложений;
- флювиогляциальных отложений;
- отложений островных ледниковых возвышенностей;
- ледниковых отложений;
- межледниковых отложений.

ВОДЫ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Болотные отложения залегают на всех генетических типах четвертичных отложений, развитых в регионе, и занимают слабодренированные впадины рельефа и плоские водоразделы. Мощность торфяников обычно составляет 0,5–2 м, достигая в крупных массивах 5–6 м. Торфяники характеризуются большой влагоемкостью, но обладают плохой водоотдачей. Водопритоки в мелиоративные канавы составляют 0,01–0,1 л/с на 1 погонный метр. Питание болотных вод происходит в основном за счет атмосферных осадков и в меньшей степени подземных вод, поступающих из окружающих болота водоносных горизонтов. Разгружаются болотные воды, главным образом, в поверхностные водоемы и водотоки.

Являясь довольно емкими коллекторами, торфяники играют определенную роль в формировании речного стока, особенно в меженные периоды.

Болотные воды отличаются значительным содержанием органического вещества, аммонийного азота, высокой цветностью, в связи с чем ухудшается качество вод принимающих их рек и озер.

ВОДЫ МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ. Морские осадки занимают Прибеломорскую низменность и тянутся широкой полосой (15–30 км) вдоль побережья Белого

Kvarttäärikauden kerrostumien pohjavedet

Kaikki kvarttäärikauden irtomaakerrostumat ovat vettä johtavia. Nämä kerrostumat sen lisäksi ovat hydraulisesti yhteydessä keskenään ja lisäksi kallion halkeamiskerrostumien ja pintavesistöjen kanssa. Poikkeuksena ovat vain moreenien väliset kerrostumat, mutta niiden levinneisyys on hyvin rajoittunut.

Tasavallan alueella havaitaan seuraavat pohjavesimuodostumat:

- nykyisten turve- ja suoalueiden kerrostumat;
- merikerrostumat;
- järvi- ja jäätikkökerrostumat;
- glasifluviaaliset kerrostumat;
- jäätikkösaarien korkeiden alueiden kerrostumat;
- jäätikkökerrostumat;
- jäätiköiden väliset kerrostumat.

NYKYISTEN TURVE- JA SUOALUEKERROSTUMIEN POHJAVEDET

Suosedimentit ovat kaikkien kvarttäärikautisten kerrostumien päällä. Yleensä suot muodostuvat maaston alaville tasaisille paikoille tai syvännekohtiin huonosti läpäisevien kerrosten päällä. Turvekerros on yleensä 0,5–2 metriä paksu, suurella suoalueella jopa 5–6 metriä. Turpeella on erittäin hyvä veden imukyky ja vastaavasti huono veden johtavuus. Suotovesien valunta soiden sarkaojissa on 0,01–0,1 l/s per ojan juoksumetri. Suot saavat eniten vettä ilmakehästä ja vähemmän pohjavesistä. Soiden purkuvesistönä ovat pääosin pintavesistöt.

Soilla on varsin mittava vesitilavuus ja niillä on oma roolinsa jokien virtaaman muodostumisessa, varsinkin vuoden vähänvetisenä aikana.

Suovedessä on paljon orgaanisia aineita, ammonium typpeä ja haju ja maku on huono. Suovedet vaikuttavat negatiivisesti jokien ja järvien veden laatuun.

MERIKERROSTUMIEN POHJAVEDET

Merisedimenttivyöhyke on 15–30 km leveä alue pitkin Vienan meren rannikkoa. Kerrostumien alaosa on hienorakeista hiekkaa ja se johtaa vettä. Kerrostumaa on havaittu kaikkialla ja sen paksuus on 1,2–1,5 metriä. Välillä on savi- ja hietasavikerroksia, joiden paksuus on 10–15 metriä. Kerrostumien alla on moreenia tai kallio. Pohjavedet ovat paineellisia ja ne ovat hydraulisesti yhteydessä alapuolella olevien kerrostumien kanssa.

Kerrostumat ovat siis lähellä maapinta ja niiden antoisuus on pieni, mutta siitä huolimatta pohjavesillä on tärkeä merkitys pienten taajamien vesihuollossa. Muistetaan, että pintavesistöjen veden laatu on siellä

моря. Водоносной является нижняя часть разреза, сложенная преимущественно мелкозернистыми песками. Горизонт этот имеет в указанном районе повсеместное распространение и среднюю мощность 1,2–1,5 м. Перекрывается он глинами и суглинками мощностью от нескольких до 10–15 м, подстилается мореной или кристаллическими породами. Воды горизонта, как правило, напорные, гидравлически связанные с нижележащими водоносными отложениями. Водообильность горизонта невысока. Несмотря на это, он имеет определенное значение для водоснабжения небольших населенных пунктов благодаря повсеместному распространению и неглубокому залеганию, а также в связи с плохим качеством поверхностных вод в этом районе. Местами воды горизонта имеют повышенную минерализацию.

ВОДЫ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Имеют довольно широкое распространение, располагаясь чаще всего на пониженных участках рельефа, вдоль крупных озер и рек, в краевых частях флювиогляциальных полей. Наиболее крупные площади их развития характерны для района Повенецкого залива Онежского оз., западного побережья оз. Сегозера, бассейнов рек Шуи, Водлы, Воломы.

Горизонт сложен мелко- и среднезернистыми песками, местами встречаются крупнозернистые разности. Мощность отложений чаще всего 5–10, местами до 20 м, а на побережье Повенецкого залива она достигает 30 м.

Глубина залегания уровня подземных вод 1–1,5, редко 4–5 м. Фильтрационные свойства довольно изменчивы, но в целом относительно высокие. Удельный дебит скважин колеблется от 0,05 до 1 л/с. Воды озерно-ледниковых отложений пресные, используются для питьевого водоснабжения в ряде населенных пунктов.

ВОДЫ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Флювиогляциальные отложения слагают волнистые равнины, приуроченные обычно к понижениям доледникового рельефа, а также значительные по протяжению линейно-вытянутые зоны шириной 5–15 км. Они встречаются по всей территории Карелии за исключением Прибеломорской низменности, а на некоторых водосборах занимают до 15% площади.

Флювиогляциальные отложения представлены хорошо отмытыми, отсортированными, обычно слоистыми песками различной зернистости. Местами встречаются прослои грубозернистых песков, гравия и галечника.

Мощность обводненной зоны отложений обычно 3–10, местами достигает 15–20 и более метров. Уровень подземных вод располагается на глубине от 0,5 до 6 м, чаще 1–3 м. Питание их осуществляется атмосферными осадками, причем на некоторых участках величина инфильтрации достигает 400–450 мм в год, что составляет в среднем 80% годовой нормы осадков.

huono. Paikoin veden suolojen pitoisuus on korkea ja se on kelvotonta raakavetenä.

JÄRVIEN JA JÄÄTIKÖN KERROSTUMIEN POHJAVEDET

Tämän muodostumatyypin pohjavesiä esiintyy laajalti Tasavallan alueella. Ne sijaitsevat maaston matalissa kohdissa eli suurissa jokiuomissa ja järvialueilla sekä glasifluvialisten kenttien reunoilla. Esimerkiksi hyvin laaja pohjavesialue on Äänisen Ponevetskin lahden ympärillä, Segozerojärven länsirannikon liepeillä, Suojoen, Vodlajoen ja Volomajoen valuma-alueilla.

Kerrostuma koostuu hieno- ja keskirakeista hiekasta, paikoin myös karkearakeisista hiekoista. Kerrostumien paksuus on usein 5–10 metriä, paikoin 20 metriä. Povenetskin lahden seudulla paksuus voi saavuttaa 30 metriä.

Kerrostuman syvyys on 1–1,5, joskus 4–5 metriä. Sen suotokyky vaihtelee suurissa määrin. Veden läpäisykyky on kuitenkin yleensä aika hyvä. Kaivojen antoisuus vaihtelee 0,05 ja 1 l/s välillä. Järvi- ja jäätikköalueiden pohjavedet ovat makeita ja niitä käytetään taajamien vesihuollossa juomaveden raakavetenä.

GLASIFLUVIAALISTEN KERROSTUMIEN POHJAVEDET

Glasifluviaalisia kerrostumia on syntynyt ennen jäätikkökautta alaville maastopaikoille ja niistä on muodostunut aaltomaisia tasankoja. Kerrostumat ovat 5–15 km leveitä ja varsin pitkiä vyöhykkeitä. Tämäntyyppiset alueet kattavat joillakin valuma-alueilla jopa 15 % pinta-alasta ja niitä havaitaan koko tasavallan alueella, paitsi Vienan meren rannikkoalueella.

Glasifluviaaliset kerrostumat koostuvat hyvin huuhoutuneesta hiekasta, joka on yleensä myös kerroksellinen ja hyvin lajittunut. Hiekkaa on eri raekokoa, mutta enimmäkseen on kuitenkin joko pientä tai keskikokoista ainesta. Paikoin havaitaan karkearakeisen hiekan, soran ja vierinkivisoran välikerroksia.

Glasifluviaalisten vettäjohtavien kerrosten paksuus on yleensä 3–10, paikoin 15–20 metriä ja enemmänkin.

Pohjaveden syvyys on 0,5–6 metriä, useimmiten 1–3 metriä. Lisävesi muodostuu sadevedestä ja korostettakoon, että paikoin vettä muodostuu jopa 400–450 mm vuodessa eli 80 % vuoden sademäärästä. Soverin mukaan (Soveri, 1985) hyvin lajittuneissa kerrostumissa vettä muodostuu jopa 88 % sademäärästä. Pohjavedet purkautuvat jokiin, järviin, soihin ja osittain pääsevät kallion halkeamiin. Todellinen maahansuotautumisnopeus on mitattu Suomen selkäalueilla (314 mittausta) ja se vaihtelee 2,9 ja 73 m/vuorokausi (keskimäärin 13,6 m/vuorokaudessa) (Mälkki, 1979).

По данным (Soveri, 1985) на инфильтрацию в сортированных отложениях приходится до 88% общего количества атмосферных осадков. Воды разгружаются в реки, озера, болота и частично расходуются на питание трещинных вод. По результатам индикаторных определений действительные скорости фильтрации в песках озовых отложений Финляндии изменяются от 2,9 до 73 м/сут (в среднем 13,6 м/сут) (Mälkki, 1979).

Дебит родников составляет обычно 0,1–1 л/с. Зафиксировано более 30 родников с дебитом выше 1 л/с (Ресурсы и геохимия.., 1987). К указанным отложениям приурочен и один из самых крупных родников Карелии – незамерзающее оз. Талая ламба (бассейн р. Семчи) с дебитом от 40 (зимой) до 150 л/с (летом). Мощность флювиогляциальных отложений в этом районе достигает 40 м.

Воды отложений, как правило, ультрапресные (минерализация менее 100 мг/л), насыщены кислородом, содержат незначительное количество органического вещества. Широко используются населением в питьевых целях, в Финляндии служат основным объектом хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В целом данный тип отложений благодаря довольно широкому распространению, благоприятным условиям питания и аккумуляции подземных вод, высоким фильтрационным свойствам, неглубокому залеганию и хорошему качеству вод является наиболее перспективным для водоснабжения.

ВОДЫ ОТЛОЖЕНИЙ ОСТРОВНЫХ ЛЕДНИКОВЫХ ВОЗВЫШЕННОСТЕЙ. Островные ледниковые возвышенности, сложенные мощной толщей четвертичных отложений, занимают площадь в сотни и тысячи квадратных километров. Наиболее крупные массивы располагаются северо-восточнее оз. Выгозера, у юго-западного берега оз. Сямозера, к юго-западу от оз. Водлозера, северо-восточнее оз. Нюк. Возвышенности сложены (снизу вверх) ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями. Ледниковые отложения имеют преимущественно песчаный состав, реже встречаются супеси и суглинки с гравийно-галечниковым материалом. Пески преимущественно мелкозернистые, иногда пылеватые. Водно-ледниковые образования представлены отмытыми песками различной зернистости. Средняя мощность водоносного горизонта составляет 10–15 м, местами достигая 20–30 м.

Водообильность пород неравномерная. Повышенными фильтрационными свойствами характеризуются водно-ледниковые отложения. Дебит родников колеблется от 0,1 до 5 л/с. Удельный дебит скважин – 0,1–0,2 л/с, хотя получены и высокие водопритоки: в п. Пряжа дебит скважины составлял 1,8 л/с, в Маньге – 4,9 л/с.

В целом рассматриваемый комплекс с учетом литологического состава и мощности отложений можно рассматривать как перспективный для водоснабжения.

Lähteiden antoisuus on yleensä 0,1–1 l/s. On löydetty enemmän kuin 30 lähdettä, joiden antoisuus on suurempi 1 l/s (Ресурсы и геохимия.., 1987). Talaja lamba-niminen lähde on Karjalan suurimpia (Semchijoen valuma-alue) ja se kuuluu glasifluviaalisten kerrostumien tyyppiin. Lähteen antoisuus vaihtelee 40 (talvella) ja 150 l/s (kesällä) välillä. Kerrostumien paksuus on siellä 40 metriä.

Pohjavedet ovat erittäin makeita (suolojen pitoisuus on alle 100 mg/l), ne ovat hydrokarbonaatti-sulfaatti-kalkki-magnesiumpitoisia, vedessä on runsaasti happea ja vähän orgaanista ainetta. Asukkaat käyttävät pohjavettä juomavetenä. Suomessa glasifluviaaliset pohjavedet ovat juoma- ja talousveden tärkein raaka-aine.

Meilläkin näillä pohjavesillä on hyvät näkymät vesihuollon kehityksessä, koska kerrostumia esiintyy monissa paikoissa. Alueellamme on hyvät olosuhteet – kerrostumat läpäisevät paljon vettä ja pohjavesivarat lisääntyvät. Pohjavedet ovat lähellä maanpintaa ja niiden laatu on hyvä.

JÄÄTIKKÖSAARIALUEIDEN KERROSTUMIEN POHJAVEDET

Jäätikön ylänköalueiden (saarien) kerrostumat ovat satojen ja tuhansien neliökilometrien laajuisia. Ne koostuvat paksuista kvarttäärinkauden sedimenteistä. Suurimmat ovat Vygozerojärvestä koilliseen, Säämäjärven lounaisrannikolla, Vodlozerojärven lounaisrannikolla ja Njukjärvestä koilliseen. Ylängön perustana ovat jäätikkökerrostumat, ne ovat syntyneet jäätikön sulamisen aikana. Jäätikkökerrostumat ovat hiekkaa, harvemmin hietasavea ja hiekkasavea, joissa on sora-ainesta. Hiekat ovat hienorakeisia, pölymäisiä. Vettäjohtavien kerrostumien paksuus on 10–15 m, paikoin 20–30 metriä.

Kerrostumien antoisuus on vaihteleva. Jäätikön jälkeen syntyneissä kerroksissa veden antoisuus on suurempi. Lähteiden antoisuus vaihtelee 0,1 ja 5 l/s. Kaivojen antoisuus on 0,1–0,2 l/s, joskin on runsasvetisiäkin kaivoja: Prääsän kylässä kaivon antoisuus on 1,8 l/s ja Mangan kylässä 4,9 l/s.

Nämä pohjavesiesiintymät ovat myöskin lupaavia paikkoja vesihuoltoa kehittäessä ottaen huomioon kerrostumien paksuus ja koostumus.

JÄÄTIKKÖKERROSTUMIEN POHJAVEDET

Jäätikkökerrostumaa eli moreenia on alueemme joka kolkassa. Moreenia ei ole vain siinä, missä peruskallio nousee maapinnalle. Moreeni koostuu pieni- ja hienorakeisesta hiekasta, usein pölymäisestä hiekasta sekoittuneena soran ja vierinkivisoran kanssa. Moreenin erikoisuus on ainesten epätasaisuus, toisin sanoen ainekset ovat lajittuneet huonosti, pinnalla on paljon isoja kivilohkareita ja vierinkiviä. Vettä on

ВОДЫ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИИ. Ледниковые отложения (морена) имеют почти повсеместное распространение. Они отсутствуют на относительно ограниченных участках, где коренные породы выходят на дневную поверхность.

Морена сложена валунными песками преимущественно мелко- и тонкозернистыми, часто пылеватыми, с гравием и галькой, а также супесями. Меньшее распространение имеют глинистые пески, суглинки и глины. Характерными чертами морены являются несортированность материала, неоднородность состава по разрезу и площади, обилие валунов у поверхности.

Обводненность ледниковых отложений в целом слабая. В районах развития суглинистой и глинистой морены водоприток в скважины и колодцы составляет сотые доли литра в секунду. В песчаной и супесчаной морене удельный дебит скважин колеблется в пределах 0,01–0,1 л/с, дебит родников составляет 0,01–0,5 л/с, редко превышая 1 л/с.

Несмотря на низкий в большинстве случаев водоприток, воды в связи с их широким распространением и небольшой глубиной залегания часто используются населением. Водозабор осуществляется из колодцев и каптированных родников.

ВОДЫ МЕЖЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Комплекс ледниковых и межледниковых отложений занимает площадь в пределах Онежско-Ладожского водораздела от Петрозаводской губы Онежского оз. и западного склона Олонецкой возвышенности до оз. Ведлозеро. Он включает пять ледниковых горизонтов и пять межледниковых. Ледниковые горизонты представлены в основном суглинками и супесями. Межледниковые горизонты, за исключением самого верхнего – онегоозерского, сложены преимущественно ленточными глинами с прослоями и линзами песков, часто глинистых.

Единственным хорошо выдержанным по площади водоносным горизонтом является онегоозерский горизонт, залегающий под основной (осташковской) мореной. Мощность горизонта от нескольких до 40 м.

Скважинами онегоозерский горизонт не опробован. Об относительно высокой водообильности отложений можно судить только на основании родникового стока. Так, в долине р. Святреки, ниже впадения ее правого притока – р. Совды, на участке длиной около 4 км зафиксированы девять родников, шесть из них имеют дебит от 1 до 5 л/с (Ресурсы и геохимия.., 1987).

Для родников онегоозерского горизонта характерно постоянство режима: дебит, температура и химический состав вод не испытывают сезонных изменений. Характерно повышенное содержание железа. Воды горизонта населением не используются.

Трещинные воды

Трещинные воды имеют повсеместное распространение и приурочены к верхней трещиноватой зоне

jäätikkökerrostumissa yleensä aika vähän. Hietasavimoreenialueella porakaivoon tai kaivoon tulee vain litran sadasosa vettä sekunnissa. Hiekka ja hiekkasavikerrostumissa porakaivon (putkesta) antoisuus vaihtelee 0,01–0,1 l/s välillä, ja lähteiden antoisuus on 0,01–0,5 l/s, harvoin yli 1 l/s.

Pienestä antoisuudestan huolimatta ihmiset käytävät tätäkin pohjavettä, sillä esiintymiä on hyvin monissa paikoissa. Vedessä on hydrokarbonaattia ja kalkkia, mutta suoloja vähän. Vedenotto useimmiten tapahtuu kaivoista tai rakennnetuista lähteistä, harvoin porakaivoista.

JÄÄTIKÖIDEN VÄLISTEN AIKOJEN KERROSTUMIEN POHJAVEDET

Äänisen ja Laatokan vedenjakajaseuduilla, Äänisen Petroskoin lahden ja Aunuksen ylängön länsipuolen seudulta Vedlozerojärven suuntaan, esiintyy jäätikön ja jäätiköiden välisten aikojen kerrostuma-alueita. Kerrostumissa on viisi jäätikkökerrosta ja viisi väliajan kerrosta. Jäätikkökerrokset koostuvat hiesuja hietasavesta. Nauhasavikerrokset ovat muodostuneet jäätiköiden välisenä aikana. Näissä kerroksissa on hiekka- ja hiekkasavivälikerroksia. Poikkeuksellinen on kaikista ylin kerros eli onegozerskin (Äänisen) kerros, joka on varsin laaja ja vettäjohtava. Onegozerskin kerroksen paksuus vaihtelee muutamasta metristä 40 metriin ja sen päällä on perusmoreenia (ostashkovin moreenikerros).

Onegozerskin kerrosta ei ole vielä tutkittu porakaivojen avulla. Voidaan kuitenkin arvioida, että sen vesipitoisuus on aika runsas. Esimerkiksi, Svjatjoen laaksossa, Sovdajoen oikeanpuolisen sivujoen alajuoksulla 4 km matkalla on havaittu 9 lähdettä, joista 6:n antoisuus on 1–5 l/s (Ресурсы и геохимия.., 1987).

Onegozerskin kerrostuman pohjavedenantoisuus, lämpötila ja laatu pysyvät samana koko vuoden ajan. Veden mineralisaatio vaihtelee 100 ja 300 mg/l välillä ja vedessä on paljon rautaa. Paikalliset ihmiset eivät käytä tämän kerroksen pohjavettä juomavetenä.

Ruhjeiden pohjavedet

Ruhjeiden pohjavesi muodostuu peruskallion yläosan halkeamiin, rakoihin ja sitä esiintyy monissa paikoissa. Kerrosten paksuus vaihtelee 20–30 ja 70–80 metrin välillä. Tektonisissa siirroksissa ruhjevyöhykkeen pohjavesikerroksen syvyys ylittää 100–150 metriä, paikoin 300 metriä ja enemmänkin. Ruhjeita on vähemmän ja ne ovat matalia kalliointruusioissa ja graniitti-gneississä vulkaanisiin kerrostumiin verrattuna. Porakaivotutkimusten perusteella voidaan todeta, että eniten ruhjeita on 30–40 metrin

кристаллического массива, имеющей региональное развитие. Мощность зоны региональной трещиноватости пород изменяется обычно от 20–30 до 70–80 м. В зонах тектонических нарушений глубина распространения трещиноватости увеличивается до 100–150 м, иногда достигает 300 и более метров. Глубина развития и степень трещиноватости в интрузивных породах и гранитогнейсах архея, как правило, меньшая, чем в осадочно-вулканогенных образованиях. По данным бурения, наиболее интенсивная трещиноватость отмечается до глубин 30–40 м, глубже породы становятся слаботрещиноватыми. Необходимо отметить, что иногда интервалы более обводненных трещиноватых пород залегают ниже слаботрещиноватых. Зоны эффективной трещиноватости пород, где они обладают фильтрационными свойствами, прослеживаются до 40–60 м, причем максимальная скорость движения вод (в среднем 0,2–0,6 м/сут) в большинстве случаев установлена на глубине до 10–20 м.

В целом следует подчеркнуть, что как в области распространения экзогенной трещиноватости, так и в тектонических зонах наиболее высокие фильтрационные параметры характерны для глубин до 40–50 м. Аналогичные закономерности изменения фильтрационных свойств кристаллических пород установлены в Финляндии. По результатам бурения скважин для водоснабжения определено, что основные притоки подземных вод получены в интервале глубин до 50 м, с больших глубин водоприток заметно уменьшается (Ronka, 1983).

Водовмещающие кристаллические породы на большей части территории обводнены на всю мощность трещиноватой зоны, и зеркало подземных вод располагается в вышележащих четвертичных образованиях. Только на возвышенных участках кристаллические породы могут быть дренированы на 1–5 м, редко до 10 м.

Фильтрационные свойства трещиноватых пород изменчивы и, как правило, низкие. Удельный дебит скважин изменяется от 0,001 до 0,2 л/с, чаще от 0,01 до 0,05. Этот показатель в зонах тектонических разломов несколько выше. Средние коэффициенты водопроводимости пород различных структурно-формационных комплексов примерно одного порядка (колеблются в пределах 1–10 м^2/сут) и характеризуют кристаллические породы в целом как слабообводненные. Дебит родников обычно составляет сотые и десятые доли литра в секунду и очень редко превышает 1 л/с. По данным гидрогеологических съемок, максимальное количество родников зафиксировано на Онежской структуре, сложенной породами ятулийского и заонежско-суйсарского комплекса. Подавляющее большинство их имеет дебит 0,1–0,5 л/с, в нескольких родниках зафиксирован дебит от 1 до 5 л/с. Наиболее крупные родники приурочены к карбонатным породам ятулия.

syvyyteen saakka ja syvemmällä kalliossa niitä on vähemmän. Korostakoon, että paikoin runsaasti vettäsisältäviä kerroksia esiintyy sellaisen kallion alla, jossa on vähän halkeamia.

Geofysikaallisten tutkimusten perusteella (sähkökartoitus, virtaamien mittaukset, resistiivimittaukset) todettiin, että tehokasta suotautumista ruhjeissa tapahtuu 40–60 metrin syvyyteen saakka. Lisäksi on havaittu veden maksimaalinen virtausnopeus (keskimäärin 0,2–0,6 m/vuorokausi) 10–20 metrin syvyydellä.

Ns. tektonisten kontaktialueiden vyöhykkeessä kallion rikkoutumisaste on korkeampi, jossa rikkonaisuus ulottuu muutaman sadan metrin syvyyteen saakka. Yleensä voidaan todeta, että eksogeenissa ruhjevyöhykkeissä ja tektonissa vyöhykkeissä suurimmat vesien läpäisevyysarvot on havaittu 40–50 metrin syvyyteen saakka. Samankaltaisia johtopäätöksiä on saatu Suomessa kallioselvityksissä. Siellä porakaivotutkimuksissa todettiin, että parhaimmillaan pohjavesien lisääntyminen tapahtuu 50 m saakka. Syvemmällä pohjaveden lisääntyminen on huomattavasti pienempi (Ronka, 1983).

Tasavallassa suurin osan vettänpidättävistä kallioista on täynnä vettä koko rikkoutumisvyöhykkeessä. Pohjaveden pinnan taso on ylemmässä kvarttäärikauden kerrostumassa. Vain korkeiden paikkojen kalliot ovat ojitettuja 1–5 m, harvoin 10 m syvyydellä.

Ruhjevyöhykkeissä maa-ainesten vedenläpäisyarvot ovat hyvin erilaiset ja yleensä varsin pienet. Porakaivojen ominaisantoisuus, joka kuvaa maa-ainesten vesimäärää vaihtelee 0,001 ja 0,2 l/s, useimmiten 0,01 ja 0,05 l/s välillä. Tektonisten murrosalueiden arvot ovat hiukan suurempia. Eri maa-ainesten vedenläpäisevyyskertoimet ovat yleensä samaa luokkaa (vaihtelevat 1 ja 10 m^2/vuorokausi). Luokituksen mukaan nämä aineskerrostumat kuuluvat vähänvetisten joukkoon. Lähteiden antoisuus on yleensä litran muutama sadas- tai kymmenesosa ja se ylittää 1 l/s erittäin harvoin. Hydrogeologisten tutkimuksissa havaittiin, että eniten lähteitä on Onezskaja struktuurin seudulla, johon kuuluvat jatuliskin ja zaonezsko-suisarskin kompleksit. Lähteiden antoisuus on 0,1–0,5 l/s, jonkun 1–5 l/s. Suurimmat lähteet kuuluvat jatuliskin karbonaattimaa-ainesalueelle.

Ruhjevyöhykkeiden pohjavesien ominaisuudet ovat hyvin tasaisia siellä, missä on myös laajat kvarttäärikauden kerrostumat. Pohjavesien lämpötila 3–5 ºC pysyy koko vuoden ajan ja kemiallinen koostumus pysyy samana myöskin. Siellä, missä kallio on lähellä maan pintaa, veden laatu vaihtelee vuodenaikojen välillä ja jotkut kaivot kuivuvat kesällä ja jäätyvät talvella.

Ruhjealueiden pohjavettä käytetään tänäänkin siitä huolimatta, että vedenantoisuus on pieni. Pora-

Режим трещинных вод относительно постоянный в районах, где развит четвертичный покров. Температура подземных вод не испытывает здесь заметных сезонных колебаний и составляет 3–5 °С, отмечается постоянство химического состава. Менее устойчивым режимом обладают воды на участках выхода кристаллических пород на поверхность. Дебит родников здесь существенно изменяется по сезонам года; многие колодцы летом пересыхают, а зимой вымерзают.

Несмотря на небольшую водообильность, трещинные воды до настоящего времени наиболее широко используются для водоснабжения и являются основным объектом эксплуатации водозаборными скважинами.

Водоносные горизонты осадочного комплекса Русской платформы

На крайнем юге и юго-востоке Карелии располагаются районы, приуроченные к зоне сочленения юго-восточного склона Балтийского щита и северо-западной окраины Русской плиты. Породы осадочного чехла в пределах административных границ Карелии представлены каменноугольными, девонскими и верхнепротерозойскими (валдайская серия) отложениями.

ВОДЫ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ И ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ. Наиболее водообильными комплексами в пределах Карелии (Пудожский район) являются михайловско-алексинский, представленный песками с прослоями глин и алевролитов, и бучерско-семилукский, характеризующийся выдержанностью песчаного состава. Подземные воды повсюду напорные. Фильтрационные свойства отложений изменяются в широких пределах – удельный дебит скважин изменяется от 0,05 до 7,5 л/с.

ВОДЫ ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ. Отложения валдайской серии представлены котлинским и гдовским горизонтами.

В Пудожском районе котлинский напорный горизонт не выдержан по литологическому составу и водообильности. В долине р. Водлы горизонт залегает под четвертичными отложениями, удельный дебит скважин достигает 0,5 л/с, к югу – уменьшается до 0,02 л/с. В этом же направлении увеличивается минерализация вод – от 0,2 до 2 г/л.

На юге Карелии отложения валдайской серии тянутся широкой полосой от Ладожского оз. до западного склона Олонецкой возвышенности. Котлинский горизонт распространен на значительной площади Олонецкой равнины. Водоносной является пачка песчаников мощностью 20–30 м, перекрытая глинистой толщей. Вблизи северных границ водоносные песчаники залегают непосредственно под четвертичными отложениями. В настоящее время воды горизонта используются для водоснабжения г. Олонца и другими.

kaivot yleensä sijoitetaan nimenomaan tämän tyyppisen pohjaveden käyttöä varten.

Venäjän kilven kerrostumien pohjavesivarat

Karjalan Tasavallan kaakkoisalueet kuuluvat Itämeren – Fennoskandian kaakkois-osan ja Venäjän kilven luoteisosan esiintymisvyöhykkeelle. Karjalan Tasavallan kerrostumalohkon maa-ainekset ovat kivihiili-, devoni- ja yläproterozoiskin (valdain sarja) kivilajeja.

KIVIHIILI- JA YLÄDEVONIKERROSTUMIEN POHJAVEDET

Karjalan Tasavallan alueella (Pudozski hallinnollinen piiri) on mihailovski-aleksinskin kompleksi, joka on varsin runsasvetinen. Kompleksissa on hiekkakerroksia ja savi- ja alevroliittivälikerroksia. Toinen on bucherno-semilukski-kompleksi, jonka hiekkalajitteet ovat hyvin tasarakeisia. Pohjavesi on paineellista. Kerrostumien läpäisykyky vaihtelee ja niiden ominaisantoisuus on 0,05–7,5 l/s.

YLÄ-PROTEROZOISKIN KERROSTUMAN POHJAVEDET

Valdaiskin sarjan kerrostumat ovat kotlinskin ja gdovin horisontissa.

Pudozskin hallintopiirissä kotlinskin painehorisontti on hyvin epätasainen litologisesti ja vesipitoisuudelta. Vodlajoen laaksossa horisontti on kvarttäärikauden kerrostumien alla ja sen antoisuus on jopa 0,5 l/s antoisuuden pienetessä etelän suuntaan 0,02 l/s. Samassa suunnassa suolojen määrä kasvaa 0,2–2 g/l.

Karjalan Tasavallan eteläosan valdaiskin sarjan kerrostumat esiintyvät leveänä vyöhykkeenä Laatokasta Aunuksen (Olonetsin ylängön) länsipuolelle. Kotlinskin horisontti kattaa miltei koko Aunuksen tasankoalueen. Sen vettäjohtavana kerroksena on 20–30 metrinen hiekkakerros, jossa on myös savikerros. Pohjoisrajan läheisyydessä vettäjohtavia hiekkakerroksia on välittömästi kvarttäärikauden kerrostumien alla. Tällä hetkellä kerrostuman pohjavettä käytetään Aunuksen kaupungin ja sen lähialueen taajamien vesihuollossa. Tutkimuksissa kiinnitettiin huomiota hyvin selkeään rajaan makean veden (suolojen pitoisuus on alle 0,5 g/l) ja suolapitoisen veden (yli 1 g/l) välillä. Raja kulkee Aunuksen kaupungin etelärajaa pitkin. Selityksenä voidaan pitää hydraulista yhteyttä alempaan gdovin kerrostumaan ja kallioperään, jonka suolapitoisuus on 2–8 g/l. Kotlinskin kerrostuman pohjavedenkäytön aikana huomattiin veden suolapitoisuuden lisääntyvän. Joissakin pora-

гих населенных пунктов района. Обращает на себя внимание резкий переход пресных вод горизонта с минерализацией до 0,5 г/л к солоноватым (более 1 г/л), граница между которыми располагается вдоль южной окраины г. Олонца, что объясняется наличием гидравлической связи с нижележащими гдовским горизонтом и кристаллическим фундаментом, содержащими воды с минерализацией 2–8 г/л. При эксплуатации котлинского горизонта наблюдается подтягивание солоноватых вод и увеличение минерализации подземной воды в отдельных скважинах до 1 г/л.

Гдовский горизонт распространен в пределах Олонецкого района и узкой полосой тянется на северо-восток до Петрозаводской губы Онежского оз. По побережью Ладожского оз. и в северной части своего распространения он залегает непосредственно под четвертичными отложениями, на остальной территории перекрыт котлинским горизонтом. В пределах Олонецкого района гдовский горизонт не перспективен для водоснабжения. В северной части он резко отличается по параметрам. Сложен слабосцементированными песчаниками мощностью 10–50 м, залегающими на кристаллических породах и перекрытых водоупорными глинами ледникового происхождения. Воды напорные. Горизонт характеризуется высокими фильтрационными параметрами, удельный дебит скважин колеблется от 0,5 до 2 л/с.

3.1.2. РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Ряд исследований посвящен количественной оценке естественных ресурсов подземных вод Карелии. В работах (Малявкин, 1966; Лось, 1977) дается оценка естественных ресурсов, при этом не учитывается роль озерного регулирования, что привело к завышению величины модуля естественных ресурсов. Приближенные способы расчета подземного стока в зависимости от озерности водосбора предложены в работе (Куделин, 1960). Более обоснованная методика выделения подземной составляющей из общего речного стока для озерно-речных систем Карелии представлена в работе (Поленов, 1980). По этой методике И. К. Поленовым проведена региональная оценка естественных ресурсов подземных вод Карелии (Ресурсы и геохимия.., 1987). В целом естественные ресурсы подземных вод, количественно равные подземному стоку в реки, оцениваются в 8,5 км^3/год.

Установлено, что ведущую роль в формировании подземного стока играет строение четвертичного покрова. От его состава и мощности во многом зависят условия питания подземных вод, емкостные и фильтрационные параметры водоносной зоны, определяющие в целом расход подземного потока. Высокое значение модулей подземного стока характерно

kaivoissa havaittiin, että pohjaveden suolapitoisuus nousi 1 g/l.

Gdovin kerrostuma esiintyy kapeana vyöhykkeenä Aunuksen piiristä koilliseen Äänisen Petroskoin lahteen asti Laatokan rannikkoa pitkin ja tämän kerrostuman pohjoisrajalla pohjavettä on havaittu kvarttäärikauden kerrostumien alla. Muualla gdovin horisontti on limittynyt kotlinskin horisontin kanssa. Aunuksen piirissä gdovin horisontin pohjavedellä on huonot näkymät vesihuoltoa kehitettäessä. Pohjoisalueella sen arvo on toista luokkaa. Se koostuu heikosti sedimentoituneista 10–50 m paksuista hiekkakerroksista, jotka sijaitsevat kallion päällä. Hiekan sisällä on jäätikkösyntyinen vettä kantava savikerros. Pohjavesi on paineellista. Horisontissa on hyvät vedenläpäisevyysarvot ja sen antoisuus vaihtelee 0,5 ja 2 l/s välillä.

3.1.2. POHJAVESIVARAT

Muutamien tutkimusten tavoitteena oli Karjalan Tasavallan pohjavesivarojen inventointi. Raporteissa (Малявкин, 1966; Лось, 1977) on esitetty pohjavesivarat, mutta järvien säännöstelyn osuutta ei ole otettu huomioon. Juuri sen takia luonnollinen valunta on yliarvioitu. Täsmennetty menetelmä, jossa huomioidaan järvien säännöstelyrooli, oli esitetty Kudelinin artikkelissa (Куделин, 1960). Polenov (Поленов, 1980), joka on kehittänyt menetelmän, jossa hyvin perusteellisesti erotetaan pohjavesiosuus Karjalan Tasavallan jokien ja järvien valunnan arvioinnissa. Tämän menetelmän mukaan I. K. Polenov teki Karjalan Tasavallan pohjavesien varojen inventoinnin (Ресурсы и геохимия.., 1987). Johtopäätöksenä voidaan arvioida pohjavesivarojen olevan, toisin sanoen pohjavesivaluma kaikkiin jokiin, 8,5 km^3 vuodessa.

On todettu, että kvarttäärikauden kerrostumien muoto ja laji vaikuttavat ratkaisevasti pohjavesivaluman muodostumisessa. Kvarttäärikauden maalajien paksuus ja koostumus vaikuttavat pohjavesien lisääntymis- ja liikkumisprosessiin. Suurimmat pohjavesivaluman arvot saadaan valuma-alueilla, missä on paljon glasiafluviaalisia ja järvi- ja jäätikön 10 metriä paksuja jopa paksumpiakin hiekkakerrostumia. Runsaimmat pohjavesivarat (valuma 3–4 l/s · km^2) on havaittu Laatokkaan laskevien jokien valuma-alueilla, Suojoen ylä- ja keskijuoksulla. Korkea pohjavesivaluma (2–3 l/s · km^2) on havaittu Olonkajoen ja Vazinkajoen valuma-alueilla sekä Sunajoen ylä- ja keskijuoksulla, Tchirka-Kemjoen ja Ondajoen yläjuoksulla ja Sumajoen valuma-alueella. Mainituilla alueilla on paljon glasifluviaalisia ja järvi-jäätikkökerrostumia (Лось, 1977; Поленов, 1980). Pienin

для водосборов, значительные площади которых сложены песчаными, главным образом, флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями мощностью 10 и более метров. Наиболее значительные естественные ресурсы подземных вод (модуль стока 3–4 л/с · км^2) приурочены к водосборам рек Приладожья, верхнего и среднего течения р. Шуи. Довольно высокий модуль стока (2–3 л/с · км^2) отмечается на водосборах рек Олонки, Важинки, верхнего и среднего течения р. Суны, в верховьях рек Чирка-Кеми и Онды, на водосборе р. Сумы. Все эти районы характеризуются широким распространением песчаных флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений (Лось, 1977; Поленов, 1980). Самый низкий модуль стока (до 1 л/с · км^2) рассчитан для территории, примыкающей к Белому морю, на водосборах рек Верхнего Выга и Водлы.

Расчеты возможного дебита водозаборов (м^3/сут) в различных комплексах водовмещающих пород показали, что наибольший водоприток можно получить в районах, сложенных песчаными флювиогляциальными отложениями мощностью 10 и более метров. Указанные отложения не имеют повсеместного распространения, но в отдельных районах занимают значительные площади, превышающие сотни квадратных километров (Лукашов, 1976). Прогнозная производительность водозаборов в таких комплексах оценена величиной 200–300 м^3/сут (Ресурсы и геохимия.., 1987), а проведенные работы по разведке и оценке эксплуатационных запасов подземных вод из отложений водно-ледникового комплекса на территории Карелии показали, что производительность водозаборов может превышать расчетную величину в несколько раз.

На большей части рассматриваемой территории, где четвертичные отложения отсутствуют или представлены слабопроницаемой мореной, основным объектом эксплуатации являются трещинные воды. Расчетный дебит водозаборов из кристаллических пород, как правило, невелик – 20–50 м^3/сут. Лишь в карбонатных породах ятулия и кварцитах лопийского комплекса он может достигать 100 м^3/сут. Из сланцев сумийско-сариолийского и ладожского комплекса можно получить 10–20 м^3/сут. Так как мощность зоны активной трещиноватости кристаллических пород не превышает 30–50 м, и основной приток подземных вод в скважины происходит из самой верхней части указанной зоны, бурение глубоких скважин для водоснабжения не целесообразно. Оптимальная глубина может ограничиваться 50–75 м. На участках, где кристаллические породы непосредственно перекрыты обводненными флювиогляциальными или озерно-ледниковыми отложениями (не мореной) даже небольшой мощности, водопритоки в скважины из трещиноватых пород заметно увеличиваются. Из 41 скважины, пробуренной в Приладожье, 10 скважин имеют дебит 1–3 л/с, 5 скважин – 3–5 л/с, 2 скважины – 5–10 л/с, 1 скважина – 10–15 л/с, 1 скважина – 15–20 л/с, 1 скважина – 20–25 л/с, 1 скважина – 25–30 л/с, 1 скважина – 30–35 л/с, 1 скважина – 35–40 л/с, 1 скважина – 40–45 л/с, 1 скважина – 45–50 л/с, 1 скважина – 50–55 л/с, 1 скважина – 55–60 л/с, 1 скважина – 60–65 л/с, 1 скважина – 65–70 л/с, 1 скважина – 70–75 л/с, 1 скважина – 75–80 л/с, 1 скважина – 80–85 л/с, 1 скважина – 85–90 л/с, 1 скважина – 90–95 л/с, 1 скважина – 95–100 л/с, 1 скважина – 100–105 л/с, 1 скважина – 105–110 л/с, 1 скважина – 110–115 л/с, 1 скважина – 115–120 л/с, 1 скважина – 120–125 л/с, 1 скважина – 125–130 л/с, 1 скважина – 130–135 л/с, 1 скважина – 135–140 л/с, 1 скважина – 140–145 л/с, 1 скважина – 145–150 л/с, 1 скважина – 150–155 л/с, 1 скважина – 155–160 л/с, 1 скважина – 160–165 л/с, 1 скважина – 165–170 л/с, 1 скважина – 170–175 л/с, 1 скважина – 175–180 л/с, 1 скважина – 180–185 л/с, 1 скважина – 185–190 л/с, 1 скважина – 190–195 л/с, 1 скважина – 195–200 л/с, 1 скважина – 200–205 л/с, 1 скважина – 205–210 л/с, 1 скважина – 210–215 л/с, 1 скважина – 215–220 л/с, 1 скважина – 220–225 л/с, 1 скважина – 225–230 л/с, 1 скважина – 230–235 л/с, 1 скважина – 235–240 л/с, 1 скважина – 240–245 л/с, 1 скважина – 245–250 л/с, 1 скважина – 250–255 л/с, 1 скважина – 255–260 л/с, 1 скважина – 260–265 л/с, 1 скважина – 265–270 л/с, 1 скважина – 270–275 л/с, 1 скважина – 275–280 л/с, 1 скважина – 280–285 л/с, 1 скважина – 285–290 л/с, 1 скважина – 290–295 л/с, 1 скважина – 295–300 л/с, 1 скважина – 300–305 л/с, 1 скважина – 305–310 л/с, 1 скважина – 310–315 л/с, 1 скважина – 315–320 л/с, 1 скважина – 320–325 л/с, 1 скважина – 325–330 л/с, 1 скважина – 330–335 л/с, 1 скважина – 335–340 л/с, 1 скважина – 340–345 л/с, 1 скважина – 345–350 л/с, 1 скважина – 350–355 л/с, 1 скважина – 355–360 л/с, 1 скважина – 360–365 л/с, 1 скважина – 365–370 л/с, 1 скважина – 370–375 л/с, 1 скважина – 375–380 л/с, 1 скважина – 380–385 л/с, 1 скважина – 385–390 л/с, 1 скважина – 390–395 л/с, 1 скважина – 395–400 л/с, 1 скважина – 400–405 л/с, 1 скважина – 405–410 л/с, 1 скважина – 410–415 л/с, 1 скважина – 415–420 л/с, 1 скважина – 420–425 л/с, 1 скважина – 425–430 л/с, 1 скважина – 430–435 л/с, 1 скважина – 435–440 л/с, 1 скважина – 440–445 л/с, 1 скважина – 445–450 л/с, 1 скважина – 450–455 л/с, 1 скважина – 455–460 л/с, 1 скважина – 460–465 л/с, 1 скважина – 465–470 л/с, 1 скважина – 470–475 л/с, 1 скважина – 475–480 л/с, 1 скважина – 480–485 л/с, 1 скважина – 485–490 л/с, 1 скважина – 490–495 л/с, 1 скважина – 495–500 л/с, 1 скважина – 500–505 л/с, 1 скважина – 505–510 л/с, 1 скважина – 510–515 л/с, 1 скважина – 515–520 л/с, 1 скважина – 520–525 л/с, 1 скважина – 525–530 л/с, 1 скважина – 530–535 л/с, 1 скважина – 535–540 л/с, 1 скважина – 540–545 л/с, 1 скважина – 545–550 л/с, 1 скважина – 550–555 л/с, 1 скважина – 555–560 л/с, 1 скважина – 560–565 л/с, 1 скважина – 565–570 л/с, 1 скважина – 570–575 л/с, 1 скважина – 575–580 л/с, 1 скважина – 580–585 л/с, 1 скважина – 585–590 л/с, 1 скважина – 590–595 л/с, 1 скважина – 595–600 л/с, 1 скважина – 600–605 л/с, 1 скважина – 605–610 л/с, 1 скважина – 610–615 л/с, 1 скважина – 615–620 л/с, 1 скважина – 620–625 л/с, 1 скважина – 625–630 л/с, 1 скважина – 630–635 л/с, 1 скважина – 635–640 л/с, 1 скважина – 640–645 л/с, 1 скважина – 645–650 л/с, 1 скважина – 650–655 л/с, 1 скважина – 655–660 л/с, 1 скважина – 660–665 л/с, 1 скважина – 665–670 л/с, 1 скважина – 670–675 л/с, 1 скважина – 675–680 л/с, 1 скважина – 680–685 л/с, 1 скважина – 685–690 л/с, 1 скважина – 690–695 л/с, 1 скважина – 695–700 л/с, 1 скважина – 700–705 л/с, 1 скважина – 705–710 л/с, 1 скважина – 710–715 л/с, 1 скважина – 715–720 л/с, 1 скважина – 720–725 л/с, 1 скважина – 725–730 л/с, 1 скважина – 730–735 л/с, 1 скважина – 735–740 л/с, 1 скважина – 740–745 л/с, 1 скважина – 745–750 л/с, 1 скважина – 750–755 л/с, 1 скважина – 755–760 л/с, 1 скважина – 760–765 л/с, 1 скважина – 765–770 л/с, 1 скважина – 770–775 л/с, 1 скважина – 775–780 л/с, 1 скважина – 780–785 л/с, 1 скважина – 785–790 л/с, 1 скважина – 790–795 л/с, 1 скважина – 795–800 л/с, 1 скважина – 800–805 л/с, 1 скважина – 805–810 л/с, 1 скважина – 810–815 л/с, 1 скважина – 815–820 л/с, 1 скважина – 820–825 л/с, 1 скважина – 825–830 л/с, 1 скважина – 830–835 л/с, 1 скважина – 835–840 л/с, 1 скважина – 840–845 л/с, 1 скважина – 845–850 л/с, 1 скважина – 850–855 л/с, 1 скважина – 855–860 л/с, 1 скважина – 860–865 л/с, 1 скважина – 865–870 л/с, 1 скважина – 870–875 л/с, 1 скважина – 875–880 л/с, 1 скважина – 880–885 л/с, 1 скважина – 885–890 л/с, 1 скважина – 890–895 л/с, 1 скважина – 895–900 л/с, 1 скважина – 900–905 л/с, 1 скважина – 905–910 л/с, 1 скважина – 910–915 л/с, 1 скважина – 915–920 л/с, 1 скважина – 920–925 л/с, 1 скважина – 925–930 л/с, 1 скважина – 930–935 л/с, 1 скважина – 935–940 л/с, 1 скважина – 940–945 л/с, 1 скважина – 945–950 л/с, 1 скважина – 950–955 л/с, 1 скважина – 955–960 л/с, 1 скважина – 960–965 л/с, 1 скважина – 965–970 л/с, 1 скважина – 970–975 л/с, 1 скважина – 975–980 л/с, 1 скважина – 980–985 л/с, 1 скважина – 985–990 л/с, 1 скважина – 990–995 л/с, 1 скважина – 995–1000 л/с, 1 скважина – 1000–1005 л/с, 1 скважина – 1005–1010 л/с, 1 скважина – 1010–1015 л/с, 1 скважина – 1015–1020 л/с, 1 скважина – 1020–1025 л/с, 1 скважина – 1025–1030 л/с, 1 скважина – 1030–1035 л/с, 1 скважина – 1035–1040 л/с, 1 скважина – 1040–1045 л/с, 1 скважина – 1045–1050 л/с, 1 скважина – 1050–1055 л/с, 1 скважина – 1055–1060 л/с, 1 скважина – 1060–1065 л/с, 1 скважина – 1065–1070 л/с, 1 скважина – 1070–1075 л/с, 1 скважина – 1075–1080 л/с, 1 скважина – 1080–1085 л/с, 1 скважина – 1085–1090 л/с, 1 скважина – 1090–1095 л/с, 1 скважина – 1095–1100 л/с, 1 скважина – 1100–1105 л/с, 1 скважина – 1105–1110 л/с, 1 скважина – 1110–1115 л/с, 1 скважина – 1115–1120 л/с, 1 скважина – 1120–1125 л/с, 1 скважина – 1125–1130 л/с, 1 скважина – 1130–1135 л/с, 1 скважина – 1135–1140 л/с, 1 скважина – 1140–1145 л/с, 1 скважина – 1145–1150 л/с, 1 скважина – 1150–1155 л/с, 1 скважина – 1155–1160 л/с, 1 скважина – 1160–1165 л/с, 1 скважина – 1165–1170 л/с, 1 скважина – 1170–1175 л/с, 1 скважина – 1175–1180 л/с, 1 скважина – 1180–1185 л/с, 1 скважина – 1185–1190 л/с, 1 скважина – 1190–1195 л/с, 1 скважина – 1195–1200 л/с, 1 скважина – 1200–1205 л/с, 1 скважина – 1205–1210 л/с, 1 скважина – 1210–1215 л/с, 1 скважина – 1215–1220 л/с, 1 скважина – 1220–1225 л/с, 1 скважина – 1225–1230 л/с, 1 скважина – 1230–1235 л/с, 1 скважина – 1235–1240 л/с, 1 скважина – 1240–1245 л/с, 1 скважина – 1245–1250 л/с, 1 скважина – 1250–1255 л/с, 1 скважина – 1255–1260 л/с, 1 скважина – 1260–1265 л/с, 1 скважина – 1265–1270 л/с, 1 скважина – 1270–1275 л/с, 1 скважина – 1275–1280 л/с, 1 скважина – 1280–1285 л/с, 1 скважина – 1285–1290 л/с, 1 скважина – 1290–1295 л/с, 1 скважина – 1295–1300 л/с, 1 скважина – 1300–1305 л/с, 1 скважина – 1305–1310 л/с, 1 скважина – 1310–1315 л/с, 1 скважина – 1315–1320 л/с, 1 скважина – 1320–1325 л/с, 1 скважина – 1325–1330 л/с, 1 скважина – 1330–1335 л/с, 1 скважина – 1335–1340 л/с, 1 скважина – 1340–1345 л/с, 1 скважина – 1345–1350 л/с, 1 скважина – 1350–1355 л/с, 1 скважина – 1355–1360 л/с, 1 скважина – 1360–1365 л/с, 1 скважина – 1365–1370 л/с, 1 скважина – 1370–1375 л/с, 1 скважина – 1375–1380 л/с, 1 скважина – 1380–1385 л/с, 1 скважина – 1385–1390 л/с, 1 скважина – 1390–1395 л/с, 1 скважина – 1395–1400 л/с, 1 скважина – 1400–1405 л/с, 1 скважина – 1405–1410 л/с, 1 скважина – 1410–1415 л/с, 1 скважина – 1415–1420 л/с, 1 скважина – 1420–1425 л/с, 1 скважина – 1425–1430 л/с, 1 скважина – 1430–1435 л/с, 1 скважина – 1435–1440 л/с, 1 скважина – 1440–1445 л/с, 1 скважина – 1445–1450 л/с, 1 скважина – 1450–1455 л/с, 1 скважина – 1455–1460 л/с, 1 скважина – 1460–1465 л/с, 1 скважина – 1465–1470 л/с, 1 скважина – 1470–1475 л/с, 1 скважина – 1475–1480 л/с, 1 скважина – 1480–1485 л/с, 1 скважина – 1485–1490 л/с, 1 скважина – 1490–1495 л/с, 1 скважина – 1495–1500 л/с, 1 скважина – 1500–1505 л/с, 1 скважина – 1505–1510 л/с, 1 скважина – 1510–1515 л/с, 1 скважина – 1515–1520 л/с, 1 скважина – 1520–1525 л/с, 1 скважина – 1525–1530 л/с, 1 скважина – 1530–1535 л/с, 1 скважина – 1535–1540 л/с, 1 скважина – 1540–1545 л/с, 1 скважина – 1545–1550 л/с, 1 скважина – 1550–1555 л/с, 1 скважина – 1555–1560 л/с, 1 скважина – 1560–1565 л/с, 1 скважина – 1565–1570 л/с, 1 скважина – 1570–1575 л/с, 1 скважина – 1575–1580 л/с, 1 скважина – 1580–1585 л/с, 1 скважина – 1585–1590 л/с, 1 скважина – 1590–1595 л/с, 1 скважина – 1595–1600 л/с, 1 скважина – 1600–1605 л/с, 1 скважина – 1605–1610 л/с, 1 скважина – 1610–1615 л/с, 1 скважина – 1615–1620 л/с, 1 скважина – 1620–1625 л/с, 1 скважина – 1625–1630 л/с, 1 скважина – 1630–1635 л/с, 1 скважина – 1635–1640 л/с, 1 скважина – 1640–1645 л/с, 1 скважина – 1645–1650 л/с, 1 скважина – 1650–1655 л/с, 1 скважина – 1655–1660 л/с, 1 скважина – 1660–1665 л/с, 1 скважина – 1665–1670 л/с, 1 скважина – 1670–1675 л/с, 1 скважина – 1675–1680 л/с, 1 скважина – 1680–1685 л/с, 1 скважина – 1685–1690 л/с, 1 скважина – 1690–1695 л/с, 1 скважина – 1695–1700 л/с, 1 скважина – 1700–1705 л/с, 1 скважина – 1705–1710 л/с, 1 скважина – 1710–1715 л/с, 1 скважина – 1715–1720 л/с, 1 скважина – 1720–1725 л/с, 1 скважина – 1725–1730 л/с, 1 скважина – 1730–1735 л/с, 1 скважина – 1735–1740 л/с, 1 скважина – 1740–1745 л/с, 1 скважина – 1745–1750 л/с, 1 скважина – 1750–1755 л/с, 1 скважина – 1755–1760 л/с, 1 скважина – 1760–1765 л/с, 1 скважина – 1765–1770 л/с, 1 скважина – 1770–1775 л/с, 1 скважина – 1775–1780 л/с, 1 скважина – 1780–1785 л/с, 1 скважина – 1785–1790 л/с, 1 скважина – 1790–1795 л/с, 1 скважина – 1795–1800 л/с, 1 скважина – 1800–1805 л/с, 1 скважина – 1805–1810 л/с, 1 скважина – 1810–1815 л/с, 1 скважина – 1815–1820 л/с, 1 скважина – 1820–1825 л/с, 1 скважина – 1825–1830 л/с, 1 скважина – 1830–1835 л/с, 1 скважина – 1835–1840 л/с, 1 скважина – 1840–1845 л/с, 1 скважина – 1845–1850 л/с, 1 скважина – 1850–1855 л/с, 1 скважина – 1855–1860 л/с, 1 скважина – 1860–1865 л/с, 1 скважина – 1865–1870 л/с, 1 скважина – 1870–1875 л/с, 1 скважина – 1875–1880 л/с, 1 скважина – 1880–1885 л/с, 1 скважина – 1885–1890 л/с, 1 скважина – 1890–1895 л/с, 1 скважина – 1895–1900 л/с, 1 скважина – 1900–1905 л/с, 1 скважина – 1905–1910 л/с, 1 скважина – 1910–1915 л/с, 1 скважина – 1915–1920 л/с, 1 скважина – 1920–1925 л/с, 1 скважина – 1925–1930 л/с, 1 скважина – 1930–1935 л/с, 1 скважина – 1935–1940 л/с, 1 скважина – 1940–1945 л/с, 1 скважина – 1945–1950 л/с, 1 скважина – 1950–1955 л/с, 1 скважина – 1955–1960 л/с, 1 скважина – 1960–1965 л/с, 1 скважина – 1965–1970 л/с, 1 скважина – 1970–1975 л/с, 1 скважина – 1975–1980 л/с, 1 скважина – 1980–1985 л/с, 1 скважина – 1985–1990 л/с, 1 скважина – 1990–1995 л/с, 1 скважина – 1995–2000 л/с, 1 скважина – 2000–2005 л/с, 1 скважина – 2005–2010 л/с, 1 скважина – 2010–2015 л/с, 1 скважина – 2015–2020 л/с, 1 скважина – 2020–2025 л/с, 1 скважина – 2025–2030 л/с, 1 скважина – 2030–2035 л/с, 1 скважина – 2035–2040 л/с, 1 скважина – 2040–2045 л/с, 1 скважина – 2045–2050 л/с, 1 скважина – 2050–2055 л/с, 1 скважина – 2055–2060 л/с, 1 скважина – 2060–2065 л/с, 1 скважина – 2065–2070 л/с, 1 скважина – 2070–2075 л/с, 1 скважина – 2075–2080 л/с, 1 скважина – 2080–2085 л/с, 1 скважина – 2085–2090 л/с, 1 скважина – 2090–2095 л/с, 1 скважина – 2095–2100 л/с, 1 скважина – 2100–2105 л/с, 1 скважина – 2105–2110 л/с, 1 скважина – 2110–2115 л/с, 1 скважина – 2115–2120 л/с, 1 скважина – 2120–2125 л/с, 1 скважина – 2125–2130 л/с, 1 скважина – 2130–2135 л/с, 1 скважина – 2135–2140 л/с, 1 скважина – 2140–2145 л/с, 1 скважина – 2145–2150 л/с, 1 скважина – 2150–2155 л/с, 1 скважина – 2155–2160 л/с, 1 скважина – 2160–2165 л/с, 1 скважина – 2165–2170 л/с, 1 скважина – 2170–2175 л/с, 1 скважина – 2175–2180 л/с, 1 скважина – 2180–2185 л/с, 1 скважина – 2185–2190 л/с, 1 скважина – 2190–2195 л/с, 1 скважина – 2195–2200 л/с, 1 скважина – 2200–2205 л/с, 1 скважина – 2205–2210 л/с, 1 скважина – 2210–2215 л/с, 1 скважина – 2215–2220 л/с, 1 скважина – 2220–2225 л/с, 1 скважина – 2225–2230 л/с, 1 скважина – 2230–2235 л/с, 1 скважина – 2235–2240 л/с, 1 скважина – 2240–2245 л/с, 1 скважина – 2245–2250 л/с, 1 скважина – 2250–2255 л/с, 1 скважина – 2255–2260 л/с, 1 скважина – 2260–2265 л/с, 1 скважина – 2265–2270 л/с, 1 скважина – 2270–2275 л/с, 1 скважина – 2275–2280 л/с, 1 скважина – 2280–2285 л/с, 1 скважина – 2285–2290 л/с, 1 скважина – 2290–2295 л/с, 1 скважина – 2295–2300 л/с, 1 скважина – 2300–2305 л/с, 1 скважина – 2305–2310 л/с, 1 скважина – 2310–2315 л/с, 1 скважина – 2315–2320 л/с, 1 скважина – 2320–2325 л/с, 1 скважина – 2325–2330 л/с, 1 скважина – 2330–2335 л/с, 1 скважина – 2335–2340 л/с, 1 скважина – 2340–2345 л/с, 1 скважина – 2345–2350 л/с, 1 скважина – 2350–2355 л/с, 1 скважина – 2355–2360 л/с, 1 скважина – 2360–2365 л/с, 1 скважина – 2365–2370 л/с, 1 скважина – 2370–2375 л/с, 1 скважина – 2375–2380 л/с, 1 скважина – 2380–2385 л/с, 1 скважина – 2385–2390 л/с, 1 скважина – 2390–2395 л/с, 1 скважина – 2395–2400 л/с, 1 скважина – 2400–2405 л/с, 1 скважина – 2405–2410 л/с, 1 скважина – 2410–2415 л/с, 1 скважина – 2415–2420 л/с, 1 скважина – 2420–2425 л/с, 1 скважина – 2425–2430 л/с, 1 скважина – 2430–2435 л/с, 1 скважина – 2435–2440 л/с, 1 скважина – 2440–2445 л/с, 1 скважина – 2445–2450 л/с, 1 скважина – 2450–2455 л/с, 1 скважина – 2455–2460 л/с, 1 скважина – 2460–2465 л/с, 1 скважина – 2465–2470 л/с, 1 скважина – 2470–2475 л/с, 1 скважина – 2475–2480 л/с, 1 скважина – 2480–2485 л/с, 1 скважина – 2485–2490 л/с, 1 скважина – 2490–2495 л/с, 1 скважина – 2495–2500 л/с, 1 скважина – 2500–2505 л/с, 1 скважина – 2505–2510 л/с, 1 скважина – 2510–2515 л/с, 1 скважина – 2515–2520 л/с, 1 скважина – 2520–2525 л/с, 1 скважина – 2525–2530 л/с, 1 скважина – 2530–2535 л/с, 1 скважина – 2535–2540 л/с, 1 скважина – 2540–2545 л/с, 1 скважина – 2545–2550 л/с, 1 скважина – 2550–2555 л/с, 1 скважина – 2555–2560 л/с, 1 скважина – 2560–2565 л/с, 1 скважина – 2565–2570 л/с, 1 скважина – 2570–2575 л/с, 1 скважина – 2575–2580 л/с, 1 скважина – 2580–2585 л/с, 1 скважина – 2585–2590 л/с, 1 скважина – 2590–2595 л/с, 1 скважина – 2595–2600 л/с, 1 скважина – 2600–2605 л/с, 1 скважина – 2605–2610 л/с, 1 скважина – 2610–2615 л/с, 1 скважина – 2615–2620 л/с, 1 скважина – 2620–2625 л/с, 1 скважина – 2625–2630 л/с, 1 скважина – 2630–2635 л/с, 1 скважина – 2635–2640 л/с, 1 скважина – 2640–2645 л/с, 1 скважина – 2645–2650 л/с, 1 скважина – 2650–2655 л/с, 1 скважина – 2655–2660 л/с, 1 скважина – 2660–2665 л/с, 1 скважина – 2665–2670 л/с, 1 скважина – 2670–2675 л/с, 1 скважина – 2675–2680 л/с, 1 скважина – 2680–2685 л/с, 1 скважина – 2685–2690 л/с, 1 скважина – 2690–2695 л/с, 1 скважина – 2695–2700 л/с, 1 скважина – 2700–2705 л/с, 1 скважина – 2705–2710 л/с, 1 скважина – 2710–2715 л/с, 1 скважина – 2715–2720 л/с, 1 скважина – 2720–2725 л/с, 1 скважина – 2725–2730 л/с, 1 скважина – 2730–2735 л/с, 1 скважина – 2735–2740 л/с, 1 скважина – 2740–2745 л/с, 1 скважина – 2745–2750 л/с, 1 скважина – 2750–2755 л/с, 1 скважина – 2755–2760 л/с, 1 скважина – 2760–2765 л/с, 1 скважина – 2765–2770 л/с, 1 скважина – 2770–2775 л/с, 1 скважина – 2775–2780 л/с, 1 скважина – 2780–2785 л/с, 1 скважина – 2785–2790 л/с, 1 скважина – 2790–2795 л/с, 1 скважина – 2795–2800 л/с, 1 скважина – 2800–2805 л/с, 1 скважина – 2805–2810 л/с, 1 скважина – 2810–2815 л/с, 1 скважина – 2815–2820 л/с, 1 скважина – 2820–2825 л/с, 1 скважина – 2825–2830 л/с, 1 скважина – 2830–2835 л/с, 1 скважина – 2835–2840 л/с, 1 скважина – 2840–2845 л/с, 1 скважина – 2845–2850 л/с, 1 скважина – 2850–2855 л/с, 1 скважина – 2855–2860 л/с, 1 скважина – 2860–2865 л/с, 1 скважина – 2865–2870 л/с, 1 скважина – 2870–2875 л/с, 1 скважина – 2875–2880 л/с, 1 скважина – 2880–2885 л/с, 1 скважина – 2885–2890 л/с, 1 скважина – 2890–2895 л/с, 1 скважина – 2895–2900 л/с, 1 скважина – 2900–2905 л/с, 1 скважина – 2905–2910 л/с, 1 скважина – 2910–2915 л/с, 1 скважина – 2915–2920 л/с, 1 скважина – 2920–2925 л/с, 1 скважина – 2925–2930 л/с, 1 скважина – 2930–2935 л/с, 1 скважина – 2935–2940 л/с, 1 скважина – 2940–2945 л/с, 1 скважина – 2945–2950 л/с, 1 скважина – 2950–2955 л/с, 1 скважина – 2955–2960 л/с, 1 скважина – 2960–2965 л/с, 1 скважина – 2965–2970 л/с, 1 скважина – 2970–2975 л/с, 1 скважина – 2975–2980 л/с, 1 скважина – 2980–2985 л/с, 1 скважина – 2985–2990 л/с, 1 скважина – 2990–2995 л/с, 1 скважина – 2995–3000 л/с, 1 скважина – 3000–3005 л/с, 1 скважина – 3005–3010 л/с, 1 скважина – 3010–3015 л/с, 1 скважина – 3015–3020 л/с, 1 скважина – 3020–3025 л/с, 1 скважина – 3025–3030 л/с, 1 скважина – 3030–3035 л/с, 1 скважина – 3035–3040 л/с, 1 скважина – 3040–3045 л/с, 1 скважина – 3045–3050 л/с, 1 скважина – 3050–3055 л/с, 1 скважина – 3055–3060 л/с, 1 скважина – 3060–3065 л/с, 1 скважина – 3065–3070 л/с, 1 скважина – 3070–3075 л/с, 1 скважина – 3075–3080 л/с, 1 скважина – 3080–3085 л/с, 1 скважина – 3085–3090 л/с, 1 скважина – 3090–3095 л/с, 1 скважина – 3095–3100 л/с, 1 скважина – 3100–3105 л/с, 1 скважина – 3105–3110 л/с, 1 скважина – 3110–3115 л/с, 1 скважина – 3115–3120 л/с, 1 скважина – 3120–3125 л/с, 1 скважина – 3125–3130 л/с, 1 скважина – 3130–3135 л/с, 1 скважина – 3135–3140 л/с, 1 скважина – 3140–3145 л/с, 1 скважина – 3145–3150 л/с, 1 скважина – 3150–3155 л/с, 1 скважина – 3155–3160 л/с, 1 скважина – 3160–3165 л/с, 1 скважина – 3165–3170 л/с, 1 скважина – 3170–3175 л/с, 1 скважина – 3175–3180 л/с, 1 скважина – 3180–3185 л/с, 1 скважина – 3185–3190 л/с, 1 скважина – 3190–3195 л/с, 1 скважина – 3195–3200 л/с, 1 скважина – 3200–3205 л/с, 1 скважина – 3205–3210 л/с, 1 скважина – 3210–3215 л/с, 1 скважина – 3215–3220 л/с, 1 скважина – 3220–3225 л/с, 1 скважина – 3225–3230 л/с, 1 скважина – 3230–3235 л/с, 1 скважина – 3235–3240 л/с, 1 скважина – 3240–3245 л/с, 1 скважина – 3245–3250 л/с, 1 скважина – 3250–3255 л/с, 1 скважина – 3255–3260 л/с, 1 скважина – 3260–3265 л/с, 1 скважина – 3265–3270 л/с, 1 скважина – 3270–3275 л/с, 1 скважина – 3275–3280 л/с, 1 скважина – 3280–3285 л/с, 1 скважина – 3285–3290 л/с, 1 скважина – 3290–3295 л/с, 1 скважина – 3295–3300 л/с, 1 скважина – 3300–3305 л/с, 1 скважина – 3305–3310 л/с, 1 скважина – 3310–3315 л/с, 1 скважина – 3315–3320 л/с, 1 скважина – 3320–3325 л/с, 1 скважина – 3325–3330 л/с, 1 скважина – 3330–3335 л/с, 1 скважина – 3335–3340 л/с, 1 скважина – 3340–3345 л/с, 1 скважина – 3345–3350 л/с, 1 скважина – 3350–3355 л/с, 1 скважина – 3355–3360 л/с, 1 скважина – 3360–3365 л/с, 1 скважина – 3365–3370 л/с, 1 скважина – 3370–3375 л/с, 1 скважина – 3375–3380 л/с, 1 скважина – 3380–3385 л/с, 1 скважина – 3385–3390 л/с, 1 скважина – 3390–3395 л/с, 1 скважина – 3395–3400 л/с, 1 скважина – 3400–3405 л/с, 1 скважина – 3405–3410 л/с, 1 скважина – 3410–3415 л/с, 1 скважина – 3415–3420 л/с, 1 скважина – 3420–3425 л/с, 1 скважина – 3425–3430 л/с, 1 скважина – 3430–3435 л/с, 1 скважина – 3435–3440 л/с, 1 скважина – 3440–3445 л/с, 1 скважина – 3445–3450 л/с, 1 скважина – 3450–3455 л/с, 1 скважина – 3455–3460 л/с, 1 скважина – 3460–3465 л/с, 1 скважина – 3465–3470 л/с, 1 скважина – 3470–3475 л/с, 1 скважина – 3475–3480 л/с, 1 скважина – 3480–3485 л/с, 1 скважина – 3485–3490 л/с, 1 скважина – 3490–3495 л/с, 1 скважина – 3495–3500 л/с, 1 скважина – 3500–3505 л/с, 1 скважина – 3505–3510 л/с, 1 скважина – 3510–3515 л/с, 1 скважина – 3515–3520 л/с, 1 скважина – 3520–3525 л/с, 1 скважина – 3525–3530 л/с, 1 скважина – 3530–3535 л/с, 1 скважина – 3535–3540 л/с, 1 скважина – 3540–3545 л/с, 1 скважина – 3545–3550 л/с, 1 скважина – 3550–3555 л/с, 1 скважина – 3555–3560 л/с, 1 скважина – 3560–3565 л/с, 1 скважина – 3565–3570 л/с, 1 скважина – 3570–3575 л/с, 1 скважина – 3575–3580 л/с, 1 скважина – 3580–3585 л/с, 1 скважина – 3585–3590 л/с, 1 скважина – 3590–3595 л/с, 1 скважина – 3595–3600 л/с, 1 скважина – 3600–3605 л/с, 1 скважина – 3605–3610 л/с, 1 скважина – 3610–3615 л/с, 1 скважина – 3615–3620 л/с, 1 скважина – 3620–3625 л/с, 1 скважина – 3625–3630 л/с, 1 скважина – 3630–3635 л/с, 1 скважина – 3635–3640 л/с, 1 скважина – 3640–3645 л/с, 1 скважина – 3645–3650 л/с, 1 скважина – 3650–3655 л/с, 1 скважина – 3655–3660 л/с, 1 скважина – 3660–3665 л/с, 1 скважина – 3665–3670 л/с, 1 скважина – 3670–3675 л/с, 1 скважина – 3675–3680 л/с, 1 скважина – 3680–3685 л/с, 1 скважина – 3685–3690 л/с, 1 скважина – 3690–3695 л/с, 1 скважина – 3695–3700 л/с, 1 скважина – 3700–3705 л/с, 1 скважина – 3705–3710 л/с, 1 скважина – 3710–3715 л/с, 1 скважина – 3715–3720 л/с, 1 скважина – 3720–3725 л/с, 1 скважина – 3725–3730 л/с, 1 скважина – 3730–3735 л/с, 1 скважина – 3735–3740 л/с, 1 скважина – 3740–3745 л/с, 1 скважина – 3745–3750 л/с, 1 скважина – 3750–3755 л/с, 1 скважина – 3755–3760 л/с, 1 скважина – 3760–3765 л/с, 1 скважина – 3765–3770 л/с, 1 скважина – 3770–3775 л/с, 1 скважина – 3775–3780 л/с, 1 скважина – 3780–3785 л/с, 1 скважина – 3785–3790 л/с, 1 скважина – 3790–3795 л/с, 1 скважина – 3795–3800 л/с, 1 скважина – 3800–3805 л/с, 1 скважина – 3805–3810 л/с, 1 скважина – 3810–3815 л/с, 1 скважина – 3815–3820 л/с, 1 скважина – 3820–3825 л/с, 1 скважина – 3825–3830 л/с, 1 скважина – 3830–3835 л/с, 1 скважина – 3835–3840 л/с, 1 скважина – 3840–3845 л/с, 1 скважина – 3845–3850 л/с, 1 скважина – 3850–3855 л/с, 1 скважина – 3855–3860 л/с, 1 скважина – 3860–3865 л/с, 1 скважина – 3865–3870 л/с, 1 скважина – 3870–3875 л/с, 1 скважина – 3875–3880 л/с, 1 скважина – 3880–3885 л/с, 1 скважина – 3885–3890 л/с, 1 скважина – 3890–3895 л/с, 1 скважина – 3895–3900 л/с, 1 скважина – 3900–3905 л/с, 1 скважина – 3905–3910 л/с, 1 скважина – 3910–3915 л/с, 1 скважина – 3915–3920 л/с, 1 скважина – 3920–3925 л/с, 1 скважина – 3925–3930 л/с, 1 скважина – 3930–3935 л/с, 1 скважина – 3935–3940 л/с, 1 скважина – 3940–3945 л/с, 1 скважина – 3945–3950 л/с, 1 скважина – 3950–3955 л/с, 1 скважина – 3955–3960 л/с, 1 скважина – 3960–3965 л/с, 1 скважина – 3965–3970 л/с, 1 скважина – 3970–3975 л/с, 1 скважина – 3975–3980 л/с, 1 скважина – 3980–3985 л/с, 1 скважина – 3985–3990 л/с, 1 скважина – 3990–3995 л/с, 1 скважина – 3995–4000 л/с, 1 скважина – 4000–4005 л/с, 1 скважина – 4005–4010 л/с, 1 скважина – 4010–4015 л/с, 1 скважина – 4015–4020 л/с, 1 скважина – 4020–4025 л/с, 1 скважина – 4025–4030 л/с, 1 скважина – 4030–4035 л/с, 1 скважина – 4035–4040 л/с, 1 скважина – 4040–4045 л/с, 1 скважина – 4045–4050 л/с, 1 скважина – 4050–4055 л/с, 1 скважина – 4055–4060 л/с, 1 скважина – 4060–4065 л/с, 1 скважина – 4065–4070 л/с, 1 скважина – 4070–4075 л/с, 1 скважина – 4075–4080 л/с, 1 скважина – 4080–4085 л/с, 1 скважина – 4085–4090 л/с, 1 скважина – 4090–4095 л/с, 1 скважина – 4095–4100 л/с, 1 скважина – 4100–4105 л/с, 1 скважина – 4105–4110 л/с, 1 скважина – 4110–4115 л/с, 1 скважина – 4115–4120 л/с, 1 скважина – 4120–4125 л/с, 1 скважина – 4125–4130 л/с, 1 скважина – 4130–4135 л/с, 1 скважина – 4135–4140 л/с, 1 скважина – 4140–4145 л/с, 1 скважина – 4145–4150 л/с, 1 скважина – 4150–4155 л/с, 1 скважина – 4155–4160 л/с, 1 скважина – 4160–4165 л/с, 1 скважина – 4165–4170 л/с, 1 скважина – 4170–4175 л/с, 1 скважина – 4175–4180 л/с, 1 скважина – 4180–4185 л/с, 1 скважина – 4185–4190 л/с, 1 скважина – 4190–4195 л/с, 1 скважина – 4195–4200 л/с, 1 скважина – 4200–4205 л/с, 1 скважина – 4205–4210 л/с, 1 скважина – 4210–4215 л/с, 1 скважина – 4215–4220 л/с

буренной на таких площадях, практически безводной оказалась только одна, а в 8 скважинах удельный водоприток превышал 1 л/с. Средний удельный дебит составляет 0,1 л/с, средняя водопроводимость – 10–15 м^2/сут (Ресурсы и геохимия.., 1987).

Работами по оценке прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод (ПЭРПВ), проводимыми ГИДЭК (г. Москва) по всей России, на территории Республики Карелия с учетом гидрогеологических условий и потребности населения административных районов рассчитаны ПЭРПВ в количестве 820 тыс. м^3/сут (с минерализацией до 1 г/л). ПЭРПВ надежно обеспечивают население большинства административных районов республики, за исключением Сортавальского и Сегежского, относящихся к категории обеспеченных, а также Прионежского района и территории, подчиненной г. Костомукше, являющихся частично обеспеченными ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ). Средний по республике модуль ПЭРПВ равен 0,06 л/с·км^2, по отдельным районам он изменяется от 0,03 (Лоухский, Кемский) до 0,11–0,13 л/с·км^2 (Олонецкий и Медвежьегорский).

Прогнозные ресурсы подземных вод характеризуются низкой разведанностью (3,5%) и освоенностью (5%) разведанных запасов. Часть их относится к категории выявленных (C_2) или предварительно оцененных (C_1) и требует продолжения геологоразведочных работ для подготовки месторождений к промышленному освоению (месторождения Тикша, Каменноборское, Ладва, Поросозерское, Калевальское, Суоярвское, Пряжинское).

В Карелии разведаны и утверждены запасы подземных вод на 14 месторождениях пресных подземных вод (МПВ) для хозяйственно-питьевого водоснабжения (табл. 3.1).

Из указанных месторождений используются три: Олонецкое, Ведлозерское, Мелиоративненское.

Большинство месторождений подземных вод относится к месторождениям в ограниченных по площади структурах: Южное – в грабене, Ладва, Ужесельга, Мелиоративный, Каменноборское, Тикша – в трещинных коллекторах. Месторождения – Поросозерское, Калевальское, Калевальское-2, Суоярвское, Пряжинское, Ведлозерское – приурочены к потокам грунтовых вод песчаных массивов. Олонецкое МПВ относится к артезианскому бассейну.

Разведанные запасы для ХПВ составляют 36,1 тыс. м^3/сут, в том числе подготовленные для промышленного освоения 22,7 тыс. м^3/сут, 57% разведанных запасов приходится на Олонецкое МПВ в котлинском водоносном горизонте и МПВ «Южное» для г. Петрозаводска в гдовском горизонте; разведанные запасы подземных вод верхнечетвертичных флювиогляциальных отложений по шести месторождениям

vaihtelee 0,03 (Louhen ja Kemin piirin alue) ja 0,11–0,13 (Aunuksen ja Karhumäen piirin alue) välillä.

Ennusteet on tehty hyvin puutteellisten tutkimus- ja etsintätöiden perusteella. Selvityksissä tutkittiin noin 3,5 % pohjavesivaroista, sen lisäksi korostamme, että tutkituista varoista on käytössä 5 %. Pohjavesivarat kuuluvat (C_2) – «löydetyt» -luokkaan tai (C_1) – «alustavasti arvioitu» -luokkaan. Pohjavesivarat näin odottavat tutkimusten jatkamista, jotta pohjavesialueet seuraavassa vaiheessa voidaan ottaa käyttöön (Tiksha, Kamennoborskoje, Ladva, Porosozero, Kalevala, Suojärvi, Prääsä – esiintymät).

Karjalan Tasavallassa on tutkittu 14 pohjavesiesiintymää, joiden makeaa vettä voidaan käyttää vesihuollon juoma- tai talousveden prosessissa (taulukko 3.1).

Mainituista esiintymistä käytetään hyväksi vain kolmea: Aunuksen, Vedlozerskoje, Meliorativnenskoje.

Yleensä pohjavesiesiintymät sijaitsevat varsin rajoitetulla maaston alueella: Juzhnoje sijaitsee grabenissa (rift valley); Uzheselga, Meliorativnenskoje, Kamennoborskoje, Tiksha sijaitsevat ruhje «putkessa». Porosozerskoje, Kalevalskoje, Kalevalskoje-2, Suojärven, Prääsän; Vedlozerskoje kuuluvat hiekkakerrostumien pohjavesivaroihin. Aunuksen on «artesianskin» (eli paineella purkavat) -tyyppiä.

Vesihuoltoon käyttöönsaatavia pohjavesivaroja on 36 100 m^3/vrk, niistä on jo otettu käyttöön 22 700 m^3/vrk. Niistä 57 % on Aunuksen kotlinskin horisontin esiintymät ja Petroskoin Juzhnoje gdovin horisontin esiintymät. Kuuden glasifluviaalisten kvartäärikauden kerrostumien pohjavesivarojen osuus on 24 % (8800 m^3/vrk), proterozookivilajien ruhjealueella on 19 %.

Kolmen pohjaveden esiintymän (Aunuksen, Juzhnoje ja Uzheselskoje), yhteensä 21 400 m^3/vrk, pohjavedet ovat erittäin hyvin suojattu maapinnalta suuntautuvalta pilaantumiselta, Kamennoborskin pohjavedet ovat «kohtuullisesti suojassa» ja loput 8 kpl ei ole suojattu.

Kaikissa esiintymissä on makeaa pohjavettä, joka on hydrokarbonaatti- tai, harvemmin, sulfaatti-hydrokarbonaattiluokkaa (Suojärven, Porosozerskoje, Prääsän), sulfaatti-hydrokarbonaatti -kloridiluokkaa (Kalevala), jonka kationikoostumus on hyvin monipuolinen. Kamennoborkojen esiintymän pohjavedet ovat kloridi-hydrokarbonaatti-natriumluokkaa.

Juzhnoje ja Uzheselskoje esiintymien pohjavedessä on kohonnut rautapitoisuus (2,2–3 mg/l asti) ja raakaveden käsittely edellyttää raudanpoistoa. Vedessä sen lisäksi on hyvin vähän fluoria, jota olisi taas hyvä lisätä juomaveteen. Sama fluoriongelma on myös Aunuksen pohjavedessä.

Таблица 3.1. Данные о месторождениях подземных вод

Taulukko 3.1. Pohjavesivarat

Местоположение	Paikka	Водоносный горизонт	Vettä johtava kerrostuma / horisontti	Запасы, тыс. м^3/сут Varat, tuhat m^3/vrk
г. Петрозаводск	Petroskoi-kaupunki	Vgd Гдовский	Vgd Gdovin	10,7
г. Олонец	Aunus-kaupunki	V kt Котлинский	V kt Kotlinskin	10,0
г. Суоярви	Suojärvi-kaupunki	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalinen yläkvarttäärikauden	1,5
пос. Ужесельга, Прионежский р-н	Uzeselga-taajama, Prionezski piiri	PR_1 Нижнепротерозойский интрузивный	PR1 Alaproterozoiskin intruusion	0,7
пгт. Ладва, Прионежский р-н	Ladva-taajama, Prionezski piiri	PR_1 Нижнепротерозойский интрузивный	PR1 Alaproterozoiskin intruusion	1,35
пос. Ведлозеро, Пряжинский р-н	Vedlozero, Prääsän piiri	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalisen yläkvarttäärikauden	0,535
пос. Каменный Бор, Сегежский р-н	Kamennyi Bor, Segezan piiri	PR_1 Нижнепротерозойский	PR1 Alaproterozoiskin	0,8
пгт. Мелиоративный	Meliorativni	K_2 Карельский	K2 Karelskin	1,7
пос. Тикша, Беломорский р-н	Tiksha, Belomorskin piiri	PR_1 Нижнепротерозойский	PR1 Alaproterozoiskin	2,07
пгт. Калевала	Kalevala	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalisen yläkvarttäärikauden	0,9
пгт. Поросозеро, Суоярвский р-н	Porosozero, Suojärven piiri	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalisen yläkvarttäärikauden	0,72
пгт. Кестеньга, Лоухский р-н	Kestenga, Louhin piiri	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalisen yläkvarttäärikauden	1,116
пгт. Калевала	Kalevala	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalisen yläkvarttäärikauden	2,0
пос. Пряжа	Prääsä	fIII Флювиогляциальный верхнечетвертичный	fIII Glasifluviaalisen yläkvarttäärikauden	2,0

(8,8 тыс. м^3/сут) составляют 24% от общей их величины, еще 19% приходятся на подземные воды зоны трещиноватости протерозойских пород.

Подземные воды трех месторождений (Олонецкое, Южное и Ужесельгское) с суммарными запасами 21,4 тыс. м^3/сут надежно защищены от поверхностного загрязнения, одного (Каменноборское) – условно защищены, остальных восьми – не защищены.

Все месторождения содержат пресные подземные воды преимущественно гидрокарбонатные, реже – сульфатно-гидрокарбонатные (Суоярвское, Поросозерское, Пряжинское), сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные (Калевальское) со смешанным катионным составом либо хлоридно-гидрокарбонатные натриевые (Каменноборское).

В подземных водах месторождений Южное и Ужесельгское отмечено повышенное (до 2,2–3 мг/дм^3) содержание железа, и их использование для ХПВ возможно при условии предварительного обезжелезивания. Для этих месторождений, а также для Олонецкого МПВ характерно низкое содержание в подземных водах фтора, что обусловливает также необходимость их фторирования перед подачей водопотребителю.

Качество подземных вод месторождений Каменноборское и Тикшское изучено недостаточно.

Общий отбор подземных вод в 2001 г. составил 3,44 млн м^3 (9,42 тыс. м^3/сут), что составляет 98,2% уровня предыдущего года (табл. 3.2). Доля использования подземных вод в общем водоотборе составила 1,3%, для хозяйственно-питьевых нужд, включая

Kamennoborskojen ja Tikshan pohjaveden laatua tutkittiin varsin vähän.

Vuonna 2001 pumpattiin 3,44 milj. м^3 (9420 м^3/vrk), eli 98,2 % vuoden 2000 volumista (taulukko 3.2). Pohjaveden osuus koko vedenkulutuksessa oli 1,3 %, mukana on talous- ja juomavedenkulutus ja myös maatalousvedenkulutus. Pohjaveden osuus talous- ja juomavedenkulutuksessa on 5,1 %. Vastaavat arviot edelliseltä vuodelta olivat hieman suurempia.

2,24 milj. m^3 pohjavettä käytettiin vuodessa talous- tai juomaveden muodossa (65,1 % koko pohjaveden määrästä), 0,15 milj. m^3 on mennyt teollisuudelle (4,3 %), 0,69 milj. m^3 maataloustarpeisiin (20,1 %). Osa pohjavedestä on jäänyt käyttämättä, 0,36 milj. m^3 (10,5 %).

Taulukon 3.2 perusteella voidaan todeta, että vuonna 2001 pohjaveden käyttömuodossa on tapahtunut muutoksia: talous- ja juomavedenosuus koko vedenkulutuksessa on hieman kasvanut. Vuonna 2001 maataloudessa käytettiin enemmän pohjavettä, kun talous- ja juomavedenkulutus on merkittävästi laskenut vuoteen 2000 verrattuna.

Vuonna 2001 Aunuksen piirissä käytettiin suhteellisesti eniten pohjavettä (2660 m^3/vrk), sen jälkeen Karhumäen (1720 m^3/vrk), Prionezskin (1210 m^3/vrk) ja Kontupohjan (660 m^3/vrk) piirissä. Muualla pohjaveden osuus oli pieni. Suurimmat pohjavedenottamot sijaitsevat seuraavissa taajamissa: Aunus, Povenets, Ladva, Matroosa, Tchalna, Novaja Vilga. Aunuksen kohdalla hyväksyttyjä pohjavesivaroja on

Таблица 3.2. Использование подземных вод в Карелии

Отчетный год	Забор подземных вод		Использование подземных вод на различные нужды, млн м^3				Количество скважин	
	Всего, тыс. м^3/сут	Всего, млн м^3	ХПВ	ПТВ	СХВ	без использования	всего	в том числе резервных
2000	9,60	3,50	2,45	0,28	0,52	0,26	205	16
2001	9,42	3,44	2,24	0,15	0,69	0,36	201	23
В сравнении с 2000 г.	98,2%		91,4%	53,6%	132,7%	138,5%	98%	143,8%
Доля использования подземных вод на различные нужды в 2000 г.			70,0%	8,0%	14,7%	7,3%		
Доля использования подземных вод на различные нужды в 2001 г.			65,1%	4,3%	20,1%	10,5%		
Доля подземных вод в общем водоотборе в 2000 г.			1,9%	Доля подземных вод при использовании на ХПВ в 2000 г.			6,1%	
Доля подземных вод в общем водоотборе в 2001 г.			1,3%	Доля подземных вод при использовании на ХПВ в 2001 г.			5,1%	

Taulukko 3.2. Karjalan Tasavallan pohjaveden käyttöjakelu

Vuosi	Pohjaveden määrä		Käyttömuoto, milj. m^3				Porakaivojen määrä	
	Yhteensä, tuhat m^3/vrk	Yhteensä, milj. m^3	talous- ja juomavesi	teollisuus	maatalous	häviöt	yhteensä	mukaan lukien varalla
2000	9,60	3,50	2,45	0,28	0,52	0,26	205	16
2001	9,42	3,44	2,24	0,15	0,69	0,36	201	23
vuoteen 2000 verrattuna	98,2%		91,4%	53,6%	132,7%	138,5%	98%	143,8%
Vuoden 2000 eri käyttömuotojen osuudet			70,0 %	8,0 %	14,7 %	7,3 %		
Vuoden 2001 eri käyttömuotojen osuudet			65,1%	4,3%	20,1%	10,5%		
Pohjaveden osuus koko vedenkulutuksessa vuonna 2000			1,9%	Pohjaveden osuus talous- ja juomavedenkulutuksessa vuonna 2000			6,1%	
Pohjaveden osuus koko vedenkulutuksessa vuonna 2001			1,3%	Pohjaveden osuus talous- ja juomavedenkulutuksessa vuonna 2001			5,1%	

ХПВ, сельскохозяйственное водоснабжение (СХВ). Доля подземных вод в объеме хозяйственно-бытовых составила 5,1%. Оба показателя в 2001 г. ниже относительно предыдущего года.

Для хозяйственно-питьевых нужд подземные воды использовались в количестве 2,24 млн м^3 в год (65,1% от общего водоотбора), для производственно-технического водоснабжения (ПТВ) – в количестве 0,15 млн м^3 в год (4,3% от общего водоотбора), для СХВ – в количестве 0,69 млн м^3 в год (20,1% от общего водоотбора). Отбор подземных вод без использования (БИ) составил 0,36 млн м^3 в год (10,5% от общего водоотбора).

Анализ использования подземных вод по типам (см. табл. 3.2) показывает, что в 2001 г. относительно предыдущего года произошло перераспределение объемов используемых подземных вод на различные нужды. Доля хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ+СХВ) увеличилась на 0,5%. Эти изменения связаны с увеличением доли СХВ – на 32,7%. Существенно (на 47,4%) уменьшилась доля использования подземных вод на ПТВ.

Доля использования подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении республики по районам колеблется от 0% в Беломорском, Калевальском, Кемском и Пудожском районах, а также на территории, подчиненной администрации Костомукши, до 56,3% в Олонецком районе (рис. 3.1).

Анализ распределения отбора подземных вод по административным районам Карелии показывает, что

tarpeeksi paljon nykyisiin ja tulevaisuuden tarpeisiin.

Vesihuollossa käytetään ns. desentralisoitua tai hajaverkoston mallia. Vedenottamo yleensä perustuu yhden porakaivon varaan (65 %). Hajaverkoston kautta pumpataan 25 % pohjavettä. Kattava pohjaveden vesihuolto ja verkosto on rakennettu vain Aunuksessa.

Korostetaan, että pohjaveden käyttömahdollisuuksien arviointi on usein hyvinkin vaikeaa, koska juomaveden laatuvaatimukset on yhdistettävä pohjaveden pilaantumisen uhkaan.

Geologinen ympäristö pystyy jossakin määrin suojelemaan pohjavesiä luonnon ja ihmisten toiminnasta aiheutuvilta vaikutuksilta. Pohjavesien suojelu on luonnon ominaisuus, jonka avulla pohjavesien laatu pysyy tasaisena ja vastaa käyttövaatimuksia koko ennusteajan (Vrba, Zaporozec, 1994; Зекцер, 2001).

Pohjavesien suojausta arvioidaan paineettomien pohjavesikerrosten syvyyden perusteella. Sen lisäksi otetaan huomioon happipitoisten vyöhykkeiden rakenteet, niiden lytologia, heikosti vedenjohtavien kerrosten pinta-ala (Гольберг, Газда, 1984).

Mikäli arvioidaan pohjaveden, painekerrokset on käsiteltävä kahdeksi arvoksi – ylemmän ei-vedenjohtavan kerroksen paksuus ja myös painekerroksen syvyys ja sen suhde ylemmän paineettoman horisontin kanssa.

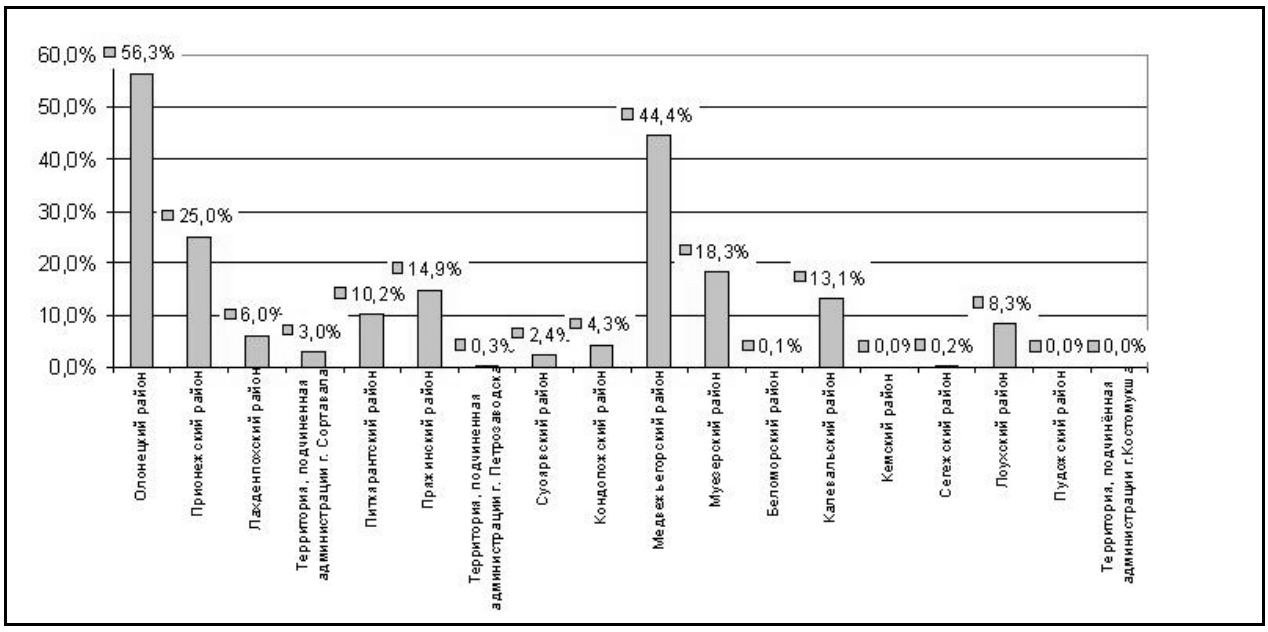


Рис. 3.1. Доля использования подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении
Kuva 3.1. Pohjaveden osuus vesihuollossa eri hallinnollisissa piireissä

наибольшее количество в 2001 г. отбиралось в Олонецком (2,66 тыс. м³/сут), Медвежьегорском (1,72 тыс. м³/сут), Прионежском (1,21 тыс. м³/сут) и Кондопожском (0,66 тыс. м³/сут) районах. Водоотбор подземных вод в остальных районах был незначительным. Наиболее крупные водозаборы, использующие подземные воды, находились в г. Олонце, поселках Повенец, Ладва, Матросы, Чална и Новая Вилга. Современная и перспективная водопотребности полностью обеспечены утвержденными запасами подземных вод только в г. Олонце.

Водоснабжение с использованием подземных вод обычно децентрализованное. Водозаборы, как правило, состоят из одиночных скважин (65%), на них приходится 25% водоотбора. Централизованное снабжение подземными водами организовано только в г. Олонце.

Оценка эксплуатационных запасов подземных вод часто затруднена из-за незащищенности водоносных горизонтов от загрязнения и природного качества воды, не соответствующего предъявляемым требованиям к питьевым водам.

Геологическая среда может обеспечить некоторую степень защиты подземных вод от природного и техногенного воздействия. Защищенность подземных вод – это свойство природной системы, позволяющее сохранить на прогнозируемый период состав и качество подземных вод в соответствии с требованиями их практического использования (противоположный термин – уязвимость) (Vrba, Zaporozec, 1994; Зекцер, 2001).

Alueemme luonnon, ennen kaikkea geologian ja hydrogeologian, ominaisuudet ovat sellaiset, että käytännössä koko tasavallan pohjavedet ovat suojaamattomat. Yleensä pohjavedet ovat harvoin 10 m syvemmällä, tasaisilla seuduilla 1 ja 2 metrin syvyyden välillä. Paljon happea sisältävä vyöhykkeessä on harvoin esitetty vedenpidättäviä kivilajeja. Hiekka- ja hiekkasaven läpäisevyys on 0,01–1 m/vrk. Suomatalikkojen denudaation alueella on hyvin kapea ilmastusvyöhyke. Glasifluviaalisissa, järvi- ja järvi-jäätikön kerrostumissa pohjavedet ovat hyvinkin lähellä maapintaa. Pohjavedet, joiden ilmastusvyöhyke koostuu savi- ja hietasavikerrostumista, ovat paremmin suojassa (Vienanmeren matalikko, Shujajoen ja Kemijoen laaksot, myös Laatokan ja Itä-Äänisen rannikot). Miltei ainoat huonosti vedenjohtavien kerrostumien moreeniesiintymät (suurin osa niistä on saviainetta) sijaitsevat Äänisen ja Laatokan vedenjakaja-alueella – ns. moreenien välinen onego-ozerski vettäjohtava horisontti.

Tasavallan etelä- ja kaakkoisseutujen ylempään proterozoo- (gdovin ja kotlinskin) ja paleozoo-kerrostumien syvien depressioalueiden paineelliset vettäjohtavat horisontit ovat eniten suojassa. Kuvassa 3.2 on esitetty Karjalan Tasavallan pohjavesien suojauskaava. Noin 8 % Tasavallan pinta-alueesta kuuluu joko suojeltuihin tai kohtalaisesti suojeltuihin pohjavesivaroihin.

Качественная оценка защищенности грунтовых вод учитывает глубину залегания безнапорных подземных вод, строение и литологию пород зоны аэрации, мощность и выдержанность по площади слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации (Гольдберг, Газда, 1984). Оценка защищенности верхнего напорного горизонта включает анализ двух показателей – мощности верхнего водоупорного слоя и соотношения уровней изучаемого напорного водоносного горизонта и залегающего выше безнапорного горизонта.

Анализ природных условий (прежде всего геолого-гидрогеологических) позволяет оценить подземные воды практически на всей территории региона как



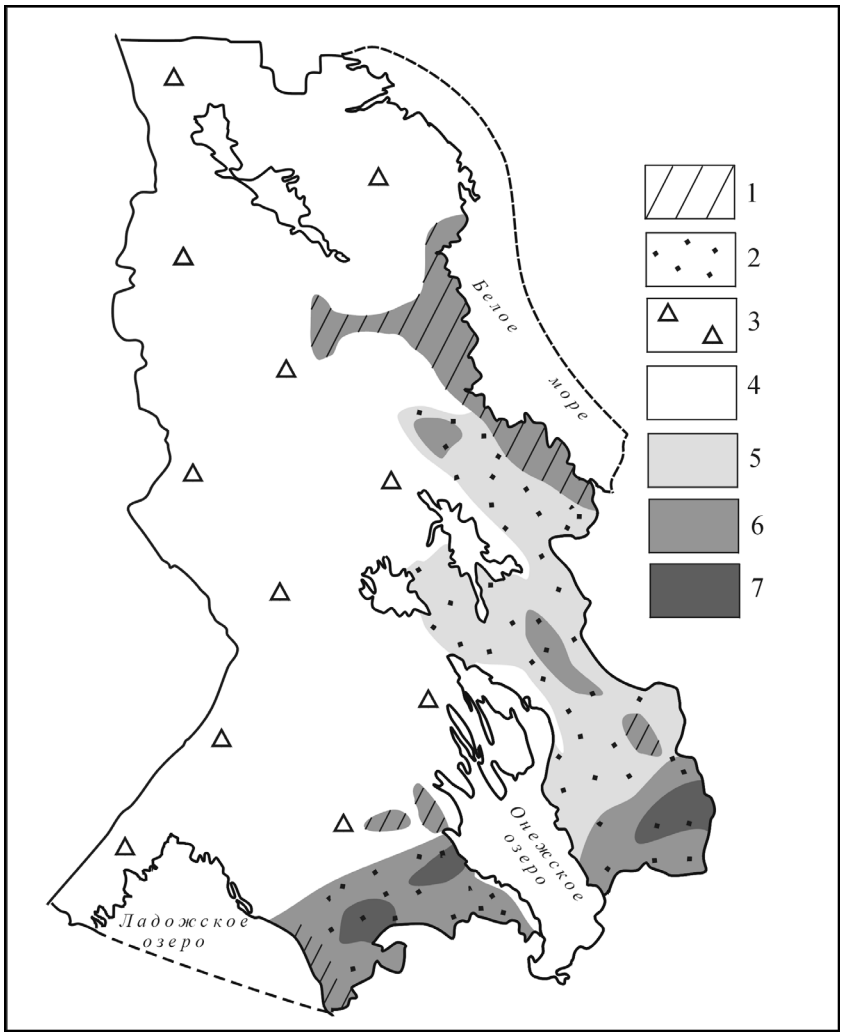


Рис. 3.2. Схема защищенности подземных вод Карелии

1–3 – литология осадков: 1 – глинистые отложения, 2 – алевролитовая морена, 3 – песчано-супесчаная морена; 4–7 – категории защищенности: 4 – незащищенные (I), 5 – слабозащищенные (II), 6 – условно защищенные (III), 7 – защищенные (IV)

Kuva 3.2. Karjalan Tasavallan pohjavesien suojaus:

1–3 – kerrostumien litologia: 1 – savikerrostumat, 2 – alevroliittimoreeni, 3 – hiekka-hiekkasavimoreeni; 4–7 – suojausluokka: 4 – suojaton (I), 5 – heikosti suojattu (II), 6 – kohtalaisesti suojattu (III), 7 – suojattu (IV)

незащищенные. Глубина залегания подземных вод, как правило, не превышает 10 м, на равнинных участках находится в пределах 1–2 м, в строении зоны аэрации отсутствуют выдержанные слои слабопроницаемых пород, фильтрационные свойства песчано-супесчаных разностей составляют 0,01–1 м/сут. Наименьшая мощность зоны аэрации характерна для заболоченных понижений денудационной равнины, значительные площади с близким залеганием грунтовых вод отмечаются среди озерных, озерно-ледниковых и флювиогляциальных равнин. Более высокой степенью защиты обладают подземные воды в районах распространения отложений, зона аэрации которых сложена глинами и суглинками (Прибеломорская низменность, долины рек Шуи и Кеми, побережье Ладожского оз., районы Восточного Заонежья). Единственный выдержанный по площади горизонт слабопроницаемых (преимущественно глинистых) моренных отложений в пределах Онежско-Ладожского водораздела позволяет выделить защищенный межморенный онегоозерский водоносный горизонт.

Напорные водоносные горизонты пород верхнего протерозоя (гдовский и котлинский) и палеозойских отложений, заполняющие глубокие депрессии и понижения в фундаменте на юге и юго-востоке республики, имеют наибольшую категорию защищенности. На рис. 3.2 показана схема защищенности подземных вод Карелии. Как видно из этого рисунка, площади распространения защищенных и относительно защищенных вод занимают около 8% территории региона.



3.2. КАЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ВОД

3.2. POHJAVESIEN LAATU

3.2.1. ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

На территории Карелии формируются преимущественно пресные и ультрапресные подземные воды, разнообразие химического состава которых определяется неоднозначным проявлением природных и антропогенных факторов.

В четвертичных отложениях преобладают кислые и слабокислые воды (pH < 6,5) с минерализацией менее 0,2 г/л, преимущественно гидрокарбонатные или гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого, реже кальциево-натриевого состава. В табл. 3.3 приведена характеристика химического состава подземных вод основных генетических типов четвертичных отложений. На фоне определяющего климатического фактора в формировании их химического состава

3.2.1. POHJAVESIEN HYDROKEMIA

Karjalan Tasavallan alueella on enimmäkseen makeita ja jopa ultramakeita pohjavesiesiintymiä. Niiden vedenlaatu vaihtelee aika paljon riippuen eri luonnon ja ihmisten toiminnasta aiheutuvista tekijöistä ja niiden yhdistelmistä.

Kvartäärikauden pohjavedet ovat joko lievästi happamia tai happamia (pH < 6,5) ja mineraaliainespitoisuus on alle 0,2 g/l kuuluen hydrokarbonaatti- tai hydrokarbonaattisulfaattiluokkaan, kalsium ja magnesiumin tai kalsium ja natrium -ryhmään. Taulukossa 3.3 on esitetty kvartäärikauden eri tyyppisten pohjavesien vedenlaatutiedot. Yleensä alueen ilmastolla on tärkein rooli pohjaveden laadun muokkautumisessa, mutta selvästi voidaan erottaa myös alueet, missä

Таблица 3.3. Химический состав подземных вод четвертичных отложений

Taulukko 3.3. Kvartäärikauden kerrostumien pohjavesien vedenlaatu

Параметр	Ед. изм.	Yksikkö	Водно-ледниковые (n = 114)						Озерно-ледниковые (n = 103)			Ледниковые (n = 107)			Межледниковые (n = 80)		
			«антиклинальный» тип			«синклинальный» тип											
Arvo			Vesi-jäätikkö (n = 114)						Järvijäätikkö (n = 103)			Jäätikkö (n = 107)			Jäätiköiden väliset (n = 80)		
			"antikliininen" tyyppi			"synkliininen" tyyppi											
			median	min	max	median	min	max	median	min	max	median	min	max	median	min	max
pH			6,4	4,8	7,0	6,1	4,7	7,1	6,1	5,4	7,4	6,5	5,7	8,0	7,3	6,1	7,9
Eh	мВ	mV	391	310	464	234	130	331	391	300	550	385	250	480	140	48	257
Na^+	мг/л	mg/l	2,0	0,3	6,2	3,8	1,2	11,7	3,6	0,8	11,9	3,8	0,6	31,0	6,5	1,3	46,6
K^+	мг/л	mg/l	0,7	0,2	4,3	0,8	0,1	5,7	1,0	0,1	5,3	1,3	0,1	5,8	1,5	0,1	7,6
Ca^{2+}	мг/л	mg/l	2,8	0,8	10,5	4,2	0,3	9,6	9,0	1,8	42,6	18,4	1,6	49,5	28,6	3,2	66,5
Mg^{2+}	мг/л	mg/l	1,2	0,1	8,4	1,8	0,4	5,0	3,6	0,9	17,0	6,0	0,6	25,9	16,8	1,4	34,7
HCO_3^-	мг/л	mg/l	16,0	1,2	58,4	28,1	9,2	64,7	27,5	4,2	79,9	85,4	12,4	286,8	170,2	67,7	349,7
Cl^-	мг/л	mg/l	1,1	0,4	6,3	1,4	0,7	17,9	1,8	0,5	23,7	1,1	0,3	14,2	2,7	0,3	69,1
SO_4^{2-}	мг/л	mg/l	4,0	0,2	43,7	5,0	1,0	13,6	17,9	0,8	48,0	10,0	1,0	87,4	11,0	0,5	183,5
Fe^{2+}	мг/л	mg/l	0,01	0,01	0,22	2,00	0,01	7,3	0,01	0,01	0,81	0,01	0,01	1,9	0,70	0,50	21,5
Fe^{3+}	мг/л	mg/l	0,02	0,01	0,17	0,40	0,01	2,4	0,02	0,01	1,10	0,01	0,01	1,3	0,30	0,01	1,2
Fe общ.	мг/л	mg/l	0,02	0,01	1,70	2,29	0,20	33,0	0,02	0,01	1,32	0,01	0,01	2,0	2,08	0,70	41,3
NO_2^-	мг/л	mg/l	0,01	0,00	0,30	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	2,5	0,01	0,01	0,90	0,01	0,00	0,2
NO_3^-	мг/л	mg/l	0,10	0,01	3,00	0,40	0,01	4,40	0,08	0,01	5,3	0,20	0,01	8,80	0,50	0,01	8,0
NH_4^+	мг/л	mg/l	0,01	0,01	0,20	0,08	0,01	1,30	0,01	0,01	0,3	0,01	0,01	0,50	0,14	0,01	3,0
PO_4^{2-}	мг/л	mg/l	0,05	0,01	0,47	0,11	0,03	0,91	–	–	–	0,05	0,01	0,12	–	–	–
F^-	мг/л	mg/l	0,08	0,01	0,51	0,13	0,01	0,18	0,05	0,03	0,35	0,09	0,01	0,65	0,15	0,05	0,18
O_2	мг/л	mg/l	7,1	5,0	11,5	1,6	0,1	3,0	5,3	4,3	11,5	8,5	4,0	11,0	1,2	0,1	2,0
CO_2	мг/л	mg/l	12,9	3,6	37,2	31,3	17,1	82,5	37,9	6,9	105,3	18,7	1,7	65,0	38,7	7,7	165,0
SiO_2	мг/л	mg/l	9,5	0,6	25,6	16,5	1,0	23,7	2,0	0,4	21,2	5,5	1,0	22,0	8,4	1,3	41,2
Перм. окисл. / Permanganaatti hap.	мг/л	mg/l	2,0	0,2	10,6	5,0	1,0	26,8	2,7	0,1	8,4	2,7	0,2	19,4	2,2	0,5	21,4
Минерализация / Mineraaliaines pitoisuus	мг/л	mg/l	40	21	116	74	32	116	80	24	146	130	28	400	250	133	623

в естественных условиях выделяются участки, на которых существенное значение приобретают гидродинамические, литологические и другие факторы.

Так, повышенная (до 0,5 г/л) минерализация вод ледниковых отложений в пределах Онежской мульды определяется влиянием подстилающих пород ятулийского вулканогенно-терригенно-карбонатного и людиковийского заонежско-суйсарского вулканогенно-терригенного структурно-формационного комплекса. Изменение состава подземных вод на гидрокарбонатно-хлоридный наблюдается в прибрежной полосе Белого моря. В районах распространения пород основного и ультраосновного состава в четвертичных отложениях формируются околонейтральные и слабощелочные воды.

Пески водно-ледниковых отложений характеризуются наиболее высокими фильтрационными свойствами (Soveri, 1985; Ресурсы и геохимия.., 1987). В формировании химического состава очень пресных вод этих отложений наиболее ярко проявляется ведущая роль атмосферных осадков. Это обусловлено кратковременным пребыванием воды в системе порода–вода. Но даже при одинаково низкой степени минерализа-

hydrodynaamiset, litologiset tai muut tekijät ovat myös varsin merkittäviä.

Esimerkiksi Onezhskaja -painanteen alueella mineraaliainespitoisuus on hyvin korkea (0,5 g/l asti) ja syynä on jatuliskin zaonezhsko-suisaaren vulkaaniset ja terrigeeniset karbonaattikivilajit. Vienanmeren rannikon läheisyydessä pohjavedet kuuluvat jo karbonaatti-kloridiluokkaan. Siinä, missä kvartäärikerrostumissa on alkalipitoisia kivilajeja pohjavesillä on joko neutraali- tai lievästi alkaalin puolen pH-arvot.

Järvi-jäätikkökerrostumien suotautumiskyky on erittäin hyvä (Soveri, 1985; Ресурсы и геохимия.., 1987). Mikäli sateilla on tärkein rooli pohjavesien muodostumisessa, tuloksena on hyvin makea vedenlaatu, koska vesi pysyy vain hyvin lyhyen aikaa «kivilaji-vesi» -systeemissä. Geomorfologiset ja hydrodynaamiset tekijät kuitenkin aiheuttavat pohjavedenlaadun vaihtelua myös tapauksissa, joissa on pieni mineraaliainespitoisuus (alle 0,1 g/l) (kuva 3.3, taulukko 3.3).

Antikliinisen tyypin horisontit ovat hyvin johtavia, vedet vaihtuvat niissä hyvin usein ja ne liikkuvat vedenjakajan keskialueelta paikallisen eroosion poh-

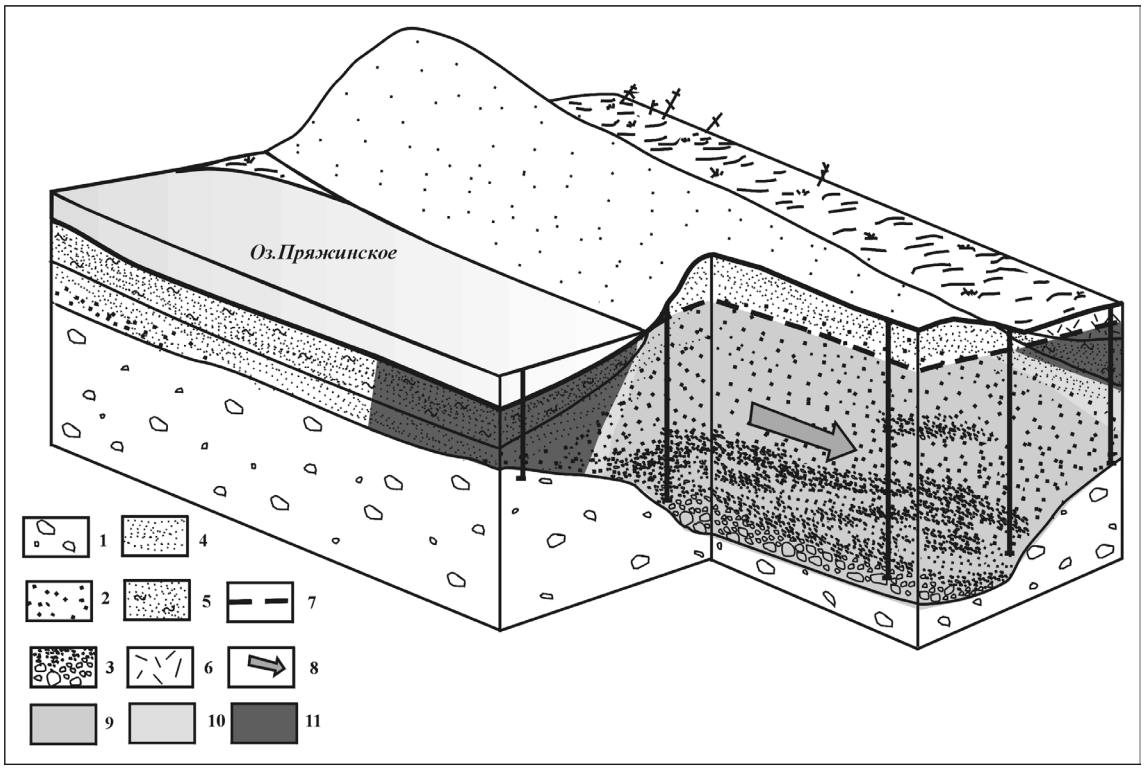


Рис. 3.3. Схематическая блок-диаграмма строения озовой гряды и концентрация железа в подземных водах:

1 – моренные отложения (валунные пески, супеси); 2–4 – флювиогляциальные отложения (2 – крупно- и разнозернистые пески, 3 – валунно-галечный материал, 4 – мелкозернистые пески); 5 – озерно-ледниковые отложения (мелкозернистые глинистые пески); 6 – торф; 7 – уровень грунтовых вод; 8 – направление движения потока грунтовых вод; 9–11 – концентрация железа (мг/л): 9 – < 0,3; 10 – 0,3–1; 11 – > 1

Kuva 3.3. Harjuselänteen rakenne ja pohjavesien rautapitoisuus:

1 – moreenikerrostumat (vierikivihiekka, hiekkamaa, hiekkasavi); 2–4 – glasifluviaaliset kerrostumat (2 – suurirakeisia- ja erirakeisia hiekkoja, 3 – vierikivi- ja someromateriaalia, 4 – hieno hiekka); 5 – glasifluviaaliset kerrostumat (hienot savihiekat); 6 – turve; 7 – pohjavesihorisontti; 8 – pohjavesien kulkeutumissuunta; 9–11 – rautapitoisuus (mg/l): 9 – <0,3, 10 – 0,3–1, 11 – >1

ции (как правило, менее 0,1 г/л) при изменении геоморфологических и гидродинамических условий в химическом составе вод наблюдаются резкие отличия (рис. 3.3, табл. 3.3).

Водоносные горизонты «антиклинального» типа отличаются хорошей дренированностью, частой сменяемостью порций вод, движущихся от центральных частей водораздела к местному базису эрозии (Malkki, 1979; Lahermo et al., 1990). Такой тип характерен для подземных вод озовых гряд и флювиогляциальных дельт. Минерализация воды здесь низкая – в среднем 40 мг/л, pH изменяется в пределах 4,8–7 (в среднем 6,3). По составу растворенных газов воды азотно-кислородной группы, относительное содержание кислорода достигает 15–27 об.% (Ресурсы и геохимия.., 1987). Воды очень мягкие – жесткость составляет в среднем 0,5 ммоль/л, редко достигает 1–1,5 ммоль/л. Буферная способность вод этих отложений, которая в основном определяется гидрокарбонатной щелочностью, низкая и составляет в среднем 16 мг/л. Поэтому слабоминерализованные воды наиболее чувствительные к закислению.

jan suuntaan (Malkki, 1979; Lahermo et al., 1990). Juuri sellaisia ovat harjuselkien ja glasifluviaalisten delttojen pohjavedet. Vesien ionipitoisuus on pieni: 20–116 mg/l (keskimäärin 40 mg/l), pH vaihtelee 4,8 ja 7 välillä (keskimäärin 6,3). Luonnon kaasut kuuluvat «typpi- ja happi» -ryhmään. Happipitoisuus saavuttaa jopa 15–27 tilav.%, helium- ja argoonikerroin ei ylitä 0,001, mikä on hyvin tyypillistä aktiiviselle vedenvaihtumisvyöhykkeelle (Ресурсы и геохимия.., 1987). Vesi on hyvinkin pehmeää, sen kovuus on keskimäärin 0,5 mmol/l ja harvoin 1–1,5 mmol/l. Näiden kerrostumien puskurikapasiteetti on pieni, keskimäärin 16 mg/l ja määräytyy pääosin hydrokarbonaattialkaalilla. Sen takia vähän mineraaliaineita sisältävät pohjavedet ovat arkoja happamoittumiselle.

«Synkliinisissä» horisonteissa pohjavedet kulkeutuvat ympäristöalueilta ja niiden pinnan taso on lähellä maapintaa. Luonnonolosuhteissa tämän tyypin horisontit syntyvät soistuneilla paikoilla, harjujen ja delttojen reuna-alueilla, joihin on liittyneenä järvijäätikkökerrostumia. Sama horisontti voidaan havaita, mikäli pohjavesien tasoa alennetaan keinotekoisesti.

В водоносных горизонтах «синклинального» типа движение грунтовых вод направлено с окружающих территорий, уровень залегает близко к поверхности. Горизонты этого типа формируются либо в естественных условиях на периферийных частях озов и дельт, часто перекрытых озерно-ледниковыми отложениями и заболоченных, либо при искусственном понижении уровней. Подземные воды в таких условиях несколько более минерализованы – в среднем 74 мг/л, отличаются повышенным содержанием органических веществ (величина перманганатной окисляемости – до 27 мг/л), концентрации железа достигают 20–33 мг/л, марганца – 0,9 мг/л. Состав растворенных газов азотно-углекислый, содержание кислорода низкое. Распространение таких вод, главным образом, из-за повышенных концентраций железа и марганца создает трудности при оценке эксплуатационных запасов подземных вод из флювиогляциальных отложений.

Бескислородные воды напорного межледникового онегоозерского горизонта отличаются стабильным химическим составом. Минерализация составляет 0,1–0,6 г/л, pH 6,3–7,4, состав гидрокарбонатный кальциево-магниевый с высокими концентрациями железа (до 40 мг/л) и марганца (до 3,7 мг/л).

По сравнению с водами четвертичных пород в докембрийских большее значение приобретает фактор петрохимии водовмещающих пород за счет возрастания времени взаимодействия в системе порода–вода. Это определяется как увеличением длины пути фильтрации (базисом дренирования являются наиболее крупные реки и озера), так и уменьшением фильтрационных параметров с глубиной.

Воды кристаллических пород на большей территории имеют минерализацию 0,2–1 г/л (рис. 3.4). Солоноватые воды (> 1 г/л) развиты локально и характерны для верхнепротерозойских водоносных горизонтов на юге республики, вскрываются отдельными скважинами в породах Онежской структуры, в Восточном Заонежье, в прибрежной полосе Белого моря.

В кристаллических породах значительно меньше, чем в четвертичных, распространены кислые и слабокислые воды; они приурочены преимущественно к гранито-гнейсовым полям западной части территории (рис. 3.5). Большая часть региона занята околонейтральными и слабощелочными водами. Щелочные воды (pH до 9,8) встречаются в породах основного и ультраосновного состава и зонах щелочного метасоматоза.

Несмотря на общность природных и гидрогеологических условий Карельского региона, низкую химическую активность пород, гидрогеохимические поля основных геологических структур имеют свою специфику. Минимальные величины общей минерализации (до 0,1 г/л) характерны для вод архейских гранито-

Näissä olosuhteissa pohjavedet sisältävät enemmän mineraaliainesta – keskimäärin 74 mg/l, orgaanisten aineiden pitoisuus on korkea (permanganaattihapettavuus on 27 mg/l asti), rautapitoisuus on 20 ja 33 mg/l välillä, mangaania on 0,9 mg/l. Raudan ja mangaanin korkeat pitoisuudet rajoittavat sellaisten glasifluviaalisten pohjavesiesiintymien hyväksikäyttöä.

Onegoozerskin alueen hapettomat paineelliset jäätiköiden välisten esiintymien pohjavesien laatu pysyy samanlaisena pitkän aikaa. Mineraaliainespitoisuus on 0,1–0,6 g/l, pH-arvo on 6,3–7,4, hydrokarbonaattiluokkaa, kalsium-magnesiumin ryhmää ja korkea raudan (40 mg/l asti) ja mangaanin pitoisuus (3,7 mg/l asti).

Kallion kivilajin petrokemian koostumuksella on suurempi merkitys vedenlaadun muodostumisessa kvarttäärikauden pohjavesiin verrattuna. «Kivilaji – neste» -systeemissä vuorovaikutuksen aika pitenee, koska myös suotautumismatka pitenee ja suodatuskyky syvyyden mukaan pienenee. Suuret joet ja järvet muodostavat kalliopohjavesien valuma-alueen.

Kalliokivilajien pohjaveden mineraaliainespitoisuus on useimmiten 0,2–1 g/l (kuva 3.4). Suolapitoisia (> 1 g/l) vesiä havaitaan paikoin ja ne kuuluvat tasavallan eteläalueen ylä-proterozooisiin kerrostumiin, myös Äänisen ja Vienan meren rannikolla.

Happamia tai lievästi happamia pohjavesiä on havaittu kalliossa harvemmin kvartäärikerrostumiin verrattuna. Niitä on kyllä tavattu tasavallan länsipuolella graniitti-gneissialueella (kuva 3.5). Useimmiten on havaittu joko neutraaleja tai lievästi alkaalisia vesiä. Emäsreaktion pohjavesiä (pH-arvo 9,8 asti) on havaittu ultraemäs- tai emäskivilajien esiintymisalueilla.

Karjalan Tasavallan hydrogeologiset olosuhteet vaihtelevat jonkun verran paikasta toiseen. Minimaaliset mineraaliainespitoisuuksia (alle 0,1 g/l) on havaittu Länsi-Karjalan ylängön graniitti-gneissialueen pohjavedessä. Vedet kuuluvat hydrokarbonaattiluokan «kalsium ja natrium» -ryhmään.

Varsinkin graniitti-gneississä, paleo-alueiden vulkaaniset, hydrotermiset ja eksgalatsioniset prosessit ennen kambrikauden varhaisissa vaiheissa ovat syynä varsin kirjavaan pohjavesien kemialliseen koostumukseen.

Laatokan painanteen kiillekvartsiitin karbonaatti-terrigeenisten kerroksien pohjavesien mineraaliainepitoisuus on 0,1–0,55 g/l (keskimäärin 0,27 g/l). Koska liuskekivet on rikastuneet sulfidilla, pohjavedet kuuluvat sulfaatti-natriumin -alatyyppiin. Ionikoostumukseltaan vedet kuuluvat hydrokarbonaatti-sulfaatti-kalsium-magnesium-ryhmään. Natriumin ja kloorin osuus kasvaa, mikäli ionien summa kasvaa ja vedet kuuluvat jo hydrokarbonaatti-kloridi-natrium-kalsium-ryhmään.

Länsi-Äänisen painanteen kvartsiittihiekoissa pohjavesien mineraaliainespitoisuus on 0,12–0,4 g/l

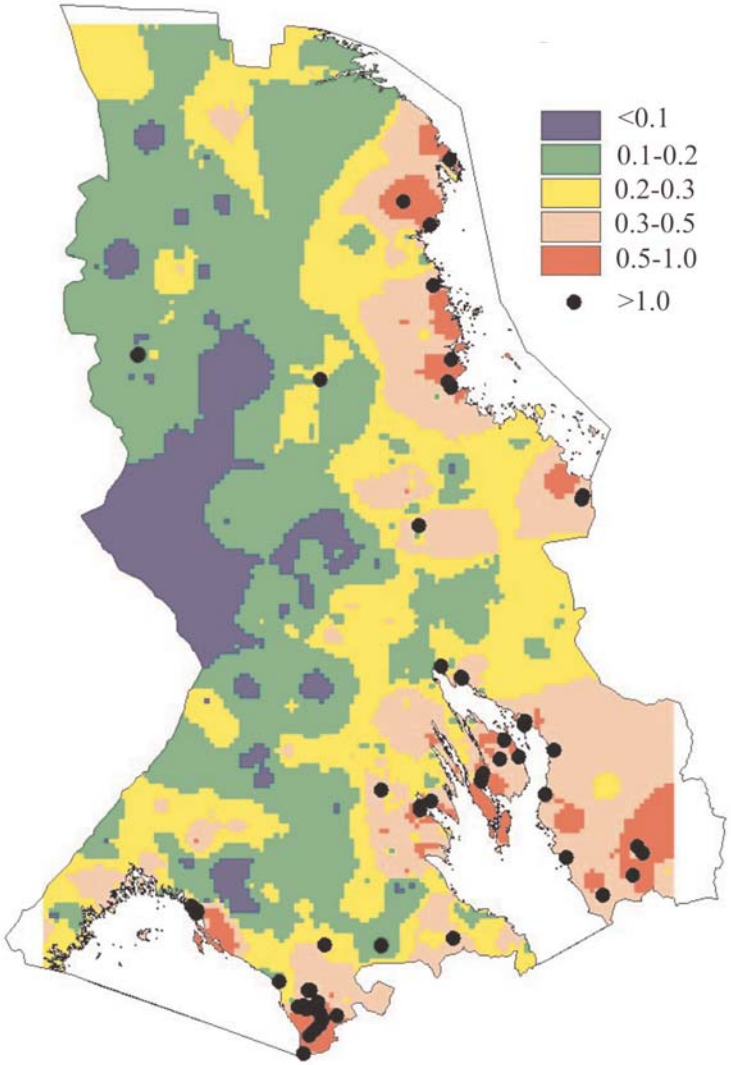


Рис. 3.4. Региональное распределение величины минерализации в подземных водах кристаллических пород Карелии

Kuva 3.4. Karjalan kallion pohjavesien mineraaliainespitoisuus

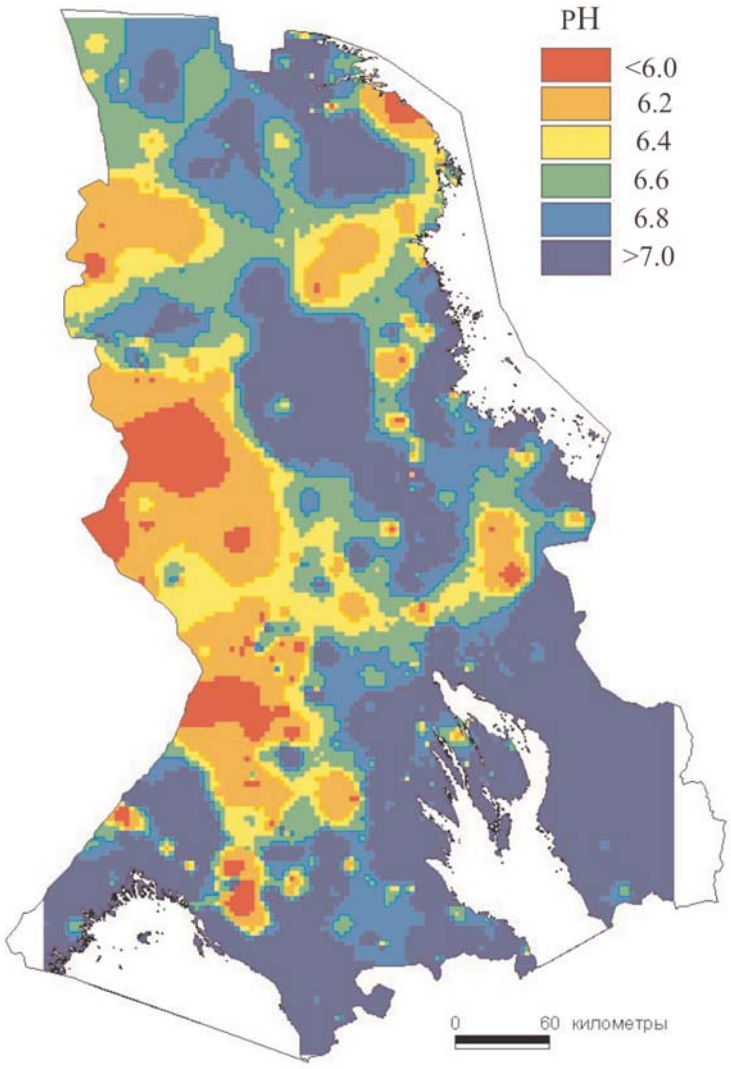


Рис. 3.5. Региональное распределение величины pH в подземных водах кристаллических пород Карелии

Kuva 3.5. Karjalan kallion pohjavesien pH-pitoisuus

гнейсовых полей Западно-Карельской возвышенности. По преобладающим компонентам воды, как правило, гидрокарбонатные кальциево-натриевые.

Изменение химизма подземных вод протерозойских структур определяется литолого-фациальными условиями осадконакопления и вулканогенными гидротермально-эксгаляционными процессами в палеобассейнах раннего докембрия.

Во флишоидной толще слюдистых кварцитов и сланцев Ладожского синклинория формируются воды с минерализацией 0,1–0,55 г/л. Обогащение метаморфических сланцев сульфидами объясняет преобладание вод гидрокарбонатно-сульфатных кальциево-магниевых. При увеличении минерализации растет относительная роль натрия и хлора, воды становятся гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые.

В кварцито-песчаниках Западного Прионежья формируются воды с минерализацией 0,12–0,4 г/л. Для них характерно довольно монотонное поведение главных ионов во всем интервале минерализации. Среди анионов резко преобладают гидрокарбонаты, относительное содержание которых составляет 70–95%, сульфаты и хлориды имеют подчиненное значение. Главные катионы располагаются в последовательности Ca > Mg > Na. По сравнению с водами Ладожского синклинория воды здесь отличаются пониженными концентрациями сульфатов и хлоридов. Сходной чертой вод двух структур является низкое содержание кремнекислоты по сравнению с водами других комплексов.

Наибольшее разнообразие в химическом составе и повышенная минерализация (до 1 г/л) подземных вод отмечены в породах Онежской мульды, где в разрезе сочетаются пачки разнообразных первично-глинистых, карбонатных, вулканических и вулканогенно-осадочных, а также чрезвычайно характерных для этого комплекса углеродсодержащих пород. В породах структуры преобладают гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды. На участках развития шунгитсодержащих пород распространены воды гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого состава. В западной части Онежской структуры формируются минеральные лечебные «марциальные» воды уникального сульфатно-гидрокарбонатного магниево-железисто-кальциевого состава с концентрацией Fe (II) до 116 мг/л.

Редкие по составу подземные воды формируются в пределах распространения ультраосновных пород. Скважинами в юго-западной части Аганозерско-Бураковского массива вскрываются щелочные воды (pH 8,6) с минерализацией 0,2–0,3 г/л. По преобладающим компонентам воды гидрокарбонатные магниево-кальциевые. Относительное содержание магния составляет 52–65%, хлоридов и сульфатов – не более 1–5%.

(keskimäärin 0,3 g/l), pääosin karbonaattia. On hyvin tyypillistä, että tärkeimpien ionien suhde pysyy samana pitoisuudesta riippumatta. Anioneista HCO_3 on hallitseva, sen osuus on 70–95 %, SO_4 ja Cl ovat toisarvoisia. Tärkeimmät kationit muodostavat sarjan Ca > Mg > Na. Laatokan painanteeseen verrattuna tämän alueen pohjavedessä on vähän sulfaatteja ja klorideja. Kahden struktuurin yhteisenä piirteenä on vesien piihapon pienet määrät.

Arkeisenkauden kallion-gneissien, graniitti-gneissien ja granitoidien pohjavesien mineraaliainepitoisuudet ovat minimaalisia (keskimäärin 0,17 g/l). Kemiallisen koostumuksen mukaan vedet kuuluvat sulfaatti- (sulfaatti-natriumin-alatyyppi) tai karbonaattityyppiin. Vallitsevien ionien mukaan vedet ovat hydrokarbonaatti-kalsium-natrium-ryhmästä. Karbonaattityyppi on leimaa-antava mikäli mineraaliainepitoisuus on korkea ja natrium- kationi on vallitseva. Graniitti-gneissivesien silikaattihappopitoisuus on korkea.

Äänisen painanteen pohjavesien vedenlaatukirjo on varsin laaja. Alueen mineraaliainepitoisuus on korkeampi – 1 g/l saakka. Painanteessa nimittäin on erilaisia alkuperäissavi- ja karbonaattikallio-osioita. Alueella on hyvin paljon hiilipitoisia kallioita ja myöskin vulkaanisia ja vulkaani-kerrostuman kivilajeja. Nämä kalliomassat koostumukseltaan ja rakenteiltaan poikkeavat muista Karjalan kerrostumista. «Martsialnyje vody» -esiintymän pohjavedet ovat aivan ainutlaatuisia. Esiintymä sijaitsee Äänisen painanteen länsipäässä. Vesien ioneista vallitsevia ovat SO_4-HCO_3-Mg-Fe-Ca (Ca – Mg – Fe). Na:n ja Cl:n osuus on vain muutama prosenttiyksikkö ja rautaa on 116 mg/l.

Aika harvinaisen laatuisia vesiä muodostuu ultraperuskallion alueella. Aganozersk-Burakovskin klinopirokseniitti-gabronoritonovin massiivin lounaisalueella pohjavedet ovat alkalityyppiä (pH 8,6), mineraaliainepitoisuus on 0,2–0,3 g/l ja ne ovat HCO_3-Mg-Ca-ioniryhmää. Magnesiumin suhteellinen osuus on 52–65 %, Na – 8–15 % ja Cl ja SO_4 eivät ylitä 1–5 %.

Alueemme pohjavesien mikroelementtien pitoisuudet ovat suhteellisesti pieniä, mutta tiettyjen aineiden kohdalla pitoisuudet vaihtelevat laajastikin – mikrogrammojen kymmenesosasta satoihin mikrogrammoihin litrassa (katso taulukko 3.4).

«>10 µg/l» pitoisuusväliin kuuluvat Fe, Al, Zn, Mn, Sr, Ba;

«1–10 µg/l»: B, Br, I, Cu, Sc, Ni, Li, Rb, Ti;

«0,1–1 µg/l»: V, Cr, Co, As, Se, Y, Mo, La, Ce, Nd, Pb;

«< 0,1 µg/l»: U, W, Sb, Cd, Hg, Be, Tl, Bi, Sn, Ag, Au, Cs, Th, Zr, Sm, Pr, Ga, Ge, Eu, Gd, Dy, Pd, Te, Re, Er, Yb, Nb, Ru, Rh,Tb, Ho, Lu, Ta.

Eri kivilajeissa pohjavesien mikroelementtien pitoisuudet poikkeavat toisistaan vain hyvin vähän. Tilastollisesti voidaan todeta, että Sr, B ja U :n pitoi-

Абсолютные концентрации микрокомпонентов в подземных водах региона в целом сравнительно низкие. Для различных компонентов они изменяются в широких пределах – от долей и единиц до десятков и сотен мкг/л (табл. 3.4).

В диапазон медианных концентраций > 10 мкг/л попадает небольшая группа элементов: Fe, Al, Zn, Mn, Sr, Ba;
в диапазон 1–10 мкг/л: B, Br, I, Cu, Sc, Ni, Li, Rb, Ti;
в пределах 0,1–1 мкг/л определяются: V, Cr, Co, As, Se, Y, Mo, La, Ce, Nd, Pb;
концентрации < 0,1 мкг/л характерны для таких элементов, как U, W, Sb, Cd, Hg, Be, Tl, Bi, Sn, Ag, Au, Cs, Th, Zr, Sm, Pr, Ga, Ge, Eu, Gd, Dy, Pd, Te, Re, Er, Yb, Nb, Ru, Rh,Tb, Ho, Lu, Ta.

Характер распределения большинства микроэлементов в водах различных комплексов пород отличается незначительно, только концентрации Sr, B, U в водах докембрийских пород статистически выше, чем четвертичных. Значимая положительная корреляция с величиной общей минерализации отмечается для некоторых, в основном литофильных элементов: Li, B, Br, Sr, Ba, Rb, U.

Дифференциация концентраций отдельных элементов связана с региональным зональным и азональным распределением эколого-гидрогеологических показателей. Так, гидрокарбонатные (гидрокарбонатно-хлоридные) натриевые воды в породах Онежской мульды и ее обрамления отличаются избытком бария, максимальные концентрации которого в отдельных скважинах превышают ПДК для питьевых вод, а также повышенными концентрациями стронция, бора, лития. Повышенный локальный фон и максимальные в регионе содержания никеля, кобальта, цинка, кадмия характерны для подземных вод в шунгитсодержащих породах. Уровни содержания и формы поливалентных элементов в подземных водах в значительной степени обусловлены окислительно-восстановительной зональностью.

Подземные воды Карелии формируются в различных физико-химических условиях и занимают большой диапазон значений pH и Eh (pH 4,8–9,8 и Eh +20 ÷ 560 мВ) (рис. 3.6).

Характер связей pH–Eh значительно изменяется в зависимости от конкретных гидродинамических и гидрогеохимических условий среды. Вертикальная окислительно-восстановительная зональность выражается в закономерных изменениях значений Eh с глубиной их формирования: от кислородных вод (Eh > 250 мВ) до бескислородных и бессульфидных (Eh 100 ÷ 250 мВ) и редко сульфидных (Eh < 100 мВ). Горизонтальная зональность наиболее ярко проявляется в водоносных горизонтах четвертичных отложений и выражается в уменьшении Eh в зависимости от изменений ландшафтных и гидродинамических

suudet ovat suurempia kambrikautta edeltävissä pohjavesissä kuin kvartäärikautisissa pohjavesissä. Merkittävä positiivinen korrelaatio on mineraaliainespitoisuuden ja seuraavien litofyylisten aineiden välillä: Li, B, Br, Sr, Ba, Rb, U.

Ympäristö ja hydrogeologiset tekijät vaikuttavat myös mikroelementtien eli alueiden pitoisuuksien muodostumisessa. Esimerkiksi Äänisen painanteen alueella ja sen lähiympäristössä HCO_3-Cl-Na -pohjavedessä on bariumilla kohonneet pitoisuudet, jotka tietyissä tutkimusputkissa ylittävät juomaveden suurimmat sallitut pitoisuudet. Myös Sr, B ja Li:n pitoisuudet ovat suhteellisen korkeat. Shungiittialueen pohjavedessä on paljon Ni, Co, Zn ja Cd.

Karjalan Tasavallan hypergeneesin alueella on muodostunut hyvin erilaisia pohjavesiä: pH-arvo vaihtelee 4,8–9,75 ja Eh 20–560 mV välillä (kuva 3.6).

Tärkeimpien pohjavesiesiintymien pH ja Eh-arvot ovat paikalle leimaa- antavia arvoja: happipitoisia (Eh > 250 mV), hapettomia ja sulfiidittomia (Eh 100–200 mV), vähän sulfiidia sisältäviä (Eh < 100 mV). Eh-arvo muuttuu myös horisontaalisuunnassa eniten kvarttäärikauden kerrostumissa. Hapetus- ja pelkistysolosuhteet vaihtelevat horison-

Таблица 3.4. Концентрации микроэлементов в подземных водах Карелии, мкг/л

Taulukko 3.4. Karjalan Tasavallan pohjavesien mikroelementit

Элемент Aine	Пределы Pitoisuusväli	Медиана Mediaani	Элемент Aine	Пределы Pitoisuusväli	Медиана Mediaani
Li	0,01–47,7	1,9	Sn	< 0,02–3,5	0,02
Be	< 0,02–0,2	< 0,02	Sb	< 0,02–100	0,09
B	< 1– 484	10	Te	< 0,05–0,53	< 0,05
Al	0,15–770	35	I	< 0,2–1600	4,5
Sc	< 1–15	2,5	Cs	< 0,01–3,38	0,01
Ti	< 0,5–36	1,6	Ba	3,9–2 200	57
V	< 0,2–15,3	0,4	La	0,01–22,6	0,9
Cr	< 0,1–15,3	0,9	Ce	< 0,01–53,7	0,52
Mn	0,1–6 355	24,4	Pr	< 0,01–4,23	0,10
Fe	< 10–89 370	200	Nd	< 0,02–16	0,27
Co	< 0,02–50,6	0,18	Sm	< 0,02–2,7	0,04
Ni	0,5–360	2,0	Eu	< 0,02–0,44	0,03
Cu	0,5–100	2,5	Gd	< 0,02–1,97	0,03
Zn	0,5–1800	36	Tb	< 0,01–0,3	< 0,01
Ga	< 0,01–0,45	0,03	Dy	< 0,02–1,79	0,03
Ge	< 0,01–1,23	0,03	Ho	< 0,01–0,39	< 0,01
As	< 0,1–69	0,5	Er	< 0,02–1,18	< 0,02
Se	< 0,5–10	0,5	Tm	< 0,01–0,16	< 0,01
Br	< 0,5–379	5	Yb	< 0,02–1,07	< 0,02
Rb	0,13–39	1,7	Lu	< 0,01–0,15	< 0,01
Sr	7–1 700	81	Ta	< 0,01–0,3	< 0,01
Y	< 0,01–9,6	0,17	W	< 0,02–15,5	0,03
Zr	< 0,02–12,4	0,05	Re	< 0,05–1,8	< 0,05
Nb	< 0,01–0,43	< 0,01	Au	< 0,05–0,12	< 0,05
Mo	< 0,02–48	0,38	Hg	< 0,05–0,68	< 0,05
Ru	< 0,01–0,07	< 0,01	Tl	< 0,01–5,3	< 0,01
Rh	< 0,01–0,04	< 0,01	Pb	< 0,1–75	0,7
Pd	< 0,05–0,30	< 0,05	Bi	< 0,01–6,7	< 0,01
Ag	< 0,01–0,66	0,01	Th	< 0,01–1,24	0,01
Cd	< 0,01–21	0,06	U	< 0,01–304	0,09

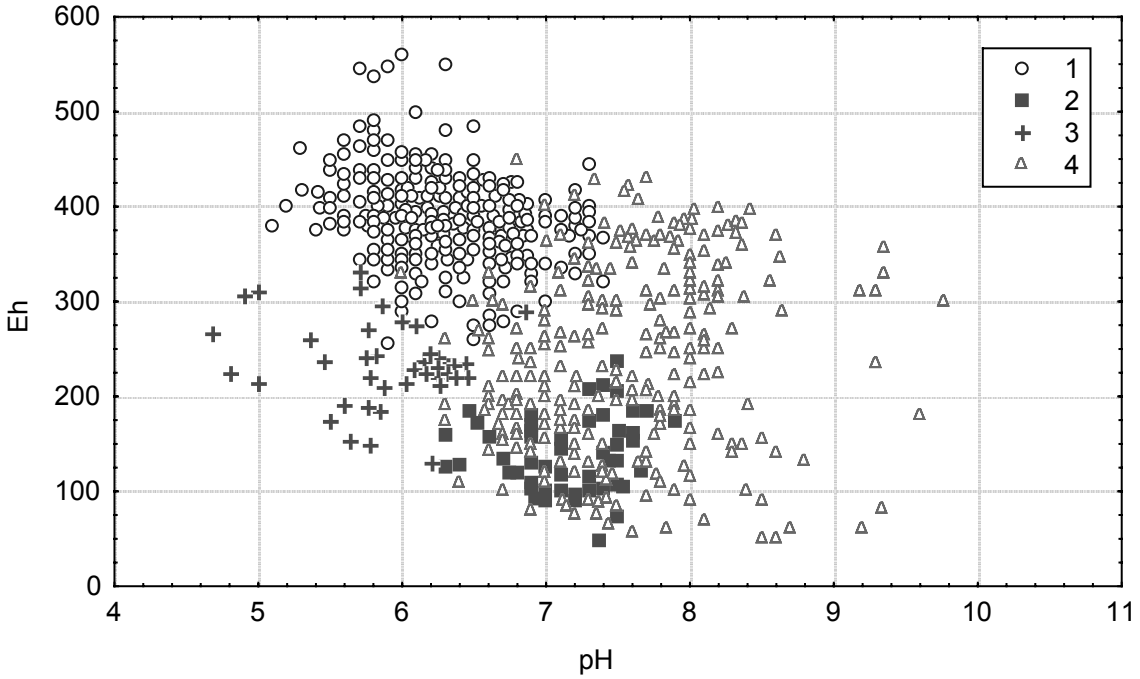


Рис. 3.6. Расположение точек различных типов подземных вод на pH–Eh диаграмме:

1–3 – воды четвертичных отложений (1 – кислородсодержащие водно-ледниковые, ледниковые, 2 – межледниковые, 3 – бескислородные водно-ледниковые), 4 – воды докембрийских пород

Kuva 3.6. Eri pohjavesityyppien pH-Eh diagrammi:

1 – kvarttäärikautisten kerrostumien happipitoiset vedet; 2 – jääkausien välisten kerrostumien vedet, 3 – vesi-jäätikkökerrostumien hapettomat vedet; 4 – kambrikautta edeltäneiden kivilajien vedet

условий, когда кислородные воды положительных форм рельефа сменяются бескислородными на пониженных участках рельефа.

Зоны резкой смены окислительно-восстановительных состояний подземных вод являются зонами активных геохимических противоречий, в пределах которых происходит изменение концентраций многих элементов.

3.2.2. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НОРМИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Выделяются две группы нормируемых элементов, разных по своей значимости при оценке качества подземных вод. В первую группу входят элементы, ПДК которых близки к фоновым концентрациям и являются соизмеримыми с ними. Для нашего региона это в первую очередь железо и марганец. Вторая группа включает элементы, ПДК которых намного больше их фоновых концентраций; содержания, соизмеримые с нормативными, обнаруживаются лишь на локальных участках (месторождения, рудопроявления, загрязненные воды). Сюда входит большая часть элементов.

taalisuunnassa maisemamuodosta riippuen. Ylänköalueilla on useimmiten happea sisältäviä pohjavesiä ja alavilla alueilla taas hapettomia pohjavesiä.

Pohjavesien hapetus- ja pelkistysarvot vaikuttavat eri aineiden muuttuvien arvojen esiintymiseen eri syvyyksissä. Siinä vyöhykkeessä, missä hapetus- ja pelkistysarvot muuttuvat hyvin nopeasti, myös monien peruselementtien pitoisuudet muuttuvat.

3.2.2. NORMI-ELEMENTTIEN YMPÄRISTÖ-GEOKEMIAN ERIKOISPIIRTEET

Normitettujen aikuisaineiden joukossa on kaksi ryhmää, joista toisen ryhmän taustapitoisuudet ovat hyvin lähellä suurimman sallitun pitoisuuden tasoa, esimerkiksi: Fe, Mn, Ba, Be, Se, F, U ja toisen ryhmän suurimmat sallitut pitoisuudet ylittävät reilusti taustapitoisuudet eli näitä aineita havaitaan yleensä vain tietyssä tapauksessa (esiintymät, kuormitus). Suurin osa alkeisaineista kuuluu toiseen ryhmään.

Rauta.

Karjalan Tasavalassa pohjavedet hyvin usein sisältävät paljon rautaa. Rautapitoisuus vaihtelee

Железо. В Карелии значительная часть ресурсов подземных вод представлена железосодержащими водами. Концентрации железа в них достигают единиц и десятков мг/л, вплоть до 116 мг/л (Марциальные воды). При этом ПДК для питьевых вод составляет 0,3 (1,0) мг/л. Железо является преобладающим микрокомпонентом в водах различных комплексов пород.

Как известно, содержание железа в породах земной коры значительно (> 4%), но прямой зависимости между содержаниями его в породах и в подземных водах нет. Так, кислородсодержащие подземные воды с высокими значениями Eh, формирующиеся в породах с высокими концентрациями железа, часто содержат минимальные его концентрации (примером является Костомукшское месторождение). В то же время бескислородные воды с низкими положительными значениями Eh, формирующиеся в породах с кларковыми концентрациями железа (песчаные четвертичные отложения), иногда содержат очень высокие его концентрации. Причина в том, что растворимость большинства соединений Fe (II) значительно больше растворимости Fe (III).

В подземных водах железо находится в растворенных и коллоидных формах, между которыми существует непрерывный переход. При отсутствии органических веществ в кислородсодержащих водах при pH > 5 преобладает соединение $Fe(OH)_3$. В бескислородных и бессульфидных водах с низким содержанием органических веществ существование железа в виде простейшей формы (Fe^{2+}) определяет быстрое его осаждение из подземных вод при их аэрировании. Относительно высокая устойчивость органических соединений с железом определяет высокую вероятность образования в водах комплексных соединений, что обеспечивает способность противостоять гидролизу и препятствует удалению железа из подземных вод. Аэрирование вод с высокими концентрациями органических веществ обычно не приводит к полному удалению из них железа в течение многих дней и даже недель (Крайнов, Швец, 1987).

Биологическое значение железа очень велико. Оно входит в состав гемоглобина, ферментов, участвующих в тканевом дыхании. С водой в организм человека поступает 10–15% суточной потребности. Токсическим действием железо практически не обладает, нормируется по санитарно-гигиеническим показателям (придает вяжущий привкус, окраску и мутность, откладывается на стенках трубопровода, посуды).

Концентрации ***марганца*** в подземных водах Карелии изменяются в широких пределах – от единиц микрограммов во флювиогляциальных кислородных водах до 6,3 мг/л в горизонтах с бескислородными условиями.

Влияние литолого-геохимических особенностей пород на распределение марганца в подземных водах

0,01–10 mg/l välillä ollen joskus enemmänkin, jopa 116 mg/l (Martsialnye vody). Raudan suurin sallittu pitoisuus on 0,3 (1,0) mg/l. Rauta on dominoiva mikrokomponentti kivilajeissa.

Kuten tiedetään maankuoressa on paljon rautaa (> 4 %), mutta pohjavesien ja kivilajien rautapitoisuuksilla ei ole suoraa yhteyttä. Esimerkiksi happipitoiset pohjavedet, joiden Eh-arvo on korkea ja jotka ovat muodostuneet paljon rautaa sisältävissä kivilajeissa, voivat sisältää vähän rautaa (esimerkiksi Kostamuksen alue). Hapettomat vedet, joiden Eh-arvo on positiivinen ja pieni, sisältävät paljon rautaa. Syynä on kaksi-arvoisen raudan (Fe^{2+}) hyvä liukenemiskyky, mikä on suurempi kuin kolme-arvoisella (Fe^{2+}) raudalla.

Rauta on pohjavedessä liuenneessa- ja kolloidimuodossa. Jatkuvia muutoksia tapahtuu olomuotojen välillä. $Fe(OH)_3$ on dominoiva, mikäli pH > 5 ja jos happea sisältävässä vedessä ei ole orgaanisia aineita.

Hapettomassa vedessä, jossa ei ole sulfidia eikä orgaanista ainetta, rauta on enimmäkseen Fe^{2+}- muodossa ja rauta sakkaantuu pohjavedestä ilmastuksen aikana. Raudan kompleksiyhdisteiden rakentava ominaisuus on hyvin selkeä silloin, kun vedessä on paljon orgaanisia aineita. Sellaiset yhdisteet «kestävät» hydrolyysireaktiossa eikä rauta helposti menee sakkaan. Paljon orgaanisia aineita sisältävien pohjavesien ilmastus ei pysty saostamaan rautaa kokonaan monien päivien ja jopa viikkojen aikana (Крайнов, Швец, 1987).

Raudalla on erittäin tärkeä rooli biologisissa prosesseissa. Rauta on osaa hemoglobiinia ja fermentteja, jotka osallistuvat hengitykseen. Vedestä ihminen saa 10–15 % raudan vuorokautisesta määrästä. Raudalla ei ole myrkyllistä ominaisuutta ja normit asennettiin saniteetti- ja hygieniaan vaatimusten takia (veden sivumaku, väri, sameus; sen lisäksi rauta sakkautuu putkiston ja astioiden pinnalla).

Mangaani.

Karjalan Tasavallan pohjavesien mangaanipitoisuus vaihtelee laajoissa väleissä 0,1 µg/l – 6,3 mg/l. Glasifluviaalisten kerrostumien happea sisältävissä vesissä mangaania on vähän ja hapettomissa vesissä mangaania on yleensä enemmän.

Pohjavesien mangaanipitoisuus riippuu eniten kivilajien mangaanin geokemiallisista ominaisuuksista ja vasta sen jälkeen mangaanin kokonaismäärästä. Toisin sanoen, esiintykö mangaani «tavoitettavissa» muodoissa vai ei? Intruusio- ja vulkanogeenisissä kivilajeissa mangaani on isomorfisessa, a-lumosilikaattien ja rauta- ja magnesiummineraalien muodossa. Hypergeneesivyöhykkeessä mineraalit ovat epätasapainoisessa muodossa, ne hapettuvat tai huuhtoutuvat.

Yleensä pH-arvon noustessa mangaanipitoisuus pienenee. Hydrogeokemiallisen vyöhykkeen yläpuo-

в большей степени связано не с его концентрациями в породах, а с геохимическими состояниями марганца в них, различающимися по своей доступности для подземных вод. В интрузивных и вулканогенных породах марганец находится в виде изоморфных состояний в первичных алюмосиликатных и железо-магнезиальных минералах. В зоне гипергенеза они неравновесны и выщелачиваются или окисляются.

В общем случае увеличение pH приводит к уменьшению концентраций марганца. Воды верхней гидрогеохимической зоны имеют низкие значения pH и соответственно низкие концентрации карбонатов, что определяет высокий дефицит насыщения их марганцем. Такие воды характеризуются высокими потенциальными возможностями накопления марганца, в том числе и техногенного происхождения, что подтверждается обнаружением в водах населенных пунктов значительного количества проб (16%) с концентрациями марганца выше 100 мкг/л. Максимальными возможностями для накопления марганца отличаются подземные воды с высокими концентрациями органических веществ гумусового ряда.

Разделение марганца и железа в подземных водах региона соответствует теоретическим положениям, изложенным в работе С. Р. Крайнова и В. М. Швеца (1987). Наиболее простой случай с минимальным эффектом разделения элементов наблюдается в бескислородных и бессульфидных водах. В них отмечаются высокие концентрации марганца и железа, соотношения между ними обычно составляют 0,01–0,5, поэтому воды являются комплексными железо-марганцевыми. Такие воды имеют широкое распространение в докембрийских породах и четвертичных отложениях глеевой обстановки и требуют специальных технологических приемов их очистки от марганца и железа. Для кислородсодержащих вод характерно значительное обогащение марганцем по отношению к железу, Mn/Fe отношение достигает максимальных значений (10–64), в этом случае формируются марганецсодержащие воды (Mn 0,1–0,9 мг/л) при концентрациях железа менее 0,1 мг/л.

Значение марганца для человека как биоэлемента установлено сравнительно недавно. При недостатке наблюдается задержка развития костного аппарата, умственная отсталость. С водой в организм человека поступает 4–5% от общего суточного количества (Захарченко и др., 1996). Токсичность незначительна; как и железо, элемент нормируется по санитарно-гигиеническим показателям (изменяет окраску воды, придает ей вяжущий вкус). Но избыток марганца в рационе питания отрицательно влияет на обмен йода в организме, увеличивает риск возникновения острых респираторных заболеваний, развития кариеса.

Среди элементов второй группы, ПДК которых намного больше их фоновых концентраций, в настоящее время наиболее изучены фтор и йод. Для фтора характерно преобладание в водах региона, особенно в подземных, концентраций, близких к оптимальным. Для йода характерно преобладание концентраций, ниже оптимальных.

Фтор является одним из самых распространенных элементов в природе. Его кларк в земной коре составляет 0,027%. Основными минералами, содержащими фтор, являются флюорит, апатит, криолит, топаз, слюды, амфиболы. Фтор является одним из самых подвижных элементов в зоне гипергенеза. Его миграция в природных водах определяется растворимостью минералов, содержащих фтор, и комплексообразованием. Основными факторами, определяющими концентрацию фтора в природных водах, являются pH, карбонатность, содержание кальция, магния, алюминия, железа, органического вещества. Наиболее высокие концентрации фтора характерны для щелочных вод, содержащих карбонаты натрия, и для кислых вод, содержащих свободную углекислоту. Для вод, содержащих кальций, характерны низкие концентрации фтора, что связано с образованием малорастворимого фторида кальция. Для вод, содержащих магний, характерны более высокие концентрации фтора, что связано с образованием растворимого фторида магния. Для вод, содержащих алюминий, характерны высокие концентрации фтора, что связано с образованием растворимого фторида алюминия. Для вод, содержащих железо, характерны высокие концентрации фтора, что связано с образованием растворимого фторида железа. Для вод, содержащих органическое вещество, характерны высокие концентрации фтора, что связано с образованием растворимого фторида органического вещества.

Mangaanin ja raudan esiintyminen alueen pohjavesissä vastaa teoreettisia olettamuksia (Крайнов, Швец, 1987). Yksinkertaisin tapaus ovat hapettomat pohjavedet ilman sulfidia. Niissä vesissä on paljon rautaa ja mangaania ja niiden välinen suhde on 0,01–0,5. Pohjavesityyppikin on «kompleksinen rauta-mangaani-tyyppi» ja sitä havaitaan kambrikautta edeltävissä kivilajeissa ja gleevin kvarttäärikauden kerrostumissa. Sen tyyppiset vedet vaativat erilaista raudan ja mangaanin poistoprosessia. Happipitoisissa vesissä mangaanipitoisuus kasvaa enemmän kuin raudan, Mn/Fe -suhde saavuttaa maksimin 10–64 ja pohjavesityyppi on mangaanipitoinen vesi (Mn 0,1–0,9 mg/l), jossa rautaa on alle 0,1 mg/l.

Mangaanin merkitystä ihmisille bioaineena on tutkittu vasta viimeaikoina. Mangaanin puute aiheuttaa luuston kehityksessä viivettä ja vaajamielisyyttä. Veden mukana ihminen saa 4–5 % mangaanin vuorokautisesta tarpeesta (Захарченко и др., 1996). Mangaania on kaikissa kasveissa ja eläimissä. Mangaanin myrkyllisyysvaikutus on pieni, mutta kuten rautakin, mangaanipitoisuutta rajoitetaan normein saniteetti- ja hygienian parametrien avulla (mangaani vaikuttaa veden väriin ja tuo vedelle huonoa makua). Yliannostus vaikuttaa elimistön jodinvaihtoon, aiheuttaa hengitystauteja ja kariesta.

Toisen normitettujen ryhmän alkuaineiden suurimmat sallitut pitoisuudet ylittävät reilusti taustapitoisuudet. Nykyään monien alkuaineiden vaikutuksia ihmisiin on jo tutkittu aika paljon ja niiden joukossa on useita hivennaisaineita (F, Cu, Cr, I, Zn, Co, Mo, Se, Ni, Sn, V). Ihminen saa hivenaineet ruoan mukana. Veden roolia on tutkittu hyvin vain fluorin ja osittain jodin osalta. Ihminen saa juomaveden kanssa vain murto-osan tarvittavasta hivensainemäärästä. Esimerkiksi, kuparin ja sinkin vuorokautisen vähimmäismäärät ovat 2–2,5 mg/l ja 10–15 mg/l. Noin 1 % näistä määristä ihminen voi saada juomavedestä. Tällä hetkellä paljon huomiota kiinnitetään uuteen tautiryhmään, ns. «mikroelementoosit». Sellaisten tautien kehityksessä päällimmäinen syy on hivenaineiden yli- tai aliannostus tai aineiden epätasaisuus (Авцын, Жаворонкова, 1993).

Fluorilla on muiden aineiden joukossa erikoinen asema, koska vaatimuksissa fluorilla on sekä minimi-, että maksimipitoisuus. Ylimääräinen fluori aiheuttaa

щее время выяснено значение для человека довольно большого числа микроэлементов (F, Cu, Cr, I, Zn, Co, Mo, Se, Ni, Sn, V). Основным источником их поступления в организм является пища. Что касается воды, то ее роль хорошо известна лишь в отношении фтора, отчасти йода. Очень низка доля поступления в организм с подземной водой большинства микроэлементов этой группы. Так, суточная потребность меди и цинка составляет 2–2,5 мг/л и 10–15 мг/л соответственно; доля их поступления в организм с питьевой водой крайне незначительна – около 1%. В настоящее время большое внимание уделяется новому классу болезней, так называемых микроэлементозов, в этиологии которых главную роль играет недостаток или избыток в организме человека элементов или их дисбаланс (Авцын, Жаворонков, 1993).

Фтор находится в особом положении в ряду нормируемых компонентов. У него есть как верхний, так и нижний предел, так как избыток фтора вызывает флюороз, а недостаток – кариес. Минимальным стандартом безвредности употребления воды в течение всей жизни для такого климатического района, как Карелия, считается концентрация фтора 1,5 мг/л. При содержании 1–1,5 мг/л сказывается антикариозное его действие. Фоновая концентрация фтора в природных водах региона составляет всего 0,01–0,3 мг/л, поэтому Карелия считается неблагополучным районом в отношении заболевания кариесом. Наиболее благоприятны для извлечения из пород и накопления повышенных концентраций фтора щелочные малокальциевые HCO_3-Na воды. Максимальные содержания фтора в подземных водах Карелии достигают 1–2 мг/л, в зоне влияния Надвоицкого алюминиевого завода концентрации увеличиваются до 12 мг/л. Как известно, токсическое действие фтора повышается в районах с низким содержанием в водах кальция, что характерно для поверхностных и грунтовых вод Карелии. Поэтому техногенное поступление фтора опасно даже в количествах, не превышающих ПДК.

Регион является эндемичным по зобной болезни, что связано с недостатком в воде **йода**. Фоновая концентрация йода в подземных водах Карелии составляет 4 мкг/л – на уровне его содержания в атмосферных осадках. Максимальные концентрации йода (до 1,6 мг/л) определены в подземных водах нижнепротерозойских пород. Увеличение содержания йода в углеродистом веществе этих пород связывается с возрастающей ролью вулканических гидротермальных процессов и как следствие этого – с увеличением биомассы и возрастанием значения биохимических процессов в палеобассейнах (Голубев и др., 1984). Как правило, в подземных водах отсутствует связь между концентрациями йода и хлора, что можно объяснить различным характером образования осадков: более высокие содержания йода свойственны глубоководным отложе-

fluoroosi – tautia ja pienet fluoripitoisuudet ovat karies-taudin korkean esiintymisen syynä. Karjalan Tasavallan ilmaston olosuhteissa turvallisena pidetään fluorin pitoisuus 1,5 mg/l tasolla ihmisen elämän aikana. Mikäli pitoisuus on välillä 1,0 ja 1,5 mg/l fluorilla on anti-kariestyyppistä vaikutusta. Alueemme vesistöjen fluorin taustapitoisuus on vain 0,01–0,03 mg/l. Karjalassa on havaittu varsin paljon kariestaudin tapauksia. Vähän kalsiumia sisältävät HCO_3-Na vedet pystyvät hyvin liuottamaan ja varastoimaan fluoria, maksimaalisia fluorin taustapitoisuuksia on 1–2 mg/l. Nadvoitsyn alumiinitehtaan ympäristöllä pohjavesien fluoripitoisuus nousee 12 mg/l asti. Fluorin myrkyllisyys pienenee, mikäli vedessä on paljon kalsiumia. Karjalan pohjavedessä on vähän kalsiumia ja sen takia fluorin päästöt ovat vaarallisia jopa pienin määrin.

Alueellamme on havaittu suhteellisesti useammin kateenkorvan rauhasen tautitapauksia johtuen veden alhaisesta **jodi**pitoisuudesta. Karjalan Tasavallan pohjavesien taustapitoisuus jodille on 4 µg/l eli saman verran kuin sadevedessä. Maksimaaliset jodipitoisuudet (1,6 µg/l asti) on havaittu alimmissa proterosooisissa kivilajissa, joissa on korkea hiilipitoisuus. Vulkaaniset hydrotermiset prosessit ovat hyvin tehokkaita, biomassa kasvaa ja myös biokemialliset prosessit ovat aktiivisia (Голубев и др., 1984). Yleensä pohjavedessä jodin ja kloorin välillä ei ole yhteyttä, koska eri kivilajien sedimentoituminen tapahtuu eri tavalla. Korkeat jodipitoisuudet on havaittu hyvin syvvissä alimmissa proterosooisissa kerrostumissa. Korkeat kloridipitoisuudet on havaittu matalilla paleoalueilla, joissa on suotuisat suolaolosuhteet.

Vesien eri aineiden biokemiallinen suhde ja sen tärkeyttä voidaan kuvata kalsiumin ja strontiumin kohdalla. Strontium kuuluu myrkkyainelistaan, sen suurin sallittu pitoisuus on 7 mg/l. Karjalan pohjavesien taustapitoisuus on paljon pienempi 0,08 mg/l, maksimiarvo on 1,7 mg/l. Yksinomaan strontiumin pitoisuus ei ole niin tärkeä, kuin yhteydessä kalsiumin kanssa. Mikäli kalsiumin ja strontiumin suhde on pieni (< 100) alueella esiintyvät luutauteja. Ilmiö on havaittu hydrokarbonaatti-, kloridi- ja natriumin proterosookerrostumien pohjavedessä.

Pohjaveden **radioaktiivisilla aineilla** on oma mielenkiintoinen roolinsa. Karjalan Tasavallan ennen kembriankauden peruskallion pohjavedessä on vähemmän U ja Th muihin samanikäisiin kallion kivilajiin verrattuna (Смыслов, Титов, 1967; Савицкий и др., 1992). Karjalan Tasavallan pohjois-, keskus- ja lounaisalueella on havaittu radioaktiivisten aineiden kohonneet pitoisuudet. Esiintymät liittyvät lineaaristen vyöhykkeiden murtoalueisiin, jotka säätelevät /määrättävät radioaktiivisten aineiden esiintymistä

ниям нижнего протерозоя, в то время как повышенный солевой режим мелководных участков палеобассейнов благоприятен для накопления хлоридов.

Биогеохимическую важность соотношения отдельных элементов в водах можно проиллюстрировать на примере кальция и стронция. Стронций нормируется по токсикологическому показателю (ПДК 7 мг/л), его содержание в подземных водах Карелии значительно ниже нормативных: фоновая – 0,08 мг/л, максимальная – 1,7 мг/л. Но наиболее важны не абсолютные концентрации стронция, а его соотношение с кальцием. Использование подземных вод с малым (< 100) значением этого показателя может привести к заболеванию костей. Такие низкие значения характерны для гидрокарбонатных и хлоридных натриевых вод протерозойских структур.

Особый интерес представляют **радиоактивные элементы** в подземных водах региона. В целом докембрийские кристаллические породы Карелии отличаются более низким содержанием U, Th по сравнению с одновозрастными породами других кристаллических щитов и массивов (Смыслов, Титов, 1967; Савицкий и др., 1992). Вместе с тем в разных частях региона, в первую очередь в юго-западной, центральной и северной Карелии, по радиогеохимическим и радиометрическим данным выделяются площади с повышенным фоновым содержанием радиоактивных элементов (РЭ). Эти площади приурочены к линейным зонам, геологически представленным системами разломов, которые контролируют размещение основной массы (90% всех известных) радиоактивных пород разного состава с содержанием РЭ свыше двух кларков концентрации. Среди них преобладают гранитоиды с акцессорной вкрапленностью монацита, циркона, уранинита, торита, а также кремнещелочные и щелочные (K ≥ Na) метасоматиты. Наиболее характерны и широко развиты в регионе граниты гранитовой и мигматит-гранитовой формаций верхнеархейского комплекса (Савицкий и др., 1992). В пределах Карельской урановой провинции выявлено 8 мелких месторождений урана, свыше 200 рудопроявлений и несколько тысяч точек радиоактивной минерализации (Металлогения Карелии, 1999). На формирование зоны окисления рудной минерализации влияют минеральный состав первичных руд, их текстурные и структурные особенности, условия залегания, а также состав и степень нарушенности вмещающих пород, локальные особенности химического состава вод.

Главными химическими особенностями урана являются поливалентность, амфотерность в четырехвалентном состоянии и склонность к образованию комплексного иона – уранила UO_2^{2+} в шестивалентном состоянии. Природные водорастворимые формы урана различны и многообразны и зависят от химического

(90 % kaikista tunnetuista). Mainittakoon granitoidit monatsitin kera, sirkoni, uraniitti, toritti ja piiemäksiset ja emäksiset (K ≥ Na) metasomatitit. Alueellamme on paljon yläarkeisia graniiteja ja graniitti-migmatiitit (Савицкий и др., 1992). Karjalan uraaniprovinssin sisällä on havaittu 8 pientä uraanin esiintymiä, 200 malmien esiintymiä ja muutama tuhat radioaktiivisuuden pistettä (Металлогения Карелии, 1999). Perusmalmien koostumus, niiden syvyys, rakennemuutokset ja kemialliset ominaisuudet vaikuttavat malmien mineraalisoinnin hapetusvyöhykkeen kehittämiseen.

Uraanin tärkeimmät kemialliset ominaisuudet ovat sen poliarvoisuus, amfoterisuus neljäarvoisessa muodossa ja taipumus muodostaa uranili-ionia UO_2^{2+} kuusiarvoisessa muodossa. Luonnossa on havaittu monenlaisia uraanimuotoja, jotka liukenevat vedessä. Uraanin esiintyminen vedessä riippuu veden laadusta, mutta yleensä liennut muoto on U (VI). Juuri sen takia uraani vaeltaa happo- tai lievästi pelkistetyissä olosuhteissa. Rikkivety- tai gleevin (maaperä, jossa on paljon vettä) tyypin maaperässä.

Suomen matalissa pohjavesissä uraanin pitoisuus on 0,5–1,0 µg/l, mutta kohonneen uraanpitoisuuden alueita myös on havaittu (Lahermo, Juntunen, 1991). Pohjois-Suomessa on uraanigraniitin vesilähde, jonka vedessä on 380 µg/l uraania. Helsingin alueen migmatiitissa ja graniitissa 14 porakaivon (yhteensä niitä on 308) uraanipitoisuus on 1 ja 14 µg/l välillä. Suomen kaivoista ja lähteistä noin 1 %:llä uraania on enemmän kuin 20 µg/l (se on Kanadan juomaveden enimmäismäärä).

Karjalan Tasavallan pohjavesien uraanin taustapitoisuus on 0,1 µg/l. Lähteiden ja kaivojen vedessä maksimipitoisuus on 14 µg/l, peruskallion porakaivoissa – 300 µg/l, joista vain 10 %:n uraanipitoisuus ylittää 20 µg/l.

Radiumia on havaittu Karjalan Tasavallan pohjavesissä $3 \cdot 10^{-13}$ g/l. Radiumin maksimipitoisuus on $8{,}2 \cdot 10^{-12}$ g/l havaittiin kloridi – natrium vedessä, jonka vedenvaihtuvuus on hyvin pieni.

Radon on tärkeimpiä radioaktiivisia aineita ekologisesta näkökulmasta. Radon on jalokaasuista painavin ja luonnossasillä on kolme isotooppia: ^{219}aktioni, ^{220}toroni ja ^{222}radon. ^{222}radon puoliintuminen on 3,825 vrk. Litosfäärissä isotooppeja jatkuvasti tulee lisää uraanin, radiumin ja toriumin sisältävissä rakenteissa. Halkeamien kohdalla radioaktiivisten aineiden emanaatio (eli aineiden intoutuminen kapillaariin ja huokosaukkoihin) tapahtuu nopeammin. Radon liikkuu joko kaasu- tai liuosmuodossa Radionuklideja on eniten hydrotermalisten vyöhykkeiden ja murtoalueilla, myös tektonisten rikkomisen alueella, intruusion ja metamorfisen rakenteiden liittymiskohdalla (Перельман, 1979; Куликов и др., 1991; Иванов, 1994; Беляев и др., 2003).

состава и физико-химических характеристик вод, но связаны в основном с U (VI). Эта особенность предопределяет существенную миграцию в окислительных или слабовосстановительных условиях и практически исключает резкоглеевые и сероводородные.

В неглубоко залегающих подземных водах Финляндии концентрации урана составляют 0,5–1 мкг/л, отдельные области, связанные с вторичной урановой минерализацией, отличаются повышенными концентрациями (Lahermo, Juntunen, 1991). Известен родник, приуроченный к ураноносным гранитам в северной Финляндии, воды которого содержат 380 мкг/л урана. В мигматитах и гранитах (район Хельсинки) в воде 14 из 308 скважин концентрация урана находится в пределах 1–14 мг/л (Asikainen, 1981).

Фоновая концентрация урана в подземных водах Карелии составляет 0,1 мкг/л. В родниках и колодцах максимальные концентрации достигают 14 мкг/л, в скважинах из кристаллических пород – 300 мкг/л, причем только в 10% скважин содержание урана превышает 20 мкг/л.

Радий в подземных водах Карелии присутствует, как правило, в количестве менее $3 \cdot 10^{-13}$ г/л. Максимальная концентрация радия ($8{,}2 \cdot 10^{-12}$ г/л) установлена в хлоридно-натриевых водах замедленного водообмена.

Среди радиоактивных компонентов подземных вод одним из наиболее экологически важных показателей является ***радон.*** Это самый тяжелый благородный инертный газ, имеющий в природе три изотопа: ^{219}актинон, ^{220}торон и ^{222}радон. Период полураспада основного изотопа – ^{222}радона – 3,825 сут. В литосфере изотопы постоянно генерируются в объектах, которые содержат уран-радий и торий. Эманирование (выделение радиоактивных эманаций в поры, капилляры и трещины горных пород) и коэффициенты эманирования значительно повышаются в трещиноватых породах. Миграция радона происходит либо в газообразном, либо в растворенном состоянии. Основной физико-химический процесс, определяющий концентрацию естественных радионуклидов (ЕРН) в подземных водах и формирование радоновых вод, – содержание ЕРН в породе и эманирующая способность пород. Наиболее высокие содержания радионуклидов приурочены к зонам гидротермального и вторичного изменения пород, которые наиболее интенсивно проявляются в местах тектонических нарушений, в разломах, в зонах сопряжения интрузивного и метамофического комплексов, в пределах зон дробления (Перельман, 1979; Куликов и др., 1991; Иванов, 1994; Беляев и др., 2003).

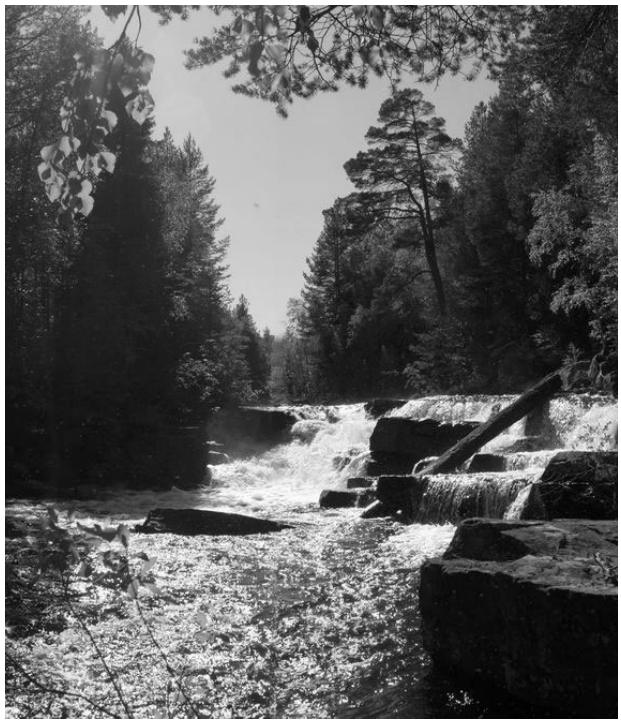
Степень обогащения подземных вод радоном зависит от многих факторов, основной среди которых – масштаб и форма содержания урано-радиевой минерализации. Гидрогеологические условия также играют

Pohjavesien radonkyllästyminen riippuu monista tekijöistä, mutta uraani-radiumin mineralisaatio, sen muoto ja mittakaava / tehokkuus on kaikista tärkein. Hydrogeologisilla olosuhteilla on myöskin oma roolinsa pohjavesien kyllästymisessä radonilla. Veden ja kivilajien kosketusaika riippuu vesien liikkumisnopeudesta. Monien tekijöiden yhdistelmiä on todella paljon ja sen takia paljon radonia sisältävien vesien esiintymistä on vaikea ennakoida (Токарев, 1975; Куликов и др., 1991).

Suomessa todettiin, että pohjavesien uraanin ja radonin pitoisuuden ja sisätilojen ilman radonin pitoisuuden välillä on selkeä yhteys. Kaakkois-Suomen rapakivialueella on havaittu varsin anomaalinen vyöhyke, missä keskipitoisuus on 215 Bk/l, 20 näytteissä mitattiin yli 5 000 Bk/l ja maksimipitoisuus on ollut 24 000 Bk/l (Juntunen, 1991).

Karjalan Tasavallan pohjavesien radonin pitoisuus vaihtelee muutamasta – tuhansiin Bk/l.

Uusien juomavesivaatimusten mukaan radonia ei saa olla enempää kuin 60 Bk/l. Suurin uhka on kuitenkin radonin korkean pitoisuuden vaikutus huoneistojen ilmatiloissa eikä juomavedessä sellaisenaan. Suomessa tehtyjen tutkimusten aikana todettiin, että kylpyhuoneen ilma sisältää 3 kertaa enemmän radonia kuin keittiön ilma ja noin 40 kertaa enemmän kuin asuinhuoneissa. Karjalan Tasavallassa joka toisen porakaivon vesi ja joka viides vesilähde sisältävät enemmän radonia kuin normeissa edellytetään. Sen takia radon on pohjavesissä vaarallisimpien aineiden joukossa.



существенную роль в обогащении вод радоном. Время соприкосновения воды с породой зависит от скорости движения подземных вод и масштабов урановой минерализации. Сочетание факторов настолько многообразно, что достаточно сложно прогнозировать условия формирования высокорадоновых вод (Токарев, 1975; Куликов и др., 1991).

На территории Финляндии отмечается явная корреляция между региональным распределением U в подземных водах, радиационным фоном и концентрацией Rn в подземных водах и воздухе помещений. Аномальная зона приурочена к гранитам-рапакиви на юго-востоке страны. Медианная концентрация в водах этой зоны составляет 215 Бк/л, 20 проб показали содержание, превышающее 5000 Бк/л, максимальная достигла 24 000 Бк/л (Juntunen, 1991).

Концентрация радона в подземных водах Карелии изменяется в широких пределах – от первых единиц до тысяч Бк/л. Воды с высоким содержанием радона территориально совпадают с установленными аномальными радиогеохимическими линейными зонами. В пределах таких зон встречаются очень высокие концентрации: в районе Северного Приладожья – 9 400 Бк/л, Костомукши – 6 000, Муезерского – 3 500, Поросозера – 2 800, Пяльмы – 2 000 Бк/л.

Российские требования к питьевым водам не допускают содержание Rn более 60 Бк/л. Среди обследованных водопунктов региона в 50% скважин и 20% родников содержание радона выше допустимого уровня, что делает этот элемент одним из экологически опасных природных компонентов подземных вод, предназначенных для питьевого водоснабжения. В то же время радон является полезным биологически активным компонентом, и повышенное содержание его в подземных водах оказывает на организм человека лечебное действие. Воды с концентрацией радона от 185 Бк/л относятся к минеральным лечебным, имеющим бальнеологическое (наружное) применение. В пределах Карельского района Балтийской области минеральных вод известны следующие месторождения радоновых вод средней концентрации: Хапунваара, Карташи, Песчаное (Иванов, 1982; Куликов и др., 1991). В процессе гидрогеологических и экологических исследований в Карелии выявлены и другие проявления минеральных радоновых вод, а на Кондокском участке Костомукшского железорудного района проведены работы по оценке запасов радоновых вод средней концентрации для восстановительного лечения в г. Костомукше.





3.2.3. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Последствия деятельности человека находят отражение в изменениях химического состава и физико-

3.2.3. POHJAVESIEN NYKYTILAN OMINAISUUDET

Ihmisten toiminta aiheuttaa muutoksia pohjavesien laadussa. Tunnetun luokituksen mukaan

химических свойств подземных вод. Кроме специфических показателей, свойственных конкретному виду загрязнения (нефтепродукты, пестициды, фториды и др.), наиболее информативными являются общие показатели загрязнения подземных вод, такие как нитраты, хлориды, калий (Lahermo et al., 1990; Крайнов, Закутин, 1991).

По интенсивности нитратного загрязнения (NO_3^-, мг/л) подземные воды подразделяются (Крайнов, Закутин, 1993):

1. < 0,9 – воды, формирующиеся в результате природных процессов в гумидной зоне;
2. 0,9–9 – воды с повышенными фоновыми содержаниями;
3. 9–45 – загрязненные подземные воды;
4. > 45 – запредельная степень загрязнения.

Количество общего азота, поступающего с атмосферными осадками на территорию Финляндии, в среднем составляет 0,5–0,7 мг/л (Soveri, 1985). В атмосферных осадках Карелии средняя концентрация нитратов – 1,7 мг/л, нитритов – 0,07 мг/л, аммонийного азота – 0,5 мг/л (Lozovik, Basova, 1994). Естественный фон азотсодержащих компонентов в водах четвертичных отложений Карелии низкий (мг/л): NO_2 – 0,01, NO_3 – 0,08–0,5, NH_4 – 0,01–0,14. Он может полностью обеспечиваться поступлением с атмосферными осадками.

В загрязненных грунтовых водах концентрации нитратов достигают значений 200–310 мг/л. Из общего количества проб, отобранных в населенных пунктах Карелии, только 17% имеют концентрацию нитратов менее 0,9 мг/л, в 45% определяются в пределах 9–45 мг/л, а в 20% – превышают ПДК. Источниками поступления азота в подземные воды служат минеральные и органические удобрения, навоз и стоки ферм, коммунально-бытовые стоки. Нитратное загрязнение грунтовых вод отчетливо приурочено к населенным пунктам.

Минерализация загрязненных грунтовых вод значительно повышается за счет нитратов, в отдельных случаях их концентрация составляет до 50% от суммы растворенных веществ.

Как известно, по степени токсичности формы азота в подземных водах располагаются в следующей последовательности: $NO_2 > NH_4 > NO_3$. Единственным геохимическим фактором, который влияет на изменение концентраций различных соединений азота в подземных водах, является их окислительно-восстановительный потенциал, способствующий проявлению определенных биохимических процессов (Крайнов и др., 1991). С ростом Eh до значений более +200 мВ можно обнаружить в водах уже сколь угодно высокие концентрации NO_3.

Более сложным является распределение NO_2, так как существуют термодинамические и кинетические (Lahermo et al., 1990, Крайнов, Закутин, 1991) pohjavesiä kuormittavat aineet on jaettu kahteen ryhmään: yleiset ja erikoisaineet. Yleisiä ovat tavanomaiset parametrit, joiden arvot poikkeavat mitatuista arvoista luonnonolosuhteissa. Yleensä monet päästöt aiheuttavat parametriarvojen muuttumista ja sen lisäksi muuttuvat, esimerkiksi, pH ja Eh – arvot. Yleisparametreihin kuuluvat erityisesti nitraatit, jotka suoraan paljastavat ylimääräisen kuormituksen standardisoidun menetelmän avulla, kuten myös kloridit ja kalium. Suomen tutkijat päätyivät samoihin johtopäätöksiin (Lahermo, 1990). Erikoiskuormitusaineina pidetään öljytuotteita, torjunta-aineita jne).

Nitraattikuormitustutkimusten perusteella (Крайнов, Закутин, 1993) pohjavedet jaettiin ryhmiin:

1. NO_3^- < 0,9 mg/l – humusvyöhykkeen ja luonnonprosessien pohjavedet;
2. 0,9–9 – pohjavedet, joiden taustapitoisuudet ovat luonnollisesti korkeat;
3. Kuormittuneet / saastuneet vedet, joiden nitraattipitoisuus vaihtelee 9–22 ja 22–45 mg/l välillä;
4. Erittäin likaantuneet vedet kuuluvat viimeiseen ryhmään, jonka nitraattipitoisuus on yli 45 mg/l (äärimmäisen korkea pitoisuus).

Suomen alueella sateet tuovat keskimäärin 0,5–0,7 mg/l kokonaistyppeä (Soveri, 1985). Karjalan Tasavallan alueella sadevesien pitoisuudet ovat seuraavat: NO_3 1,7 mg/l, NO_2 0,07 mg/l, NH_4 0,5 mg/l (Lozovik & Basova, 1994). Meidän tulostemme mukaan kvarttäärikautisten kerrostumien typpiyhdisteiden taustapitoisuudet ovat pienet (mg/l): NO_2 0,01, NO_3 0,08–0,5, NH_4 0,01–0,14.

Kaupunkien ja asutuskeskuksien pohjavesien NO_3 – pitoisuudet saavuttavat korkean jopa äärimäisen korkean tason. Karjalan Tasavallassa etelä- ja keskialueen monien kaupunkien pohjavedessä havaittiin SSP: ylityksiä. Maksimipitoisuudet – 200–310 mg/l (4–6 SSP) mitattiin Petroskoin, Derevjannojen ja Kuzarandan alueella. Kaikista Karjalan Tasavallassa otetuista pohjavesinäytteistä vain 17 % on sellaisia, joissa NO_3 – pitoisuus on alle 0,9 mg/l, 45 % kuuluvat 9–45 mg/l väliin ja 20 % ylittää SSP:ta. Pohjavesien kuormittuminen nitraatilla taajamien alueilla näkyy selvästi kartalla.

Kuten tiedetään, typen olomuotojen myrkyllisyys pohjavedessä on seuraava: $NO_2 > NH_4 > NO_3$. Hapetus- ja pelkistyspotentiaali on ainoa geokemiallinen tekijä, joka vaikuttaa pohjavesien biokemiallisiin prosesseihin ja typpipitoisuuden muutoksiin (Крайнов и др., 1991). Mikäli Eh-arvo ylittää +200 mV, vedessä voidaan havaita erittäin korkeita NO_3-pitoisuuksia, jollaisia mitataan pilaantuneiden alueen vesissä.

Pohjavesien NO_2-pitoisuuden käyttäytyminen on monimutkaisempi, koska termodynaamiset ja kineet-

ограничения роста концентраций NO_2 в подземных водах. Нитрификация по схеме $NH_4 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO_3$ происходит только при pH более 7 (Брилинг, 1985; Крайнов и др., 1991). В кислых средах происходит непосредственное окисление и восстановление $NH_4 \leftrightarrow NO_3$. Соответственно, чем меньше pH, тем меньшими должны быть концентрации NO_2 в подземных водах. Кроме того, реакция восстановления NO_2 протекает быстрее, чем восстановление NO_3, и трудно создать условия, в которых ион NO_2 накапливался бы в растворе (Тютюнова, 1987). По этим причинам концентрации NO_2 в грунтовых водах не превышают 1 мг/л.

Таким образом, при наличии очагов загрязнения в грунтовых водах, для которых характерны аэробная ситуация и высокие значения окислительно-восстановительного потенциала, имеются благоприятные условия для неограниченного накопления NO_3 и незначительного – NO_2 и NH_4.

Нитратное загрязнение вод кристаллических пород отмечается на территориях со слабой естественной защищенностью. Концентрации выше 9 мг/л определяются только в 5% опробованных скважин. Как правило, это одиночные скважины, располагающиеся на территории населенных пунктов (Сегежа, Надвоицы, Новая Вилга, Кестеньга, Ляскеля, Каменный Бор, Юркостров, Поросозеро, Веркко).

Характеризуя современную ситуацию с забором воды из подземных горизонтов на территории Карелии, можно отметить, что существующие водозаборы для коммунального водоснабжения представляют собой в основном неупорядоченные системы одиночных и небольших концентрированных водозаборов из нескольких эксплуатационных скважин, стихийно развивающихся на территориях одновременно с развитием населенных пунктов. В большинстве случаев эти водозаборы сооружены без специального гидрогеологического обоснования и часто действуют на неутвержденных запасах. Основные проблемы эксплуатации таких водозаборов связаны с практической невозможностью создания вокруг них зон санитарной охраны и загрязнением из-за этого подземных вод.

Калий относится к числу элементов, имеющих важное биологическое значение, и он же является одним из показателей загрязнения среды. В нашей стране пока не установлены ПДК калия для питьевой воды, а в странах ЕС ПДК составляет 12 мг/л. Влияние калия на организм наиболее отрицательно сказывается при нарушении Na/K отношения в питьевых водах, одного из важнейших показателей гигиенического состояния воды. Уменьшение показателя приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой системы. В незагрязненных подземных водах это отношение обычно составляет 10 и более, в загрязненных – приближается к 1.

tiset tekijät rajoittavat sen kasvua. Nitrifikaatiota $NH_4 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO_3$ tapahtuu vain, jos pH-arvo on > 7 (Брилинг, 1985; Крайнов и др., 1991). Happamissa olosuhteissa samanaikaisesti voi tapahtua $NH_4 \leftrightarrow NO_3$ – pelkistys ja hapetusprosessi. Vastaavasti mitä pienempi on pH sitä pienempi on NO_2 – pitoisuus. Sen lisäksi NO_2 : n pelkistyminen tapahtuu nopeammin kuin NO_3-pelkistyminen. On hyvin vaikeata luoda sellaisia olosuhteita, joissa NO_2-ioni kerääntyisi liuoksessa (Тютюнова, 1987). Juuri sen takia tutkituilla aleilla pohjavesien NO_2-pitoisuus ei ylitä 1 mg/l.

NO_3-typen-muotoa kertyy miltei loputtomasti pilaantuneiden alueiden happipitoisissa pohjavesissä, joiden Eh-arvo on korkea ja NO_2 ja NH_4-pitoisuudet nousevat vain tiettyyn tasoon asti.

Kiteisten kivilajien pohjavesien pilaantumista nitraatilla on havaittu alueilla, missä taajamien kaivoilla ei ole tarpeeksi hyvää luonnollista suojakerrosta. Yli 9 mg/l nitraattia mitattiin 5 %:ssa tutkittujen porakaivojen määrästä. Yleensä nämä porakaivot sijaitsevat asutuskeskuksissa (Segeza, Nadvoitsy, Novaja Vilga, Kestenga, Läskelä, Kamennyi Bor, Jurkostrov, Porosozero, Verkko).

Kuvaten Karjalan Tasavallan pohjavesien varalla toimivia nykyisiä vesihuoltoverkkoja voidaan todeta, että ne ovat yksittäisten tai muutamien porakaivojen hyvin yksinkertaisia ei-järjestelmällisiä tuotteita. Asutuskeskusten rakentamisen ja leviämisen myötä vesihuoltoverkostoja kehitettiin jotenkuten. Yleensä vedenottamolla ei ole tarvittavaa hydrogeologista selvitystä, esimerkiksi niiden antoisuus on epäselvä eikä käyttöä ole virallisesti hyväksytty. Ongelmana on porakaivojen suojelu- ja saniteettivyöhykkeen perustaminen.



Фоновые концентрации калия в водах четвертичных отложений составляют 0,7–1,5 мг/л и только в Заонежье достигают 4 мг/л. Максимальные концентрации в водах естественных ландшафтов не превышают 7,6 мг/л. В загрязненных водах содержание калия достигает 64 мг/л, отношение Na/K приближается к 1, иногда < 1. Число родников и колодцев с концентрацией калия более 12 мг/л составляет 15% от общего количества.

Концентрация хлоридов в загрязненных грунтовых водах достигает 200 мг/л при фоновых значениях 0,3–2,6 мг/л. Более 50% родников и колодцев в населенных пунктах вскрывают воду с содержанием Cl^-, превышающим 10 мг/л. Источником его поступления в воду служат хозяйственно-бытовые, животноводческие стоки, применение соли на дорогах в зимнее время.

Отмечается азональное распределение хлоридов и калия в разрезе: их концентрация выше в верхних водоносных горизонтах. Нитраты и хлориды в загрязненных водах нередко становятся преобладающими компонентами, что свидетельствует о полной метаморфизации состава вод с изменением исходного химического типа (Самарина и др., 1999). Как правило, для таких вод типично и стойкое бактериальное загрязнение.

Характер распределения микроэлементов в грунтовых водах населенных пунктов свидетельствует о том, что процент встречаемости, контрастность и медианные концентрации практически всех элементов выше, чем в водах естественных ландшафтов, хотя концентрации выше ПДК по отдельным компонентам (ртуть, медь, свинец, кадмий) зафиксированы в единичных пробах.

Оценка степени загрязнения вод тяжелыми металлами в условиях отсутствия специфического источника загрязнения представляет определенную трудность, поскольку концентрации микроэлементов значительно варьируют во времени и по площади и редко превышают ПДК, и только анализ данных режимных наблюдений позволил определить наличие аномалий, их природу, устойчивость и интенсивность.

Для оценки загрязнения использовался суммарный показатель загрязнения, представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентрации над единичным фоном (Сает и др., 1990). Характер изменения картины распределения показателя за 7-летний период наблюдений свидетельствует о том, что на территории Петрозаводска – города со смешанной промышленно-селитебной застройкой – при условии, что источники промышленного загрязнения не дают выбросов значительной интенсивности и разобщены в пространстве, не образуется единый комплексный зональный ореол, а формируются полиэлементные аномальные участки без закономерной

Kalium kuuluu alkuaineiden joukkoon, jolla on tärkeä biologinen merkitys. Kaliumpitoisuus myös kuvaa ympäristön kuormitusta. Venäjällä kaliumilla ei ole normeja juomavesinormistossa. Euroopan Unionin enimmäisnormivaatimus on 12 mg/l. Kalium vaikuttaa ihmisen elimistöön varsinkin, jos juomaveden Na/K- suhde ei ole tasapainossa. Tämä suhde on vedenlaadun tärkeimpiä hygieenisiä arvoja. Jos suhdearvo pienenee sydän- ja verisuonitautien määrä kasvaa. Puhtaiden pohjavesien suhdearvo on yleensä 10 tai enemmän, pilaantuneiden pohjavesien suhdearvo on lähellä 1. Kvarttäärikautisten kerrostumien pohjavesien kaliumin taustapitoisuus on 0,7–1,5 mg/l, Zaonezje-alueella (Ääniesen itärannikolla) pitoisuus saavuttaa 4 mg/l maksimaalisten pitoisuuksien ollessa 7,6 mg/l. Asutuskeskusten pohjavedet sisältävät jopa 64 mg/l, Na/K suhde on lähellä 1 ja joskus jopa alle 1. 15 % asutuskeskusten pohjavesinäytteistä sisältää yli 12 mg/l kaliumia.

Pilaantuneiden pohjavesien kloorin , Cl^- pitoisuus, on 200 mg/l asti, taustapitoisuuden vaihdellessa 0,3 ja 2,6 mg/l välillä. Taajamien ja asutuskeskusten pohjavesinäytteistä yli 50 % sisältää yli 10 mg/l kloridia. Suolan käyttö teiden talvikunnossapidossa, kuten myös karjatilojen ja yhdyskunnan jätevesikuormitus ovat syinä kloridipitoisuuden nousuun.



смены ассоциаций. По этим участкам определить конкретные источники загрязнения подземных вод микроэлементами трудно, так как не наблюдается специфичность комплексов. Однако выявляются общие контуры очагов загрязнения, приуроченные к неблагоустроенным районам города, и отчетливая пространственная корреляция с аномалиями нитратов, что свидетельствует о преимущественно хозяйственно-бытовом источнике поступления поллютантов. Интенсивность загрязнения микрокомпонентами в отдельные периоды по оценочной шкале достигает опасной и чрезвычайно опасной степени, а площадь аномальных зон значительно изменяется во времени.

Своеобразными природными источниками загрязнения являются участки рудной минерализации – геохимические концентраторы многих элементов. Производственная деятельность на месторождениях, начиная с геологоразведочных работ, приводит к формированию техногенных аномалий, которые изменяют тип и скорость геохимического круговорота всех химических элементов.

Карелия является перспективной провинцией на ряд полезных ископаемых: хром, титан, ванадий, молибден, вольфрам, редкие земли, цветные, радиоактивные и благородные металлы (медь, полиметаллы, золото, платиноиды) (Металлогения Карелии, 1999).

Один из перспективных районов – Заонежье – территория, расположенная к северу от Онежского оз. В настоящее время здесь ведется разработка месторождения шунгитов, а также выявлено большое количество других месторождений и рудопроявлений, и в первую очередь, относящихся к урановой рудной формации в альбит-карбонатно-слюдистых метасоматитах, в число которых входит месторождение уран-ванадиевых руд Средняя Падма. Проблема освоения этого месторождения вызывает напряженную дискуссию, поскольку вторым по значимости металлом руды является уран, и остро встают вопросы обеспечения радиационной безопасности. Хотя опасность разработки месторождения связана не только с ураном, но и с загрязнением среды элементами-примесями, такими как медь, молибден и другие металлы, достигающими высоких концентраций в рудах этого типа (Металлогения Карелии, 1999).

Литологические особенности пород, рудная специализация и гидрогеохимические условия определяют формирование различных аномалий в подземных водах месторождений.

Подземные воды шунгитов отличаются максимальными для Онежской структуры концентрациями сульфатов, кальция, магния. Относительные содержания натрия и хлора не превышают 10%. Характерен достаточно узкий диапазон значений pH 6,6–7,2. Среди других типов углеродсодержащих пород Карелии, общим признаком для которых является повы-

Poikkileikkauksessa kloridit ja kalium jakautuvat näin, että niiden pitoisuus on suurempi vettajohtavissa ylimmäisissä kerroksissa. Nitraatit ja kloridit ovat pilaantuneiden maiden merkki ja ositus siitä, että pohjavedet ovat täysin muuttuneet (totaalinen metamorfismi) (Самарина и др., 1999). Yleensä samoissa vesissä havaitaan myös bakteerisaastumis tuloksia.

Asutuskeskusten pohjavesien miltei kaikkien mikroelementtien pitoisuudet ja niiden tilastolliset parametrit (tapaamisprosentti, kontrastit, keskiarvopitoisuus) ovat huonompia kuin luonnontilassa olevien pohjavesien. Näin tapahtuu jo ennen tilannetta, kun pitoisuudet ylittävät suurimman sallitun tason. Yleensä ensin havaitaan elohopean, kuparin, lyijyn ja kadmiumin ylityksiä yksittäisissä näytteissä.

Mikäli selkeätä kuormituslähdettä ei ole, raskasmetallien pitoisuuksien muutosten syyn selvittäminen voi olla varsin vaikeata. Muun muassa sen takia, että pitoisuudet ovat hyvin pieniä. Hyvin järjestetty seuranta pystyy selittämään luonnon muutoksia, niiden suuntaa ja tehokkuutta.

Kuormitustasoa voidaan arvioida saastumisen indeksin avulla, joka on taustapitoisuuksien ja mitattujen pitoisuuksien erikoiskaavan mukaan laskettu suhde (Сает и др., 1990). Esimerkiksi 7-vuoden seurantatoiminnan tulokset osoittivat, että Petroskoi-kaupungin teollisuus- ja asutusalueella on havaittu kuormitus «täplät», kokonaista täysin pilaantunutta laajaa aluetta toistaiseksi ei vielä muodostunut. Selvityksen perusteella toki määritettiin kuormituksen rajoja, varsin alueella, missä kunnallistekniikka on heikolla tasolla.

Ekologisesta näkökulmasta malmiesiintymät ovat geokemiallisia ainevarastoja. Niitä voidaan verrata luontoperäisiin kuormituslähteisiin. Esiintymien hyväksikäyttö, esiselvityksistä (= ensimmäisistä koeporauksista) alkaen, luo teknogeenisiä anomalioita, jotka vaikuttavat kaikkien kemiallisten aineiden kierron nopeuteen. Juuri malmien esiintymisalueiden käyttö selvästi osoittaa näihin muutoksiin.



шенное содержание сульфидов, шунгиты заметно обогащены рудогенными элементами (Голубев и др., 1984). Это обусловило формирование в пределах распространения шунгитсодержащих пород гидрогеохимической аномалии с ассоциацией приоритетных элементов Fe-Mn-Ni-Co-Mo-Cd-As-Zn-U. Значительно более интенсивные, но аналогичные по ассоциации элементов аномалии наблюдаются на сульфидных месторождениях Печенгской структуры, техногенные аномалии которых могут являться примером экологических последствий разработки не только собственно сульфидных, но и нерудных месторождений, обогащенных сульфидами.

К кварц-альбитовым и слюдисто-карбонатным метасоматитам месторождения Средняя Падма приурочены гидрокарбонатно-хлоридные натриевые щелочные и сильнощелочные воды (pH до 9,8), с которыми связаны высокие концентрации анионогенных элементов (мкг/л): бор 89–335, бром 58–364, молибден 8,8–36, ванадий 7–15, вольфрам 5–15,5, уран 20–187. При сбросе подземных вод такого состава в поверхностные водоемы при разработке месторождения может произойти подщелачивание поверхностных вод и увеличение концентраций натрия, хлора, калия, урана, ванадия, молибдена, меди (Бородулина, Мазухина, 2002).

Выполненная оценка состояния подземных вод региона на основе критериев, учитывающих избыточное содержание компонентов, свидетельствует о преимущественном распространении вод удовлетворительного (неизмененного) состояния. Подземные воды неудовлетворительного состояния имеют локальное распространение и приурочены к аномалиям, возникающим в природных условиях или под воздействием техногенных факторов (преимущественно хозяйственно-бытовое загрязнение).

Karjalan Tasavalta kestää vertailun mihin tahansa ennen kambrikautta syntyneiden metallimalmien esiintymisalueisiin riippumatta määristä (Металлогения Карелии, 1999). Karjalan Tasavalta on lupaava alue monien metallimalmien louhinalle: kromi, titaani, vanadium, molybdeeni, volframi, harvinaiset maametallit, värimetallit, radioaktiiviset ja jalometallit (kupari, polymetallit, kulta, platinoidit).

Zaonezhje eli Äänisen pohjoisrannikko on varsin lupaava alue, missä jo tällä hetkellä käsitellään ja jalostetaan shungiitteja (leca- soran tyyppisiä materiaaleja). Alueella on löydetty useita luonnonvarojen esiintymiä, mm. uraanin. Esimerkiksi Srednjaja Padma – niminen uraanin ja vanadiumin malmien esiintymä.



3.3. РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД ИЗ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

3.3. HYDROGEOLOGISTEN TUTKIMUSTEN TULOKSET JA KVARTTÄÄRIKAUTISTEN KERROSTUMIEN VESIEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

С 1996 г. Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН проводит научно-исследовательские работы по поиску и оценке месторождений подземных вод в песчаных отложениях четвертичного возраста для водоснабжения населенных пунктов Карелии. В рамках совместного проекта «Развитие водоснабжения

Vuodesta 1996 alkaen Pohjoistenalueiden vesistöongelmien tutkimuslaitos on tutkinut kvartäärikauden hiekkakerrostumien pohjavesien laatua ja arvioinut pohjavesien käyttömahdollisuudet vesihuollossa. «Karjalan Tasavallan vesihuollon kehitys» – yhteistyöprojektin puitteissa tutkittiin Suojärven, Porosoze-

Карелии» исследования проведены в районах Суоярви, Поросозера, Калевалы, Лоух, Чупы, Челмуж, Пряжи, Кестеньги, Деревянки. Необходимое для полевых работ оборудование, переданное финской стороной Институту, и накопленный опыт позволили продолжить исследования и в других населенных пунктах Карелии (Матросы, Эссойла, Надвоицы, Олонец, Муезерский, Лендеры) (рис. 3.7).

Попытки решения проблемы водоснабжения за счет подземных вод из коренных пород практически во всех перечисленных городах и поселках, за исключением г. Олонца, заканчивались неудачей. Большинство разведочно-эксплуатационных скважин на воду

ron, Kalevalan, Louhen, Tchupan, Tchelmuzhin, Prääsän, Kiestengan ja Derevjankan pohjavesivaroja. Suomen osapuoli toimitti tutkimuslaitokselle tarvittavat mittauslaitteet ja tarjosi asiantuntijoiden tukea ja kokemusta. Myöhemmin tutkimuksia jatkettiin Matrosyn, Essoilan, Nadvoitsyn, Aunuksen, Mujezerskin ja Lenderyn alueilla (kuva 3.7).

Kaikki edelliset yritykset järjestää vesihuoltoa käyttäen peruskallion pohjavettä olivat käytännössä epäonnistuneita kaikissa mainituissa taajamissa, paitsi Aunuksessa. Nykypäivänä porareiät eivät ole käytössä pienen antoisuuden tai heikon vedenlaadun takia. Esimerkiksi Kalevalan, Suojärven ja Matrosyn

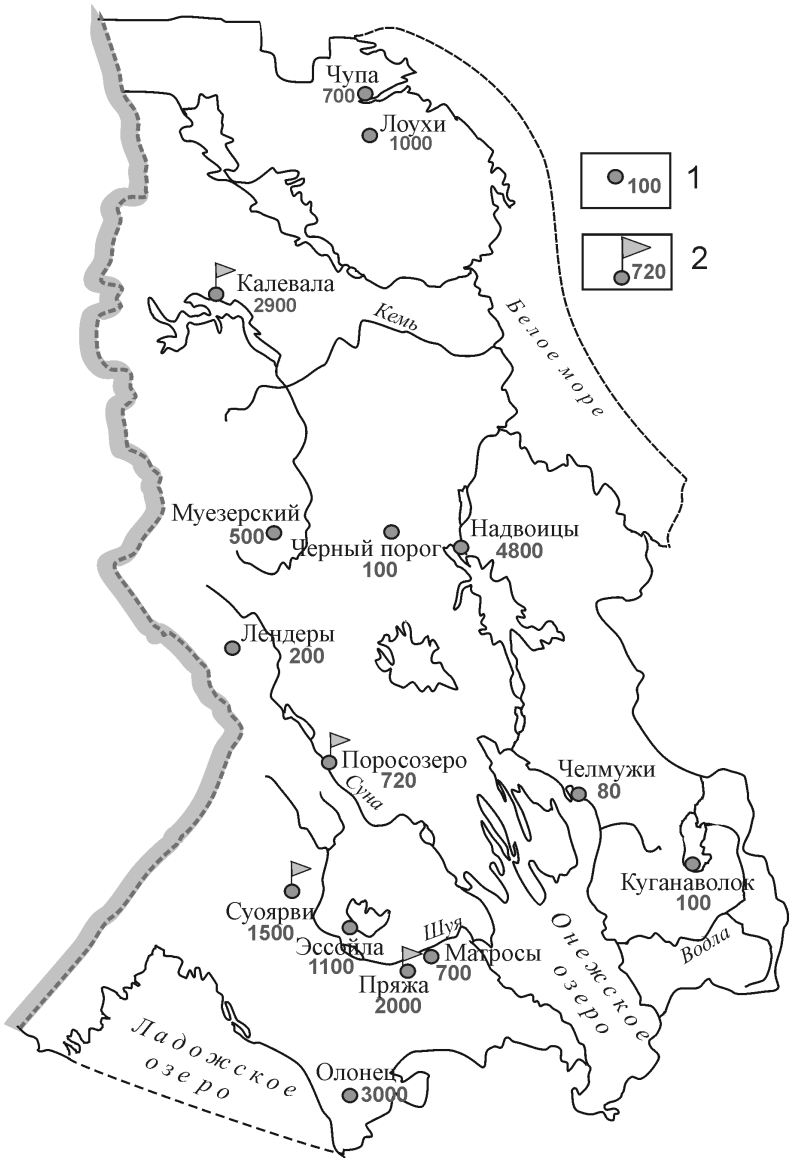


Рис. 3.7. Районы совместных исследований подземных вод четвертичных отложений:

1 – участки исследований, 2 – участки с утвержденными запасами подземных вод. Цифра – запасы подземных вод, м³/сут

Kuva 3.7. Kvarttäärikerrostumien pohjavesien tutkimusalueet

1 – tutkimus alueet, 2 – paikat jossa pohjavesivarat on todistettu (m³/päivä)

на сегодняшний день не действует по причинам невысокого дебита или некачественной воды. Например, в пос. Калевала, г. Суоярви, пос. Матросы скважины вскрыли подземную воду с высоким содержанием железа, в пос. Челмужи из коренных пород извлекается вода с повышенной минерализацией (более 1 г/л).

Одним из путей решения проблемы водоснабжения является организация водозаборов подземных вод из четвертичных отложений. В Финляндии подобного рода месторождения широко эксплуатируются. В большинстве случаев затраты на изыскания и строительство водоводов компенсируются значительно более низкими эксплуатационными затратами, чем при использовании поверхностных вод, требующих дорогостоящей водоподготовки, или при бурении глубоких скважин из коренных пород. Приоритет использования чистой питьевой воды в Финляндии не препятствует строительству водоводов длиной в десятки километров, если месторождения подземных вод в песчаных отложениях расположены вдали от потребителей. Этот, на первый взгляд, недостаток становится экологическим преимуществом, так как удаленность водозаборов от источников загрязнения позволяет сохранить природное качество подземных вод, что особенно важно для практически незащищенных грунтовых вод.

При выполнении наших исследований район поисков месторождений подземных вод в песчаных отложениях был ограничен площадью радиусом не более 15 км – для Суоярви, Поросозера, Калевалы, Пряжи, Лоух, Чупы, 10 км – для Олонца, 4 км – для Деревянки, 2 км – для Челмуж. Эти ограничения вызывают трудности в поисковых работах, так как перспективные для водоснабжения водно-ледниковые отложения распространены не повсеместно, а при их наличии в окрестностях поселков и городов, территории часто заняты хозяйственными постройками, кладбищами и другими потенциальными источниками загрязнения. В большинстве случаев площади отработанных песчано-гравийных карьеров превращены в места свалок хозяйственно-бытовых и производственных отходов.

Далее приводится краткая информация о современном состоянии питьевого водоснабжения исследованных населенных пунктов с использованием результатов прошлых и сегодняшних исследований Института, а также статистических и отчетных данных, материалов, полученных от местных властей, литературных источников.

Пос. Калевала

Административный центр Калевальского района расположен на берегу оз. Среднее Куйто. Численность населения поселка составляет 5,3 тыс. человек (на 01.10.1996 г.). Из них только 25% пользуется водопроporakaivoista saatiin paljon rautaa sisältävää vettä ja Tchelmuzhin pohjavedessä on korkea suolapitoisuus (ionien summa on yli 1 g/l).

Kvartäärinkauden kerrostumien pohjavedet ovat yksi mahdollisuus ratkaista edellä mainitut pulmat. Sellaisia vedenottamoita on hyvin paljon Suomessa. Tutkimuksiin ja vesihuoltorakenteisiin tarvitaan toki rahaa. Kaikki kustannukset kuitenkin palautuvat, koska käyttökustannukset ovat huomattavasti pienempiä pintaraakavedenottamoon verrattuna. Peruskallioon poraaminen on myöskin kallista. Suomessa puhtaan juomaveden saantia pidetään ensisijaisen tärkeänä ja pohjavesiharjujen kaukainen sijainti ei ole esteenä vesihuollossa ja monien kymmenien kilometrien pituisten runkovesijohtojen rakentamisessa. Itse asiassa tämä «puute» ajan myötä kääntyy ympäristövoitoksi. Vedenottamon etäinen sijainti mahdollistaa suojella pohjavettä kuormitukselta. Tämä on erittäin tärkeä seikka varsinkin ylempien pohjavesien osalta, jotka käytännössä ovat herkkiä kuormitukselle.

Hiekkakerrostumien pohjavesien etsintä- ja tutkimusalue oli määrätty toimeksiannossa ja oli rajattu 15 km säteelle Suojärven, Porosozeron, Kalevalan, Prääsän, Louhen ja Tchupan ympärille, 10 km Aunuksen ympärille, 4 km Derevjanka – kauppalan ympärille ja 2 km Tchelmuzchin ympärille. Nämä rajoitukset aiheuttivat ylimääräisiä ongelmia, koska glasiaaliset pohjavesiesiintymät ovat kuitenkin harvinaisia (niitä ei ole kaikkialla) ja sen lisäksi taajamien alueilla ne ovat jo taloustoiminnan piirissä tai niiden päällä on jo rakennuksia tai esimerkiksi hautausmaita. Käytöstä poistetut hiekka- ja soramontut ovat hyvinkin usein muutettu yhdyskunnan ja teollisuusjätteiden kaatopaikoiksi.

Alempana on esitetty kuvaukset eri taajamien vesihuollosta, tilasto- ja paikallisten viranomaisten taustatiedot sekä vesistöongelmien tutkimuslaitoksen vanhat ja uudet raporttiaineistot.

Kalevala

Kalevalan piirin keskus sijaitsee Sredneje Kuito -järven rannalla. Asukkaita on 5300 (tilanne 01.10.1996). Vain 25 % ihmisistä on liitetty vesijohtoverkostoon ja 5 % käyttää vesipostipalvelua. Loput hakevat vettä autosäiliöistä. Sredneje Kuito -järvi on vesijohtoverkoston raakavesilähde.

Vuonna 1956 Sredneje Kuito ja Nizhneje Kuito -järvistä tuli Jushkozeron tekojärvivesistön osia, kun tavoitteena oli puutavaran uitto. Vesistön vedenkorkeutta säännösteltiin. Vuodesta 1980 tekojärveä käytetään voimalaitostoiminnan yhteydessä.

Vedenottamo sijaitsee Sredneje Kuito -järven rannalla hyvin lähellä sotilastukikohtaa, joka on suurin

водной сетью, еще 5% населения берут воду для своих нужд из колонок. Остальное население использует привозную воду. Централизованное водоснабжение осуществляется из оз. Среднее Куйто.

С 1956 г. в целях улучшения лесосплава оз. Среднее Куйто совместно с оз. Нижнее Куйто превращены в Юшкозерское водохранилище сезонного регулирования, а с 1980 г. водохранилище является энергетическим.

Водозаборные сооружения расположены на берегу Среднего Куйто в непосредственной близости от основного потребителя воды – воинской части. Оголовок находится на расстоянии 100 м от берега и соединен с водоприемным колодцем самотечной линией. Водопроводная сеть тупиковая, общей протяженностью 3,6 км, состояние удовлетворительное. Водоподготовка осуществляется на двух водоочистных установках типа «Струя» суммарной мощностью 800 м^3/сут. Из-за дефицита денежных средств водоочистка производится зачастую несвоевременно и не в полной мере. В 1998 г. забиралось в среднем 767 м^3/сут, из них 260 пошло на коммунально-бытовые нужды и 507 м^3/сут передано воинской части.

Воды оз. Среднее Куйто маломинерализованы. Средняя величина суммы ионов составляет 19,6 мг/л. Жесткость не превышает 0,25 ммоль/л. Вода относится к гидрокарбонатному классу группе кальция. Цветность изменяется от 40 до 50 град., перманганатная окисляемость – от 8,1 до 9,6 мг О/л. Содержание нефтепродуктов находится на фоновом уровне – 0,02–0,05 мг/л, концентрация фенолов – не более 0,002 мг/л. Количество общего фосфора незначительно (9–15 мкг/л), общего азота – 0,26–0,46 мг/л. Среди минеральных форм азота преобладает нитратная (0,02–0,19 мг N/л), нитритов не более 0,002 мг N/л, аммонийного азота 0,01–0,03 мг/л. Концентрации железа общего изменяются от 0,14 до 0,21 мг/л в течение года, а марганца – от 0,02 до 0,03 мг/л. В воде оз. Среднее Куйто мало фторидов – не более 0,03 мг/л. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов следующее: Li – 0,94 мкг/л, Sb – 0,5, Ba – 6,2, Al – 30, Cd < 0,030, Cr – 0,33, Cu – 0,37, Pb – 0,070, Zn – 0,40, Ni – 0,38 мкг/л.

На качество воды в озере влияют стоки пос. Калевала, в некоторой степени сточные воды Костомукшского ГОКа (через озерно-речную систему Кенти–Кенто), а также выпуски канализационных сетей, принадлежащих воинской части. Канализационные стоки практически не очищаются. Использованию озера в качестве источника водоснабжения препятствует также то, что озеро зарегулировано Юшкозерской ГЭС и в весенний период уровни понижаются настолько, что насосы не могут подавать воду в сеть.

В зимний период в придонных горизонтах оз. Среднее Куйто у пос. Калевала наблюдается локальное загрязнение хозяйственно-бытовыми сточными

vedenkuluttaja. Vedenottamon imuputken pää on 100 metrin etäisyydellä rannasta ja raakavesi tulee pumppaamon kaivoon omalla paineella. Verkosto on «umpikuja» -tyyppiä, sen pituus on 3,6 km ja kunto on tyydyttävä. Veden käsittely tapahtuu kahdella «Struja» -laitteella, joiden teho on 800 m^3/d. Rahanpuutteen takia vedenkäsittely on useimmiten puutteellista. Vuonna 1998 pumpattiin keskimäärin 767 m^3/d 260 yhdyskuntatekniikan ja 507 m^3 /d sotilastukikohdan tarpeisiin.

Sredneje Kuito -järven vesi on vähänsuolaista, ionien keskisumma on 19,6 mg/l. Veden kovuus on alle 0,25 mmol/l. Vedenlaatu kuuluu kalsium – hydrokarbonaattiluokkaan, väriluvun vaihteluväli on 40–50 astetta ja permanganaattikulutus vaihtelee 8,1 ja 9,6 mgı/l välillä. Öljytuotteiden pitoisuus pysyy tausta-arvoissa eli 0,02–0,05 mg/l, fenolipitoisuus ei ylitä 0,002 mg/l, kokonaisfosforia on vähän 9–15 µg/l ja kokonaistyppeä 0,26–0,46 mg/l. Typen yhdisteistä on eniten nitraatteja 0,02–0,19 mgN/l, nitriittien pitoisuus ei ylitä 0,002 mgN/l ja ammoniumtyppeä on 0,01–0,03 mg/l. Kokonaisraudan pitoisuus vaihtelee 0,14 ja 0,21 mg/l välillä koko vuoden ajan ja mangaanin 0,02 ja 0,03 mg/l välillä. Vedessä on vähän fluorideja, enintään 0,03 mg/l. Hivenaineiden ja raskasmetallien pitoisuudet ovat: Li – 0,94, Sb – 0,5, Ba – 6,2, Al – 30, Cd < 0,030, Cr – 0,33, Cu – 0,37, Pb – 0,070, Zn – 0,40 ja Ni – 0,38 µg/l.

Kalevalan taajaman ja sotilastukikohdan jätevedet vaikuttavat järven vedenlaatuun ja jossakin määrin myös Kostamuksen malmirikastamon toiminta (joki- ja järviketjun kautta). Jätevettä käytännössä ei käsitellä lainkaan. Vesihuollossa pidetään ongelmana myös Jushkozeron vesistön ja tekojärven säännöstelyä, koska keväällä veden korkeus alenee niin paljon, että pumput eivät jaksa nostaa vettä verkostoon.

Talvella Sredneje Kuito -järven pohjakerroksissa Kalevalan edustalla on havaittu yhdyskuntajätevesien kuormitusta, vesi on saastunut: natriumin ja kloorin pitoisuudet nousevat, myös kokonaisfosforia on 21 µg/l, nitraatteja 0,35 mgN/l ja ammoniumia 0,37 mgN/l asti .

Tällä hetkellä järven vedenlaatu ei vastaa raaka- ja juomaveden laatuvaatimuksia korkean väriluvun ja permanganaattikulutuksen takia.

Paikalliset asukkaat, joiden taloja ei ole liitetty vesijohtoverkostoon, käyttävät Norvijoen vettä (vettä tuodaan autoilla). Norvijoen vesi voisi olla Kalevalan vaihtoehtoinen raakaveden lähde.

Sen lisäksi vesihuollon kehittämisessä vaihtoehtona ovat hiekkakerrostumien pohjavedet.

Vuonna 1998 kunnan viranomaiset ilmoittivat, että vedentarve on 900 m^3/d. Kerkiesh – nimisellä alueella, 5 kilometrin etäisyydellä Kalevalasta kaakkoon sijaitsevat potentiaaliset glasifluviaaliset kerrostumat, joiden paksuus on 8–12 metriä. Kerrostumien

водами. Оно проявляется в увеличении минерализации за счет ионов натрия и хлора, росте концентраций общего фосфора до 21 мкг/л, нитратов – до 0,35 мг N/л, аммония – до 0,37 мг N/л.

В настоящее время вода озера не соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде, по цветности и перманганатной окисляемости. В зимнее время наблюдается локальное загрязнение озера сточными водами.

Население из неблагоустроенного жилого фонда пользуется привозной водой из р. Норвийоки, вытекающей из оз. Норвиярви, которое может быть использовано в качестве альтернативного поверхностного источника водоснабжения пос. Калевала.

В качестве другого альтернативного источника питьевого водоснабжения рассматриваются подземные воды песчаных отложений.

К началу работ в 1998 г. заявленная администрацией водопотребность поселка составляла 900 м^3/сут. Перспективный для подземного водоснабжения участок флювиогляциального комплекса расположен в 5 км к юго-востоку от пос. Калевала в районе урочища Керкиеш. Мощность водоносного горизонта здесь колеблется в пределах 8–12 м. Водопроводимость изменяется от 600 до 900 м^2/сут. Естественные ресурсы подземных вод участка превышают планируемую производительность водозабора почти в два раза. Подземные воды на участке слабоминерализованные (0,06–0,1 г/л), состав по преобладающим компонентам гидрокарбонатно-хлоридный натриевый. Низкие содержания кислорода (в среднем 1,6 мг/л), пониженные значения Eh (220–250 Мв), высокие концентрации железа (1,7–1,8 мг/л), отсутствие сероводорода характеризуют воды по геохимическому типу как бессульфидные и практически бескислородные. Содержание марганца остается в пределах нормы. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям, за исключением железа, что потребует мероприятий по его удалению. Существование железа в данных условиях в виде простейшей формы Fe (II) определяет быстрое его осаждение из подземных вод при их аэрировании.

Потенциальным источником загрязнения водоносного горизонта является периодически используемый песчано-гравийный карьер с установкой для битумной обработки гравийного материала. С учетом этого факта и перспективной до 2010 г. водопотребностью 2000 м^3/сут исследования были проведены в 2002 г. на другом участке, в непосредственной близости от пос. Калевала – на западной его окраине, в 200 м от оз. Среднее Куйто. Здесь территория озовой гряды сложена разнозернистыми песками, которые в северном направлении сменяются мелкозернистыми. Мощность песков колеблется от 7–8 до 18–20 м. Водопроводимость горизонта 1 500 м^2/сут. Вода, так же как и на

vedenjohtokyky vaihtelee 600 ja 900 m^2/d. Pohjavesien luonnolliset varat ylittävät kaksinkertaisesti suunnitellun vedenottamon tehon. Pohjavesien suolapitoisuus on 0,06 ja 0,1 g/l välillä, vedenlaatuluokka on «hydrokarbonaatti – kloridi ja natrium». Happipitoisuus on hyvin pieni (keskimäärin 1,6 mg/l), Eh on alhaisella tasolla 220–250 mV, rautapitoisuus on korkea (1,7–1,8 mg/l) ja rikkivetyä ei ole. Pohjavedet kuuluvat «sulfidittomat ja hapettomat vedet» -luokkaan. Mangaanipitoisuus on vaatimusnormien tasolla. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia, paitsi raudan suhteen tarvitaan toimenpiteitä. Rauta on kuitenkin kaksiarvoisessa muodossa Fe (II) ja saostuu ilmastuksessa helposti.

Mahdollisena kuormituslähteenä täällä pidetään hiekka- ja sora- avomonttua, missä on bitumisekoitin, joka silloin tällöin on käytössä. Ottaen huomioon edellinen ja kehitysmahdollisuudet vuoteen 2010 saakka, jolloin vedentarve olisi 2000 m^3/d, tutkittiin vuonna 2002 myös Kalevalan lähiympäristön länsialueita 200 metriä Sredneje Kuito järven rannalta. Sieltä löydettiin harju, jonka materiaali on eri karkeusasteista hiekkaa. Pohjoissuuntaan hiekan raekoko muuttuu pienemmäksi. Hiekkakerrostumien syvyys vaihtelee 7–8 ja 18–20 m välillä. Vedenjohtokyky on 1500 m^2/d. Vedenlaatu muistuttaa aiemman alueen arvoja, raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat korkeat (2–2,5 mg/l ja 0,3–0,7 mg/l). Luonnollinen vedenantoisuus kattaa ilmoitetun vedentarpeen.



первом участке, характеризуется повышенным содержанием железа (до 2–2,5 мг/л) и марганца (0,3–0,7 мг/л). Естественные ресурсы подземных вод обеспечивают заявленную водопотребность.

Г. Суоярви

Административный центр Суоярвского района с населением в 1 700 человек находится на берегу оз. Суоярви. Источником водоснабжения города является оз. Исо-Пюхяярви, расположенное в бассейне р. Пюхяйоки (частный водосбор р. Шуи) в 1,5 км к востоку от Суоярви.

Основные виды хозяйственной деятельности на водосборе озера – лесная и сельскохозяйственная мелиорация. В результате мелиоративных работ заболоченность водосбора уменьшилась с 50 до 15%, длина гидрографической сети увеличилась на порядок. Дренажные воды сбрасываются в озера Исо-Пюхяярви и Пиени-Пюхяярви. Кроме того, на водосборе получили развитие неорганизованная рекреационная деятельность, индивидуальное огородничество и сельскохозяйственное производство.

Как питьевой источник для г. Суоярви оз. Исо-Пюхяярви начали использовать с 1968 г. Качество воды в начале эксплуатации было первого класса, т. е. вода была пригодна для непосредственной подачи в сеть. В результате проведенной мелиорации (1965–1982 гг.) и развития животноводства качество воды впоследствии резко ухудшилось.

Общий забор воды из оз. Исо-Пюхяярви составляет по данным на 1998 г. 2 685 м^3/сут. Большая часть этой воды (2 170) расходуется на коммунально-бытовые нужды, 140 м^3/сут – на производственные и прочие, 345 м^3/сут (13%) составляют потери в сети. Водопроводом пользуется около 68% городского населения.

Из озера вода подается в береговой колодец по двум трубопроводам длиной 300 м, далее – насосами в сеть. Расчетная мощность насосной станции 4 700 м^3/ сут. Вода не очищается, но обеззараживается. Хлораторные установки расположены в здании насосной станции. Хлор доставляется в виде сжиженного газа в баллонах.

Водопроводная сеть не закольцована, общая протяженность около 17 км, установлена по участкам в 1968–1980 гг. По оценкам, 40% сети нуждается в реконструкции.

На территории г. Суоярви расположено 35 колодцев, которыми активно пользуются жители города, так как качество воды в них довольно хорошее.

В настоящее время минерализация воды в озере составляет около 17 мг/л, жесткость – около 0,3 ммоль/л, величина pH 6,0–6,8. По данным 1992–1996 гг. цветность воды равняется 113 град., перманганатная оки-

Suojärvi

Suojärven kaupunki on Suojärven piirin hallinnollinen keskus, asukaslukumäärä on 1700. Taajama sijaitsee Suojärven rannalla ja raakavettä pumpataan Iso-Pyhäjärvestä, joka kuuluu Pyhäjoen ja Shujajoen valuma-alueeseen. Iso-Pyhäjärvi sijaitsee 1,5 km etäisyydellä Suojärvestä itään.

Järven valuma-alueella on metsä- ja maatalousojitusta. Maaparannustoimenpiteiden myötä valuma-alueen soiden osuus on pienentynyt 50:stä 15 %:iin, kun taas vesireittien pituus kasvoi monikertaisesti (yhdellä suuruusluokalla). Ojituskanavien vedet johdetaan Iso-Pyhäjärveen ja Pieni-Pyhäjärveen. Sen lisäksi alueella on järjestäytymättömän virkistystoiminnan kuormituspaineita, maataloutta ja kesämökkikyliä.

Iso-Pyhäjärveä on käytetty raakaveden ottopaikkana vuodesta 1968. Alussa vedenlaatu oli ensiluokkaista eli vettä pumpattiin suoraan verkostoon. Vuoden 1965–1982 välisenä aikana tehtyjen maaparannustöiden ja karjatilojen toiminnan tuloksena vedenlaatu nopeasti huononi.

Vuonna 1998 Iso-Pyhäjärvestä otettiin 2685 m^3/d, josta 2170 m^3/d meni yhdyskunnan tarpeisiin, 140 m^3/d teollisuudelle ja 345 m^3/d (13 %) on häviötä. 68 % asukkaista on liitetty vesijohtoverkostoon.

Vesi tulee kahden 300 metrin pituisen putken kautta omalla paineella pumppaamon kaivoon ja sieltä verkostoon. Pumppaamon suunniteltu teho on 4700 m^3/d. Vettä ei käsitellä, mutta desinfioidaan. Kloorauslaitteet sijaitsevat pumppaamossa. Klooria toimitetaan nestemuodossa kaasupulloissa.

Vesijohtoverkosto ei ole verkkomainen, jonka pituus on noin 17 km ja sitä on rakennettu erillisinä osuuksina eri aikoina vuosina 1968–1980. Arvion mukaan 40 % verkostosta kaipaa saneerausta.

Suojärven kaupungin alueella on 35 kaivoa, joista paikalliset asukkaat aktiivisesti hakevat vettä vedenlaadun ollessa melko hyvä.

Järven valuma-alueella vuonna 1965–1982 tehtiin metsä- ja maatalousojitusta ja sen jälkeen vedenlaatu on huononnut. Nykyisin veden suolapitoisuus on 17 mg/l, kovuus noin 0,3 mmol/l ja pH 6,0–6,8. Vuonna 1992–1996 väriluku oli 113 astetta ja permanganaattikulutus 16,6 mgO/l. Ammoniumtyppeä ja nitraatteja on vähän 0,03–0,060 mg/l ja 0,02–0,07 mgN/l, rautaa 0,8 mg/l ja mangaania 0,09 mg/l. Öljytuotteita ja fenolia on taustapitoisuuksien tasoilla. Väriluvun, permanganaattikulutuksen ja rautapitoisuuden suhteen Iso-Pyhäjärven vedenlaatu ei vastaa raakaveden laatuvaatimuksia.

Vaihtoehtoratkaisuna nykyään selvitetään pohjavesien saantimahdollisuuksia. Kaupungin vedenkulutuksen arvioidaan olevan vuonna 2010 tasolla

сляемость – 16,6 мг О/л. Концентрации аммонийного азота (0,03–0,060 мг/л) и нитратов (0,02–0,07 мг N/л) невелики. Содержание железа составляет 0,8 мг/л, марганца – 0,09 мг/л. Концентрации нефтепродуктов и фенолов находятся на фоновом уровне. Таким образом, вода оз. Исо-Пюхяярви не соответствует нормативным требованиям по величине цветности, перманганатной окисляемости и концентрации железа.

В качестве альтернативного источника в настоящее время рассматриваются подземные воды. Перспективная до 2010 г. водопотребность города – 1 500 м^3/сут. Месторождение подземных вод разведано в 13 км к востоку от города, на правом берегу р. Шуи в районе оз. Ваганлампи. Территория сложена крупнозернистым песком флювиогляциальных отложений и разнозернистыми песками морены. Мощность водоносного горизонта составляет 5–10 м. Проводимость горизонта изменяется от 200 до 800 м^2/сут. Естественные ресурсы в количестве 1000 м^3/сут не обеспечивают проектную мощность водозабора, поэтому дополнительным источником формирования эксплуатационных запасов при работе инфильтрационного водозабора будут привлекаемые ресурсы оз. Ваганлампи. Исходное качество воды озера низкое (высокая цветность), поэтому необходимо предусмотреть мероприятия по его улучшению (отвод вод лесной мелиорации в другой водоем или возведение на ручье фильтрационной дамбы).

Подземные воды в пределах участка низкой минерализации (0,03 г/л), по преобладающим компонентам сульфатно-кальциевые, слабокислые. Качество воды соответствует нормативам, за исключением показателя pH, который в отдельных случаях ниже 6. При эксплуатации водозабора потребуется подщелачивание воды.

Месторождение подготовлено к эксплуатации, в 1999 г. на участке сооружены два эксплуатационных и один резервный колодцы.

Пос. Лоухи

Районный центр с населением 6,6 тыс. человек (на 01.01.1995 г.) расположен на берегу оз. Паново, которое служит источником водоснабжения населения и предприятий поселка, а также приемником сточных и дренажных вод.

Водозаборные сооружения расположены на берегу оз. Паново, оголовок – на расстоянии 30–35 м от берега, построены в 1959 г. Водопроводная сеть кольцевая, общая протяженность 21 км, установлена по участкам в 1960–1965 гг., техническое состояние плохое.

Водопроводом охвачено 50% населения, 40% пользуется водоразборными колонками, 8% – колодцами и скважинами и 2% – привозной водой.

Забор воды из озера на нужды поселка составляет, по данным на 1998 г., в среднем около 1 630 м^3/сут, 1500 m^3/d. Pohjavesiesiintymiä löydettiin 13 km etäisyydellä itään, Shuja-joen rannalla Vaganlammen seudulta. Kerrostumat ovat suurikokoisia glasifluviaalisia hiekkamuodostumia ja moreenin sisältämiä eri karkeusasteisia hiekkoja. Harjun paksuus vaihtelee 5 ja 10 m välillä. Vedenjohtokyky vaihtelee 200 ja 800 m^2/d välillä. Luonnollinen antoisuus on 1000 m^3/d, mikä on alle tarvittava vesimäärää. Juuri sen takia ehdotetaan käyttämään Vaganlammen vettä tekopohjaveden raakalähteenä. Huonoa raakaveden laatua (korkea väriluku) voidaan parantaa ennakkotoimenpiteillä – metsäojituskanavien purkupaikan siirto toiseen vesistöön, suodatuspadon rakentaminen laskupuroon.

Tutkitun alueen pohjavesien suolapitoisuus on hyvin pieni eli 0,03 g/l, vedet kuuluvat «sulfaatti-kalsium vähän happamiin» -luokkaan. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia, paitsi pH on välillä alle 6. Mikäli ve-denottamo rakennetaan, vesi tarvitsee alkaloinnin.

Pohjavesiesiintymä on valmis vedenottamon toimintaa varten. Vuonna 1992 alueelle rakennettiin 2 kaivoa ja niiden lisäksi 1 varakaivo, joita voidaan hyödyntää.



Louhi

Louhi on hallinnollisen piirin keskus, jossa asuu 6600 asukasta (tilanne 01.01.1995). Taajama sijaitsee Panovo -järven rannalla, mistä myös yhdyskuntatekniikka ja teollisuus ottavat raakavettä. Ojitus- ja jätevedet johdetaan samaan vesistöön.

Vedenottamo on rakennettu vuonna 1959 ja se sijaitsee Panovo -järven rannalla. Vedenottamon imuputken pää on 30–35 metriä rannasta. Vesijohtoverkosto on rengasmainen, sen pituus on 21 km, se on rakennettu vuonna 1960–1965 ja sen teknillinen kunto on huono. 50 % asukkaista on liitetty vesijohtoverkostoon, 40 % käyttää vesipostia, 8 % käyttää omia kaivoja ja porakaivoja ja 2 %:lle vettä tuodaan vesisäiliöissä.

Vuonna 1998 taajaman vedenkulutus oli keskimäärin 1630 m^3/d, siitä yhdyskuntatekniikka käytti

из них на коммунально-бытовое потребление уходит 1 104 м³/сут, 244 м³/сут (15%) составляют утечки, остальные 288 м³/сут расходуются на производственные и другие потребности.

Водоподготовка не производится. Вода хлорируется. Основная проблема – плохое природное качество исходной воды, которое не соответствует нормам по цветности и железу. Более точных сведений нет. На качество вод также влияет сброс сточных и дренажных вод, производимый непосредственно в оз. Паново и сообщающиеся с ним озера Грязное и Тучкан. Канализационные стоки не очищаются. Водопроводная вода не соответствует требованиям по нескольким параметрам, в том числе по цветности, железу, марганцу.

Для решения проблемы улучшения питьевого водоснабжения поселка необходим поиск нового источника водоснабжения. Им может быть либо оз. Кереть, имеющее более кондиционные воды, либо подземные воды.

Для оценки запасов подземных вод были выполнены исследования на участке, расположенном в 15 км к югу от поселка на берегу оз. Боярского, в области развития мощного флювиогляциального комплекса (Боярский оз), сложенного разнозернистыми песками. Мощность водоносного горизонта составляет 8–12 м. Водопроводимость горизонта изменяется от 600 до 900 м²/сут. Естественные ресурсы на площади 1,5 км² составляют 2000 м³/сут и обеспечивают планируемую производительность водозабора (1 500 м³/сут).

На участке формируются типичные для озовых отложений подземные воды: низкой минерализации (0,06 г/л), гидрокарбонатно-кальциевого состава, с невысоким содержанием органических веществ (1,1–1,3 мг/л), насыщенные кислородом (7–8 мг/л). Качество подземных вод по всем параметрам соответствует нормативным требования. Значительная удаленность участка от поселка затрудняет организацию подземного водозабора в настоящее время.

Пос. Кестеньга

Источником водоснабжения поселка в основном являются подземные воды. В 1995 г. отбиралось в среднем 378 м³/сут, из них 268 подавалось населению, остальное – на нужды звероводческого предприятия. Такого количества недостаточно. Кроме того, многие пробуренные скважины на территории поселка не действуют по техническим причинам.

В 2001 г. Северной геологической экспедицией проведены работы по оценке запасов подземных вод в кристаллических породах для обеспечения перспективных потребностей – 1 100 м³/сут. Также восстановлены после ремонта пять эксплуатационных скважин и выбраны точки заложения проектируемых скважин.

1104 m³/d, 244 m³/d eli 15 % on häviöitä ja loput 288 m³/d on teollisuuden ja muiden kuluttajien osuutta.

Vedenkäsittelyä ei ole lukuun ottamatta kloorausta. Suurin ongelma on raakaveden luonnollinen huono laatu, kun väriluku ja rautapitoisuus ovat korkeat. Tarkat arvot kuitenkin puuttuvat. Ojitus- ja jätevedet purkautuvat suoraan Panovojärveen sekä Grjaznojen ja Tuchkan järviin. Jätevedenpuhdistamoa ei ole. Vesijohtoverkoston vedenlaatu ei vastaa vaatimuksia väriluvun, raudan ja mangaanin pitoisuuksien osalta.

Vesihuoltoa kehitettäessä etsitään uudet ratkaisut. Yksi niistä on Keret-järven raakavesi, joka on tarpeeksi korkealaatuista. Toinen mahdollisuus on pohjaveden ottaminen.

Pohjavettä etsittiin alueelta, joka sijaitsee 15 km taajamasta etelään, Bojarskoje-järven seudulta, missä on erittäin suuri glasifluviaalinen harjumuodostuma nimeltä Bojarski oz. Harjuaines on eri raekokoista hiekkaa ja vettäjohtavan kerrosten paksuus on 8–12 metriä. Vedenjohtokyky vaihtelee 600 ja 900 m²/d välillä. Luontainen antoisuus 1,5 km² alueella on 2000 m³/d ja se on riittävä, sillä vedenottamon suunniteltu kapasiteetti on 1500 m³/d.

Pohjavesiolosuhteet ovat varsin tyypilliset harjussa: suolapitoisuus on pieni 0,06 g/l, se kuuluu hydrokarbonaatti-kalsium -laatuluokkaan, orgaanisia aineita on vähän 1,1–1,3 mg/l, hiilioksidia on 7–11 mg/l ja happea on paljon eli 7–8 mg/l. Vedenlaatu vastaa kaikkialaatu vaatimuksia. Alue on kuitenkin kaukana taajamasta ja sitä pidetään esteenä vesihuoltoa kehitettäessä ainakin tällä hetkellä.

Kestenga

Kauppalan vesihuollossa käytetään pohjavettä. Vuonna 1995 sitä käytettiin keskimäärin 378 m³ /d, josta 268 m³/d pumpattiin asukkaille ja loput turkislaitokselle. Vettä on kuitenkin vähän. Sen lisäksi mainittakoon, että taajaman alueella on porakaivoja, mutta ne eivät ole käytössä «teknillisestä syystä».

Vuonna 2001 «Pohjoinen geologinen ekspeditio» (laitoksen nimi) on tutkinut peruskallion pohjavesivaroja. Tavoitteena oli taata tulevaisuuden vedentarve, joka arvioitiin 1100 m³/d tasolle. Samanaikaisesti kunnostettiin 5 porakaivoa ja selvitettiin ja valittiin tulevien porakaivojen paikkoja. Taajaman ympäristössä ilmakuvien ja peruskarttojen avulla tutkittiin lupaavia glasifluviaalisia esiintymiä. Kenttätyön tulosten perusteella päätettiin, että hiekkakerrostumien vesipitoisuus on pieni ja koepumppausten perusteella pohjaveden tulo oli heikko.

По результатам дешифрирования топо- и аэрофотоснимков вокруг поселка были выявлены перспективные участки водно-ледникового генезиса. Но полевыми работами установлено, что песчаные отложения имеют незначительную обводненность. Водопритоки в разведочные скважины оказались незначительными.

Пос. Пряжа

Водопотребление поселка в настоящее время базируется на использовании вод оз. Пряжинского и составляет 700 м³/сут. Перспективная на 2010 г. водопотребность – 2000 м³/сут. Озерная вода характеризуется высокой цветностью, повышенными концентрациями органических веществ, железа, марганца.

В результате проведенных работ в районе поселка выявлено и оценено месторождение подземных вод в песчаных отложениях. Месторождение расположено на противоположном от поселка северо-восточном берегу оз. Пряжинского, в 1,5 км к северу, в пределах развития комплекса водно-ледниковых песчаных отложений. Мощность водоносного горизонта достигает 12–17 м. В области разгрузки у озера подземные воды приобретают слабый напор. Водопроводимость горизонта – не менее 1000 м²/сут. Естественные ресурсы подземных вод на площади 1,5 км² составляют около 2 500 м³/сут, что достаточно для обеспечения необходимой производительности водозабора. Минерализация подземных вод в среднем 0,05 г/л, по преобладающим компонентам воды гидрокарбонатно-кальциевые. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. На месторождении начато строительство водозаборных сооружений.

Пос. Поросозеро

Водопотребление поселка в настоящее время составляет 620 м³/сут, прогнозируемое к 2010 г. количество – 720 м³/сут. Источником водоснабжения поселка является р. Суна. Речная вода характеризуется повышенным содержанием железа, марганца, высокой цветностью (более 50 град.). На территории поселка имеются четыре эксплуатационные скважины с общей производительностью 180 м³/сут. Подземные воды кристаллических пород отличаются высокими концентрациями железа – до 20 мг/л, радона – до 2000 Бк/л, неблагополучными бактериологическими показателями (отмечались патогенные микроорганизмы). Поэтому проблема водоснабжения поселка весьма актуальна.

В результате проведенных работ в 7 км к северо-западу от поселка на левом берегу р. Суны выявлено и оценено месторождение подземных вод, приуроченное к полосе развития флювиогляциальных крупнозернистых песков. Мощность водоносного горизонта составляет 8–10 м. Водопроводимость горизонта

Prääsä

Prääsän vesihuolto perustuu Prääsän järven raakaveden käyttöön vedenkulutuksen ollessa 700 m³/d. Vuoden 2010 kehitysnäkymien mukaan tarve on 2000 m³/d. Järviveden väriluku on erittäin korkea, orgaanisten aineiden ja raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat korkeat.

Tutkimusten perusteella taajaman läheltä löydettiin hiekkakerrostumasta, joka sijaitsee kylän järven vastarannalla 1,5 km pohjoiseen, pohjavettä. Pohjavesiesiintymä kuuluu glasifluviaaliseen hiekkamuodostumaan. Vettäjohtavien kerrosten paksuus vaihtelee 12 ja 17 metrin välillä. Järven lähellä pohjavesien purkualueella pohjavesi on hiukan paineellista. Kerrostuman vedenjohtokyky on vähintään 1000 m²/d. Luonnolliset pohjavesivarat 1,5 km² alueella ovat noin 2500 m³/d, mikä ylittää vedenottamolle tarvittavan määrän. Pohjaveden suolapitoisuus on 0,05 g/l, ioneista tärkeimmät ovat hydrokarbonaatit ja kalsium. Pohjavesien laatu vastaa vaatimuksia. Vedenottamon rakentaminen esiintymään on jo aloitettu.

Porosozero

Taajaman vedenkulutus on tällä hetkellä 620 m³/d ja ennusteiden mukaan se kasvaa ollen vuonna 2010 720 m³/d. Vettä otetaan Sunajoesta. Joen vedessä on paljon rautaa ja mangaania ja sen väriluku on korkea (yli 50 astetta). Taajaman alueella on 4 käytössä olevaa kaivoa, niiden yhteiskapasiteetti on 180 m³/d. Kalliovedessä on paljon rautaa eli 20 mg/l ja radonia 2000 Bk/l. Bakteriologiset arvot ovat heikot (havaittiin patogeenisia mikro-organismeja). Taajaman vesihuolto-ongelmat ovat ajankohtaisia.

Tutkimusten aikana kylästä luoteiseen 7 km etäisyydeltä Sunajoen vasemmalta rannalla löydettiin ja selvitettiin pohjavesiesiintymää, joka kuuluu glasifluviaaliseen harjuun, jonka materiaali on karkeaa hiekkaa. Vettäjohtavien kerrostumien paksuus vaihtelee 8 ja 10 metrin välillä. Vedenjohtokyky vaihtelee 400 ja 2000 m²/d välillä. Luonnolliset vesivarat 0,35 km² alueella ovat 500 m³/d. Sunajoen vesivaroja voidaan pitää pohjavedenottoalueena.

Pohjavesien vedenlaatu on tyypillinen glasifluviaalisille kerrostumille: suolapitoisuus on 0,02 g/l, hydrokarbonaatti-kalsium-vedenlaatuluokka, vähän orgaanisia aineita (1,5 mg/l), hiilioksidia (10–13 mg/l) ja paljon happea (7–8 mg/l). Seutu kuuluu Gimolsko-Sukkozerskajan tektoniseen alueeseen ja sen takia myös radonpitoisuus on korkea. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia. Pohjavesivarat arvioitiin 720 m³/d.

изменяется от 400 до 2000 м²/сут. Естественные ресурсы на площади 0,35 км² составляют 500 м³/сут. Дополнительным источником пополнения запасов подземных вод являются воды р. Суны.

Химический состав подземных вод является типичным для флювиогляциальных отложений: низкая минерализация (0,02 г/л), гидрокарбонатно-кальциевый состав, низкие содержания органических веществ (1,5 мг/л). В подземных водах отмечается повышенное содержание радона, что связано с Гимольско-Суккозерской тектонической зоной, для которой характерно аномальное радиогеохимическое поле. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. Запасы подземных вод оценены в количестве 720 м³/сут.

С. Челмужи

Водоснабжение поселка децентрализованное, водопотребность составляет 65 м³/сут. Многочисленными колодцами эксплуатируется верхняя зона водоносного горизонта четвертичных отложений. В зимнюю межень уровень воды в колодцах значительно понижается, что затрудняет водоснабжение населения. Качество воды в колодце удовлетворительное (минерализация – 0,15 г/л, перманганатная окисляемость – 7 мг О/л, железо < 0,3 мг/л), но отмечается нитратное загрязнение – 15 мг/л.

Поселок расположен на восточном побережье Онежского оз. в области развития озерных песков преимущественно мелкого и тонкозернистого состава. Мощность водоносного горизонта колеблется от 5–6 до 20 м. Естественные ресурсы подземных вод в радиусе 1 км от поселка составляют 1 200–1 400 м³/сут.

Условия формирования подземных вод на равнинной территории, сложенной озерными осадками, имеют специфические геохимические особенности. В гидрогеологическом разрезе наблюдается вертикальная геохимическая зональность. Верхняя зона (до 1 м) характеризуется кислородными условиями, невысокими концентрациями органических веществ, железа. Ниже воды отличаются высокой цветностью (до 70 град.), низкими величинами pH (4,1–5,6), повышенным содержанием органических веществ (перманганатная окисляемость до 28 мг О/л) и железа (1–10 мг/л). По преобладающим компонентам воды сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые. Относительно высокие содержания сульфатов и органического вещества в бескислородной обстановке приводят к развитию процессов сульфатредукции, в результате чего на отдельных участках появляются сероводородные воды.

Как уже упоминалось, сложные физико-химические формы железа (II) в сульфидных водах определяют сложность технологического обезжелезивания

Tchelmuzci

Taajamassa ei ole yhteistä vesijohtoa. Vedenkulutus on 65 m³/d. Lukuisia kaivoja on tehty vettäjohtavien kerrostumien yläosaan. Keskitalvella kvartäärikautisten kerrostumien pohjavesien pinta alenee ja asukkailla on vedensaantiongelmia. Vedenlaatu on kuitenkin tyydyttävä: suolapitoisuus on 0,15 g/l, permanganaattikulutus 7 mgO/l, rauta < 0,3 mg/l) ja nitraattipitoisuudet ovat kohonneet 15 mg/l asti.

Taajama sijaitsee Äänisen itärannalla, missä on hyvin paljon hienoa järvihiekkaa. Vettäjohtavien kerrostumien paksuus vaihtelee 5–6 ja 20 metrin välillä. Luonnolliset pohjavesivarat 1 km säteellä kylän ympärillä ovat 1200–1400 m³/d luokkaa.

Järvisedimenttien tasankoalueen pohjavesien hyödyntämisessä on omaperäisiä geokemiallisia erikoispiirteitä. Hydrogeologisessa pystysuorassa poikkileikkauksessa on selvästi havaittavissa geokemiallisia vyöhykkeitä. Ylemmässä kerroksessa (alle 1 m) on happipitoinen vyöhyke, jossa on vähän orgaanisia aineita ja rautaa. Alempana pohjavesien väriluku nousee (70 asteen asti), pH on 4,1–5,6, orgaanisia aineita on enemmän (permanganaattikulutus 28 mgO/l saakka) ja myös rautaa (1–10 mg/l). Vedenlaatu kuuluu «sulfaatti-hydrokarbonaatti / natriumin ja kalsium» -luokkaan. Korkeat sulfaatti- ja orgaanisten aineiden pitoisuudet hapettomissa olosuhteissa aiheuttavat sulfaattireduktioprosessin kehittymistä. Seurauksena on rikkivetypitoisten alueiden muodostuminen.



таких вод. При их аэрировании часто не происходит полного удаления железа из-за связи его с органическими веществами, требуется применение более сильных окислителей, чем кислород. Поэтому, несмотря на то, что на исследованной территории запасы подземных вод четвертичных отложений достаточны для водообеспечения поселка, геохимические условия формирования состава не позволяют использовать их в качестве питьевых.

Пос. Деревянка

Централизованное водоснабжение благоустроенной части поселка и его промзоны осуществляется из Онежского оз. водоводом протяженностью 10 км. Жители частных домов пользуются родниками и колодцами.

При обследовании прилегающей территории установлено, что отложения краевой морены в районе пос. Деревянка имеют песчано-глинистый состав с маломощными пластами разнозернистых песков, из которых не удалось получить достаточные водопритоки в скважины.

Пос. Чупа

Заявленная водопотребность – 1 100 м^3/сут. Участок работ расположен в 6 км к югу от поселка на южном берегу оз. Песчаного, в полосе развития флювиогляциальных отложений. Мощность водоносного горизонта, представленного разнозернистыми песками, составляет 5–8 м. Особенностью горизонта является локальный напор в области разгрузки, обусловленный залеганием глинистых песков в верхней части разреза. Водопроводимость горизонта оценивается в 650–750 м^2/сут. Естественные ресурсы подземных вод на площади 0,3 км^2 составляют 250 м^3/сут, основным дополнительным источником формирования эксплуатационных запасов при работе инфильтрационного водозабора будут привлекаемые ресурсы оз. Песчаного. Подземные воды ультрапресные (минерализация 0,02 г/л), все компоненты соответствуют нормативным требования.

Пос. Матросы

Население поселка для водоснабжения использует 14 колодцев и родник. Качество воды в колодцах очень низкое, особенно в южной части поселка. Из пяти эксплуатационных скважин в настоящее время действуют две, одна из них находится на территории больницы. Скважины глубиной 20–40 м вскрывают воды песчаных отложений с высоким содержанием железа. Установка по обезжелезиванию воды имеется только в больнице. Родник на окраине поселка также

Kuten on jo aiemmin mainittu, raudan (II) monimutkaiset fysikaaliset ja kemialliset prosessit sulfidivedessä aiheuttavat vaikeuksia sen poistamisessa käsittelyn aikana. Useimmiten täydellistä saostusta ei tapahdu ilmastuksessa, koska rauta yhdistyy orgaanisiin aineisiin, joiden hapettamiseen tarvitaan voimakkaampia hapetusaineita. Sen takia, vaikka kvartäärikerrostumien pohjavesivarojen määrät ovat merkittäviä, niitä ei oikein suositella käytettäväksi juomaveden hankinnassa.

Derevjanka

Taajaman mukavuuksilla varustetut asuintalot ja teollisuuslaitokset saavat vettä Äänisestä 10 km pitkän vesijohtoputken kautta. Yksittäisten talojen asukkaat hakevat vettä lähteistä ja kaivoista. Taajaman ympäriltä löydettiin syrjäisestä moreenikerrostumia, joissa on hiekka- ja saviseosta, eri karkeusasteiset hiekkakerrokset ovat hyvin ohuita. Porakaivojen antoisuus oli hyvin pieni.

Tchupa

Ilmoitettu vedentarve on 1100 m^3/d. Tutkimusalue sijaitsee Peschanoje -järven alueella, 6 km etäisyydellä taajamasta etelään glasifluviaalisessa kerrostumassa. Eri karkeusasteisten vettäjohtavien hiekkakerrosten paksuus on 5–8 metriä. Paikallisena erikoisuutena voidaan pitää pohjaveden paineellisuutta purkualueella, joka aiheutuu yläpuolisista savihiekkakerroksista. Vedenjohtokyvyn arvioitiin olevan 650 ja 750 m^2/d. Luonnolliset pohjavesivarat 0,3 km^2 alueella ovat 250 m^3/d. Alueen lisäraakaveden lähde tekopohjaveden valmistuksessa on Peschanoje -järvi. Pohjavedet ovat ultramakeita – suolapitoisuus on 0,02 g/l. Vedenlaatu vastaa kaikkia laatuvaatimuksia.

Matrosy

Kauppalan asukkaat käyttävät hyväksi 14 kaivoa ja 1 vesilähdettä. Vedenlaatu on huono, varsinkin taajaman eteläpuoleisella alueella. Viidestä käyttökelpoisesta porakaivoista on vain 2 toiminnassa, joista toinen on sairaalan alueella. Hiekkakerrostumien 20–40 m syvistä porakaivoista pumpataan paljon rautaa sisältävää vettä. Raudanpoistolaitteet ovat vain sairaalassa. Kylän laidalla on lähde, jonka vesi on myös rautapitoista (3 mg/l), pH 7,4, suolapitoisuus 0,3 g/l ja se on hydrokarbonaatti-kalsium -luokkaa.

Vuoden 2010 ennusteen mukaan taajaman vedenkulutus kasvaa 600 m^3/d asti. Shujajoen oikeanpuoleisella rannalla 0,8 km kylästä itään tutkittiin pohja-

железистый (3 мг/л). Величина pH составляет 7,4, минерализация – 0,3 г/л, состав гидрокарбонатно-кальциевый.

Перспективная водопотребность поселка до 2010 г. – 600 м^3/сут. Исследован участок в 0,8 км к востоку от поселка, на правом берегу р. Шуи. Территория здесь сложена разнозернистыми песками с пропластками гравийно-галечникового материала мощностью 0,5–0,7 м. Вскрытая мощность водоносного горизонта составляет в среднем 15 м. Водопроводимость горизонта – 500 м^2/сут. Естественные ресурсы на площади 0,8 км^2 не менее 1000 м^3/сут.

Направление потока подземных вод – с востока на запад в сторону р. Шуи. Частично подземные воды разгружаются в небольшую ламбу. Геохимические условия по потоку резко меняются с окислительных на бескислородные в районе разгрузки. Уменьшение кислорода до 0,3–1,7 мг/л приводит к формированию железистых вод с концентрацией 6–12 мг/л. 14-дневная откачка с дебитом 432 м^3/сут в области развития кислородных вод показала стабильность их химического состава, хотя в наблюдательных скважинах ниже по рельефу отмечалось подтягивание фронта железистых вод. Сложные условия формирования химического состава подземных вод требуют проведения дополнительных исследований.

Пос. Эссойла

Водоснабжение осуществляется из оз. Сямозеро, одного из наиболее освоенных в хозяйственном отношении озер среднего участка р. Шуи. В 1996 г. в оз. Сямозеро сброшено 181 тыс. м^3 сточных вод (Современное состояние.., 1998). Средние значения величин цветности, перманганатной окисляемости составляют 41 град. и 8,5 мг О/л, железа – 0,14 мг/л. В озере самое низкое содержание общего фосфора (11–16 мкг/л) и минеральных форм азота по сравнению с другими озерами среднего участка р. Шуи. Тем не менее избыточное поступление биогенных элементов, прежде всего фосфора, от рассеянных сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых источников приводит к тому, что происходит изменение гидрохимического режима озера, связанное с повышением его трофии до мезотрофного уровня.

На территории поселка в разные годы было пробурено пять скважин в четвертичных отложениях (глубина до 23 м). По результатам откачек водоносный горизонт характеризовался высокой водообильностью (удельные дебиты скважин 0,4–8,8 л/с), но качество подземных вод по содержанию железа (до 10 мг/л) не соответствует требованиям. В 2004 г. действовали две скважины на железнодорожных станциях.

Исследован участок в 1,5 км к востоку от поселка, на берегу оз. Сямозеро (полуостров Азаннаволок).

vesivaroja. Kerrostumat ovat erikarkeusasteisia hiekkoja, joissa on myös 0,5–0,7 metriä paksuja sorakerroksia. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on keskimäärin 15 m ja sen vedenjohtavuus on 500 m^2/d. Luonnolliset pohjavesivarat 0,8 km^2 alueella ovat vähintään 1000 m^3/d.

Pohjaveden virtaus suuntautuu idästä länteen Shujajoen suuntaan. Pohjavesi osittain purkautuu pienikokoiseen lampeen. Geokemialliset olosuhteet virtauksessa muuttuvat hapettumistilasta hapettomaan ympäristöön purkupaikalla. Happipitoisuus pienenee 0,3–1,7 mg/l asti ja rautapitoisuus nousee 6–12 mg/l asti. 14 päivän koepumppaus 432 m^3/d antoisuudella todisti, että pohjaveden laatu pysyy samana siitä huolimatta, että maaston matalimmissa paikoissa havaittiin rautapitoisen vesirintaman rajan nousemista. Pohjavesien vaikeat ja monipuoliset muodostumisolosuhteet vaativat lisäselvitystä.

Essoila

Raakavettä otetaan Säämäjärvestä, joka on Shujajoen vesistön maatalouden kuormittamaa aluetta. Vuonna 1996 Säämäjärveen laskettiin 181 000 m^3 jätevettä (Современное состояние.., 1998). Veden laadun keskiarvot ovat seuraavat: väriluku on 41 astetta, permanganaattikulutus on 8,5 mgı/l ja rautaa 0,14 mg/l. Järven vedessä on aika vähän mineraali- / liuennutta typpeä ja fosforia (11–16 µg/l), mikä on pienin pitoisuus Shujajoen keskiosuuden vesistössä. Yhdyskuntatekniikan ja maatalouden kuormitus, ravinteiden päästöt järveen ja ennen kaikkea suuret fosforimäärät aiheuttavat veden laadun muutoksia ja nostavat rehevöitymisen tasoa. Järven karut vedet ovat nykyään mesotrofisia.

Eri aikoina taajaman kvarttäärikautisiin kerrostumiin on porattu 5 kaivoa (syvyys on 23 metriin asti). Koepumppaukset osoittivat, että vettäjohtavan kerroksen antoisuus on erittäin runsas (kaivojen ominaisantoisuus vaihtelee 0,4 ja 8,8 l/s välillä). Korkea rautapitoisuus (10 mg/l asti) alentaa veden laatua ja juuri sen takia se ei vastaa laatuvaatimuksia. Vuonna 2004 kaksi porakaivoa oli toiminnassa rautatieasemilla.

Tutkimusalue sijaitsi 1,5 km etäisyydellä kylästä itään, Säämäjärven rannalla (Azannavolok niemellä). Kerrostumat ovat tasarakeisia hiekkoja (5–7 m), joiden alla on lajittunutta hienoa hiekkaa (10–15 m). Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 14 m ja sen vedenjohtavuus on 700 m^2/d. Alueen pohjavedenlaatu on huomattavasti parempi pintavedenottamon ja kylän kaivojen veden laatuun verrattuna. Vedessä on paljon happea (5–10 mg/l) ja vähän rautaa – alle 0,3 mg/l. Luonnolliset pohjavesivarat kattavat vedenkulutusennusteen arvot eli 1100 m^3/d.

Территория сложена с поверхности разнозернистыми песками (5–7 м), ниже залегают сортированные мелкозернистые пески (10–15 м). Мощность водоносного горизонта 14 м. Водопроводимость горизонта составляет 700 м^2/сут. По качеству вода выгодно отличается как от поверхностных, так и от подземных вод в пределах поселка и характеризуется высоким содержанием кислорода (5–10 мг/л), низкой концентрацией железа – менее 0,3 мг/л. Естественные ресурсы подземных вод обеспечивают заявленную потребность 1 100 м^3/сут.

Г. Олонец

Использование подземных вод котлинского горизонта для водоснабжения г. Олонца началось в 1958–1960 гг., когда Карельской комплексной геологоразведочной экспедицией было пробурено 15 скважин. С 1966 г. в Олонце началось развитие сети централизованного водоснабжения. В дальнейшем бурение водозаборных скважин осуществлялось преимущественно Ленинградским отделением треста «Промбурвод». Непосредственно на территории города пробурено более 40 скважин, но по мере развития водопроводной сети потребность в работе многих одиночных скважин отпала, и большинство из них ликвидировано.

В 1971–1972 гг. Красносельской гидрогеологической партией Ленинградской комплексной экспедиции проведена предварительная и детальная разведка подземных вод для водоснабжения Олонца. Централизованный водозабор к этому времени состоял из шести скважин. Кроме того, эксплуатировались тринадцать одиночных скважин. Общий водоотбор составлял 1000 м^3/сут. Были выявлены, подсчитаны и утверждены эксплуатационные запасы в количестве 10 тыс. м^3/сут.

По результатам анализа работы водозабора за период 1966–1973 гг. сделан вывод о том, что существующий водозабор, базирующийся на эксплуатации девятнадцати скважин, не вызывает серьезных изменений в положении пьезометрического уровня котлинского горизонта, хотя снивелировал сезонное влияние климатических факторов.

В 1981–1983 гг. Карельской геологоразведочной экспедицией в 3 км к северу от города проведены опытные гидрогеологические работы по доразведке подземных вод котлинского горизонта. К этому времени в связи с отсутствием многолетних режимных наблюдений и недостаточно четким учетом водопотребления воссоздать картину режима работы водозабора за весь период эксплуатации не представлялось возможным. Величина суммарного водоотбора по централизованному водозабору в 1981–1983 гг. составляла от 2 179 до 2 964 м^3/сут, с учетом ведомственных скважин – до 3 790 м^3/сут. Максимальное понижение

Aunus

Vuonna 1958–1960 aloitettiin Aunuksen kotlinski – kerrostumien pohjavesivarojen käyttö. Silloin «Karjalan Tasavallan geologinen ekspeditio» porasi 15 kaivoa. Vuodesta 1966 alkaen Aunuksessa kehitettiin vesijohtoverkostoa. Myöhemmin «Promburvod» -yhtymän Leningradin osaston voimin etsittiin ja porattiin lisäkaivoja. Lopputuloksena kaupungin alueella oli 40 porakaivoa, mutta suurinta osaa niistä ei ollut liitetty vesijohtoverkostoon, koska ei ollut tarvettakaan.

Vuonna 1971–1972 Leningradin «Krasnoselskaja hydrogeologinen partija» on tehnyt alustavat ja sen jälkeen hyvin tarkat selvitykset Aunuksen pohjavesihuollosta. Silloin 6 kaivoa palveli kaupungin vesijohtoverkostoa ja sen lisäksi 13 yksittäistä kaivoa oli käytössä. Yhteensä pumpattiin 1000 m^3/d. Alueen pohjavesivarat arvioitiin ja hyväksyttiin käyttöön 10 000 m^3/d.

Vuoden 1966–1973 kokemusten perusteella päätettiin, että vedenotto 19 kaivosta ei paljon vaikuta kotlinskin kerrostuman pohjavesien pietsometriseen tasoon, vaikka pohjavesien käyttö on tasoittanut ilmaston vuoden aikaisia vaihteluja.

Vuonna 1981–1983 «Karjalan Tasavallan geologinen ekspeditio» on tutkinut kotlinskin kerrostuman pohjavesivaroja alueella, joka sijaitsee 3 km kaupungista pohjoiseen. Korostettakoon, että monien vuosien aikana pohjavesien seurantaa ei ollut. Sen lisäksi vedenkulutusta seurattiin varsin puutteellisesti. Sen takia oli vaikea arvioida, miten pohjavesiolosuhteet ovat kehittyneet ja muuttuneet. Vuonna 1981–1983 kaupungin vesijohtoverkostoon otettiin 2179–2964 m^3/d pohjavettä, mutta jos otetaan lisäksi eri laitosten omat kaivot, kokonaismäärä oli jo 3790 m^3/d. Oton seurauksena pohjaveden taso aleni 7–8 metrillä. Pohjaveden laadussa havaittiin suolapitoisuuden nousua, jopa normivaatimusten ylityksiäkin. Selvityksen perusteella suositeltiin hajauttamaan vedenottopaikkoja ja siirtämään vedenoton painopistettä pohjoiseen.

Vuonna 1988 Venäjän tiedeakatemian Karjalan tutkimuskeskuksen Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen hydrogeologian osasto selvitti Aunuksen pohjavedenottamon ja vesihuollon nykytilannetta ja arvioi kehitysnäkymiä. Tutkittiin kaikki käytössä olevat porakaivot ja veden laatu analysoitiin vesikemian menetelmien avulla. Päätettiin, että nykyinen vedenottamo riittää kaupungin tarpeisiin, mutta ylimääräisiä pohjavesivaroja ei ole ja sen takia vedenottamon kapasiteettia on mahdotonta lisätä. Pohjavesien saastumisriski kasvaa, mikäli kaupungin alueella porataan ja käytetään hyväksi lisää kaivoja, jolloin etelästä tullee suolapitoista vettä.

уровня воды достигло 7–8 м. Зафиксировано направленное изменение качества воды котлинского горизонта в сторону увеличения минерализации, вплоть до превышения норм. По результатам гидрогеологических работ рекомендовано рассредоточить водоотбор и сместить его центр в северном направлении.

В 1988 г. лабораторией гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН выполнены исследования по оценке состояния водозабора подземных вод г. Олонца и перспективам его развития. Было проведено обследование и гидрогеохимическое опробование действующих эксплуатационных скважин города. Сделан вывод о том, что действующий водозабор удовлетворяет потребности города в воде, однако работает без резерва и дальнейшего роста водопотребления обеспечить не в состоянии. Увеличение производительности водозабора за счет ввода в эксплуатацию новых скважин в черте города может усилить опасность техногенного загрязнения подземных вод и усилить подток солоноватых вод с юга.

В рамках Государственного мониторинга геологической среды (Государственный доклад.., 2001) по результатам наблюдения за уровнем и составом подземных вод котлинского горизонта в режиме эксплуатации водозабора г. Олонца отмечается, что на протяжении последних 10 лет происходит незначительный подъем уровней за счет уменьшения величины водоотбора и продолжается подток напорных соленых вод из нижних горизонтов, при этом зона вод повышенной минерализации (0,8 г/л) протягивается с юго-востока к центральной части водозабора.

Таким образом, почти 40-летняя эксплуатация городской системы водопровода, построенного без ТЭО и проекта, без многолетних режимных наблюдений и недостаточно четкого учета водопотребления выявила серьезные проблемы, связанные с истощением и загрязнением подземных вод котлинского горизонта.

Одним из возможных путей решения проблемы водоснабжения города является выбор альтернативного или дополнительного источника подземных вод из песчаных комплексов четвертичного возраста.

Были исследованы два участка. Первый расположен в 8 км к северу от г. Олонца на западном берегу оз. Линдоярви в пределах южной части крупной озовой гряды. Участок оказался малоперспективным вследствие малой мощности водоносного горизонта, мелкозернистого состава отложений и повышенной концентрации железа (до 2,5 мг/л). Из-за ограниченной площади поисков, центральная часть флювиогляциального массива в районе озер Рыбного и Пигоярви (12 км от Олонца), где карьером вскрыты гравелистые пески и мощность водоносного горизонта превышает 10 м.

Второй участок расположен в 8 км к юго-востоку от города в районе оз. Ламберо. Водоносный горизонт

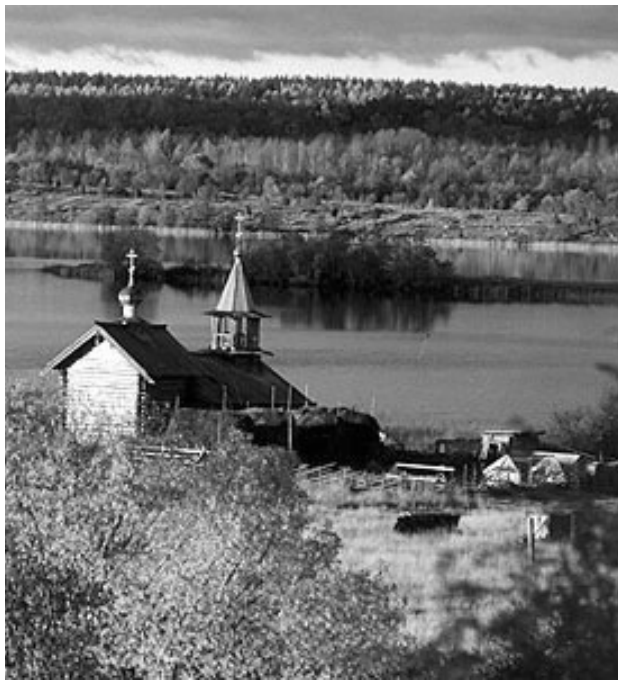
Valtiollisen geologisen seurantaohjelman puitteissa (Государственный доклад.., 2001) saatiin kotlinskin kerrostuman pohjaveden tasohavaintoja Aunuksessa viimeisten 10 vuoden ajalta. Todettiin, että pohjaveden taso on hieman noussut, sillä vedenottamon määrät ovat pienentyneet. Suolapitoisten pohjavesien tulo jatkuu edelleenkin alimmista kerrostumista. Kohonneen suolapitoisen (0,8 g/l) veden vyöhyke on levinnyt kaakkoissuunnasta vedenottamon keskialueelle.

Kaupungin vesijohtoverkosto ja koko vesihuoltotekniikka oli rakennettu ilman teknillistä esiselvitystä ja hankesuunnittelua. Monivuotista seurantatoimintaa ei ollut eikä vedenkulutuksen muutoksia otettu käsittelyyn. 40 vuoden käytön jälkeen todettiin vakavia ongelmia, jotka liittyvät kotlinskin kerrostumien pohjaveden määrään ja saastumiseen.

Aunuksen vesihuollon ongelman yhtenä ratkaisumahdollisuutena saattaa olla vaihtoehtopaikka tai lisäpohjaveden vedenottopaikka kvarttäärikauden sora- ja hiekkaharjusta.

Projektin puitteissa tutkittiin kaksi aluetta. Toinen oli 8 km etäisyydellä Aunuksesta Lindojärven länsirannalla soraharjun eteläosassa. Alue ei kuitenkaan osoittautunut kelvolliseksi, koska vettäjohtavan kerroksen paksuus oli pieni ja veden raudanpitoisuus oli korkea (2,5 mg/l asti). Tutkimusalue oli rajattu (10 km) ja sen takia Rybnojejärven ja Pigojärven glasifluviaalisia kerrostumia ei ollut tutkittu (12 km Aunuksesta). Alueella on soramonttu ja vettäjohtavan kerroksen paksuus on ainakin 10 m.

Toinen alue on 8 km etäisyydellä kaupungista kaakkoon Lamberojärven seudulla. Vettäjohtava ker-



общей мощностью 20 м сложен в верхней части (12 м) крупнозернистыми песками, ниже залегают мелкозернистые фракции. Водопроводимость крупнозернистых песков колеблется от 800 до 1 200 м²/сут. Движение подземных вод направлено в сторону оз. Ламберо. Естественные ресурсы обеспечивают заявленную водопотребность – 3000 м³/сут. Качество воды соответствует нормативным требованиям.

Пос. Муезерский

Районный центр с населением 4,6 тыс. человек (на 01.01.1995 г.). Расположен в бассейне р. Муезерки, которая служит источником централизованного водоснабжения поселка.

Водозаборные сооружения расположены ниже поселка на озеровидном расширении реки, отделенном от основного русла мелководным баром. Построен водозабор в 1963 г. Протяженность водопроводной сети около 12 км, изношенность ее составляет 60%. Вода, подаваемая в сеть, не очищается, а только хлорируется и часто недостаточно.

По данным на 1998 г., объем воды, забираемой через коммунальный водозабор, составляет 362 м³/сут.

Расчетный возможный забор воды из р. Муезерки составляет ориентировочно 12,5 тыс. м³/сут, т. е. водные ресурсы реки в количественном отношении являются достаточными для перспективного роста водопотребления пос. Муезерский.

Основные черты гидрохимического режима р. Муезерки типичны для карельского региона. Вода реки ультрапресная, минерализация < 20 мг/л. По ионному составу относится к сульфатно-гидрокарбонатному классу группе кальция. Воды р. Муезерки характеризуются довольно высоким содержанием органических веществ. Цветность изменяется в пределах 60–90 град., перманганатная окисляемость – от 9,8 до 12,5 мг О/л. Концентрация общего фосфора около 10 мкг/л. Среди минеральных форм азота преобладает нитратная (0,31–0,58 мг N/л при среднем значении 0,40 мг N/л), аммонийного азота – 0,04 мг N/л, количество нитритов не превышает 0,004 мг N/л. В районе водозабора в воде постоянно присутствует повышенное количество железа общего – 0,39–0,46 мг/л (среднее 0,42). Количество взвесей невелико – 2,1 мг/л. Концентрации фторидов низкие и не превышают 0,01 мг/л. Среднее содержание фенолов – 0,004 мг/л. Концентрации нефтепродуктов – около 0,09 мг/л. Величина pH составляет в среднем 6,36.

Вода р. Муезерки не соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде, по величинам цветности, перманганатной окисляемости, концентрации железа. Ввиду отсутствия очистки, качество водопроros on 20 m paksu, sen yläosa (12 m) koostuu karkeasta hiekasta, jonka alla on hienojakoista hiekkaa. Suurirakeisen hiekan vedenjohtavuus vaihtelee 800 ja 1200 m²/d välillä. Pohjavesien virtaus suuntautuu Lamberojärven päin. Luonnolliset vesivarat kattavat tarvittavan vedenkulutusmäärän eli 3000 m³/d. Veden laatu vastaa vaatimuksia.

Mujezerski

Taajama on hallinnollisen piirin keskusta ja asukaslukumäärä on 4600 (tilanne 01.01.1995). Taajama sijaitsee Mujezerkajoen varrella, josta myös otetaan vesihuollon raakavesi.

Vedenottamo sijaitsee joen alajuoksulla, missä joella on järvimäinen osuus erottuen joen uomasta matalalla kynnyksellä. Vedenottamo on rakennettu vuonna 1963, vesijohtoverkoston pituus on noin 12 km ja sen käyttöaste on 60 %. Vettä ei käsitellä vaan desinfioidaan kloorilla ja sekin tehdään puutteellisesti. Vuoden 1998 tilaston mukaan verkostoon pumpattiin 362 m³/d.

Arvion mukaan Mujezerkajoesta on mahdollista ottaa vettä noin 12 500 m³/d, joten pintavesistöä voidaan ainakin määrällisesti käyttää tulevaisuudessakin.

Mujezerkajoen vedenlaatu on tyypillinen Karjalan seudulle. Vesi on ultramakea, suolapitoisuus on <20 mg/l. Ionikoostumukseltaan vesi kuuluu sulfaatti-hydrokarbonaatti -luokkaan ja kalsiumryhmään. Vedessä on paljon orgaanista ainetta, värluku vaihtelee 60 ja 90 astetta välillä ja permanganaattikulutus 9,8 ja 12,5 mgO/l välillä. Kokonaisfosforia on noin 10 µg/l. Typpeä on eniten nitraattimuodossa 0,31–0,58 mgN/l, keskiarvo on 0,40 mgN/l, ammoniumtyppeä on 0,04 mgN/l ja nitriittityppeä on alle 0,004 mgN/l. Vedenottamolla jatkuvasti havaitaan kokonaisraudan kohonneita pitoisuuksia: 0,39–0,46 mg/l (keskiarvo 0,42). Kiintoainetta on vähän eli 2,1 mg/l. Fluoridipitoisuudet ovat alhaisia eivätkä ylitä 0,01 mg/l. Fenolien pitoisuus on 0,004 mg/l, öljytuotteita on noin 0,09 mg/l ja keskimääräinen pH-arvo on 6,36.

Mujezerkajoen veden laatu ei vastaa raakaveden laatuvaatimuksia väriluvun, permanganaattikulutuksen ja rautapitoisuuden suhteen. Koska vesilaitoksella ei ole käsittelyä, juomaveden laatu on melkein sama kuin raakaveden. Sen lisäksi taajaman vesijohtoverkosto on huonossa kunnossa. Vesihuollon ongelmia ja vaikeuksia voidaan ratkaista siirtämällä vedenottokohta jokiuoman ylävirran puolelle ja järjestämällä myös saniteettisuojeluvyöhyke vedenottamon ympärille. Ehdoton edellytys on myös orgaanisten aineiden ja raudan poistoprosessit. Toinen mahdollisuus on pohjaveden hyödyntäminen. Tämä ratkaisu

водной воды примерно такое же. Кроме того, водопроводные сети поселка находятся в плохом состоянии. Для решения проблемы обеспечения поселка питьевой водой необходим либо перенос водозабора выше поселка с организацией зоны санитарной охраны и обязательным строительством водоочистных сооружений для удаления органики и железа, либо переход на подземное водоснабжение. Реализация второго варианта вполне возможна, учитывая водопотребность поселка и геолого-гидрогеологические условия территории.

Поселок расположен в пределах развития значительного по площади комплекса водно-ледниковых отложений, перекрывающих архейские гранито-гнейсы. По химическому составу вода в скважине, вскрывшей гранито-гнейсы, гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-натриевая, минерализация 0,2 г/л, pH 7, отличается повышенной радиоактивностью.

С целью выяснения условий формирования подземных вод в четвертичных отложениях был исследован участок в 0,5 км к северу от поселка. Территория участка сложена разнозернистыми песками мощностью 12–15 м и более. Вскрытая мощность водоносного горизонта 10 м. Водопроводимость составляет 500–600 м^2/сут. Подземные воды песчаных отложений характеризуются низкой минерализацией (< 0,1 г/л), pH 5,6–6,0, концентрация железа < 0,1 мг/л. Радоактивность воды низкая: содержание радона 16 Бк/л, урана – 0,1 мкг/л. Естественные ресурсы обеспечивают заявленную водопотребность 600 м^3/сут.

Пос. Лендеры

Водоснабжение южной части поселка осуществляется из р. Лендерки, северная часть пользуется колодцами. Качество воды в них низкое – отмечается нитритное и нитратное загрязнение, повышенная концентрация калия, органических веществ. Пробуренные в разные годы скважины на воду в настоящее время в поселке не действуют.

Заявленная водопотребность поселка до 2010 г. – 200 м^3/сут. Исследован участок в юго-западной части поселка, на берегу оз. Лендерского. Участок расположен в пределах крупной озовой гряды. Мощность водоносного горизонта, сложенного разнозернистыми песками, составляет 7 м. Его водопроводимость оценивается в 300 м^2/сут. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. Естественные ресурсы обеспечивают заявленную водопотребность.

Остров Кижи

Используемая вода из Онежского оз., особенно в туристский сезон при интенсивном судоходстве, не удовлетворяет требованиям по мутности, бактериологическим показателям.

on täysin realistinen ottaen huomioon alueen hydrogeologiset olosuhteet.

Taajama sijaitsee mittavien glasifluviaalisten kerrostumien alueella, joiden alla on arkeisen kauden graniitti-gneissikallioperä. Alueen peruskallion pohjavesissä on kohonnut säteilyarvo. Käytössä olevan porakaivon veden uraanipitoisuus on 188 µg/l ja radonpitoisuus 3460 Bk/l. Ionikoostumukseltaan vesi on hydrokarbonaatti-kloridi-natrium -luokkaa, suolapitoisuus on 0,2 g/l, pH = 7.

Kvarttäärikauden kerrostumien pohjavesitutkimusalue sijaitsee 0,5 km etäisyydellä kylästä pohjoiseen. Kerrostumat ovat erikarkeusasteisia hiekkoja, joiden paksuus on 12–15 metriä. Tutkitun vettäjohtavan kerrostuman paksuus on 10 m ja vedenjohtavuus 500–600 m^2/d. Hiekkakerrostumien pohjaveden laatu on seuraava: alhainen suolapitoisuus (< 0,1 g/l), pH 5,6–6,0 ja rautapitoisuus < 0,1 mg/l. Veden säteilyarvo on alhainen, radonia on 16 Bk/l ja uraania 0,1 µg/l. Luonnolliset pohjavesivarat kattavat vedentarvearvion eli 600 m^3/d.

Lendery

Kauppalan eteläosat ottavat vettä Lenderkajoesta. Pohjoispuolella on omia kaivoja. Kaivojen vedenlaatu on heikko, vedessä on paljon nitriitti- ja nitraattityppeä, kaliumia ja orgaanisia aineita. Eri aikoina kauppalan alueella on porattu porakaivoja, mutta ne eivät ole käytössä.

Kauppalan ilmoitettu vedentarve vuoteen 2010 mennessä on 200 m^3/d. Tutkimusalue sijaitsee kauppalan lounaispuolella Lenderskojejärven rannalla, missä on tunnistettu laaja harju. Vettäjohtavat kerrostumat ovat erirakeisia hiekkoja, joiden kerrospaksuus on 7 m. Kerrostumien vedenjohtavuuden arvioitiin olevan 300 m^2/d. Pohjavesien vedenlaatu vastaa normivaatimuksia. Luonnollisia pohjavesivaroja on enemmän kuin ilmoitettu veden tarve on.

Kizhi-saari

Turistikautena vesihuollossa käytetään järvivettä, mutta alueella on paljon vesiliikennettä, joten veden sameus ja bakteeriluvut ovat kohonneet.

Vuonna 1998 Pohjois-Savon ympäristökeskuksen asiantuntijoiden avustuksella tutkittiin kvarttäärikauden kerrostumien pohjavesien saantimahdollisuuksia saaren vesihuollon kehittämiseksi.

Kvarttäärikauden kerrostumia on peruskallion päällä suhteellisen pieniä määriä. Moreenikerrostumien paksuus vaihtelee 3 ja 11 metrin välillä. Kerrostumissa on savia, vain kahden kairauspisteen kohdalla löydettiin 5–7 metrin paksuja hiekkalajitteita. Koe-

В 1998 г. с помощью финских специалистов из Центра охраны окружающей среды Северная Саво на о. Кижи проведены исследования для выяснения возможностей использования подземных вод четвертичных отложений.

Четвертичные отложения на острове маломощным чехлом покрывают кристаллические породы. Мощность моренных отложений колеблется от 3 до 11 м. Состав отложений преимущественно глинистый, и только две скважины вскрыли песчаные слои мощностью 5–7 м. Опытная откачка показала, что на этих участках возможно получить воду в объеме 100 м^3/сут, достаточном для потребностей населения на острове.

Невыдержанность ледниковых отложений по составу, замедленный водообмен определяют гидрогеохимические условия, при которых формируются подземные воды с низким содержанием кислорода и повышенными концентрациями железа и марганца. Ориентация водоснабжения острова на использование подземных вод кристаллических пород с аналогичными гидрогеохимическими условиями не решает проблему качества воды без дополнительной водоподготовки, но требует значительно больших материальных затрат, чем сооружение и эксплуатация шахтного колодца в моренных отложениях. Поэтому, несмотря на то что работы по проектированию и сооружению глубоких скважин на острове в дальнейшем все-таки были проведены, в 1999 г. по проекту финских специалистов в центральной части острова был построен колодец глубиной 5 м, оборудованный насосом. С этого времени население пользуется подземной водой.

Вскрытие водоносного горизонта колодцем, оборудованным бетонными кольцами диаметром 1 м, привело к обогащению кислородом вод, поступающих в выработку, вследствие чего в воде эксплуатационного колодца железо определяется в количествах 0–0,4 мг/л (в естественных условиях горизонта концентрация железа была почти на порядок больше – 2,5 мг/л). Концентрация марганца в воде колодца продолжает оставаться высокой – до 0,6 мг/л (ПДК 0,1 мг/л). Остальные показатели и компоненты воды соответствуют нормативным требованиям для питьевых вод.

Важно отметить, что качество вод определяется в существенной мере и состоянием водосбора, территории, на которой расположен колодец. С учетом этого финскими коллегами при участии представителей музея-заповедника «Кижи» был построен биотуалет, отвечающий всем современным требованиям, и возведено сооружение для компостирования отходов, которые обеспечивали ситуацию, когда загрязненные воды не могли просочиться в водоносные горизонты.

Таким образом, было представлено комплексное решение проблемы обеспечения населения питьевой водой высокого качества в сочетании с водоохранными мероприятиями.



pumppauksella saatiin antoisuudeksi 100 m^3/d, mikä on varsin riittävä määrä saaren asukkaille.

Alueen jääkauden kerrostumat ovat hyvin monenlaiset ja sen takia vedenjohtavuus ja -vaihtuvuus on aika hidasta. Lopputuloksena on erikoiset hydrogeokemialliset olosuhteet, jolloin pohjavedessä on alhainen happipitoisuus ja korkeat raudan ja mangaanin pitoisuudet. Saaren vesihuollon kehittäminen peruskallion pohjavesivaroilla on vaikeaa ilman raakaveden käsittelyä (näin myöhemmin myös todettiin). Sen lisäksi peruskallion pohjavesillä toimiva vesihuolto on kalliimpi moreenikaivon käyttöön verrattuna. Juuri sen takia ja siitä huolimatta, että saarella jatkettiin syvien porakaivojen tutkimuksia, vuonna 1999 suomalaisten ehdotusten ja suunnitelmien mukaisesti saaren keskiosaan rakennettiin 5 metriä syvä kaivo, joka varustettiin pumpulla. Siitä lähtien asukkaat ovat käyttäneet pohjavettä (ks. valokuva).

Kaivo on varustettu 1,5-metrin betonirenkailla. Kaivon vesi kyllästyy hapella ja kaivon veden rautapitoisuus vaihtelee 0 ja 0,4 mg/l välillä (luonnon olosuhteissa rautapitoisuus on yhtä luokkaa suurempi – 2,5 mg/l). Mangaanipitoisuus on edelleenkin korkea 0,6 mg/l asti (suurin sallittu pitoisuus on 0,1 mg/l). Muut parametrit ja arvot vastaavat juomaveden vaatimuksia.

Korostamme, että kaivon vedenlaatu hyvin paljon määräytyy sen lähialueen kunnolla. Juuri sen takia suomalaisten ja «Kizhi»- luonnonsuojelualueen ja museon voimin rakennettiin nykyaikaisen bio-WC, joka oli varustettu myös tarpeellisella kompostointilaitteilla, jotta päästöt eivät suotautuisi vettäjohtavaan kerrokseen (ks. valokuvat).

Näin ongelma oli ratkaistu monipuolisesti – paikalliset saivat hyvää juomavettä ja samanaikaisesti suoritettiin vesistösuojelutoimenpiteet.

Пос. Куганаволок

Поселок расположен на берегу оз. Водлозеро, которое служит источником водоснабжения. Качество озерной воды в районе поселка неудовлетворительное.

Поселок расположен в области развития конечной морены, сложенной преимущественно глинистыми отложениями. Перспективный по гидрогеологическим условиям участок определен в восточной части поселка, в 200 м от озера. Территория сложена разнозернистыми песками с галькой и гравием мощностью 6–7 м. Мощность водоносного горизонта составляет 4,5–5 м. Водопроводимость – около 200 м^2/сут. Подземная вода характеризуется повышенной минерализацией (0,45 г/л), гидрокарбонатно-кальциевым составом, pH 6,8, концентрация железа < 0,3 мг/л. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. В 2003 г. на участке построен колодец, обеспечивающий водопотребность поселка 86 м^3/сут.

Kuganavolok

Kauppala sijaitsee Vodlozerojärven rannalla, josta pumpataan raakavettä. Kylän edustalla järven raakaveden laatu ei ole tyydyttävä. Kylä sijaitsee moreenialueen reunassa. Moreenimaalajin seassa on paljon savea. Hydrogeologisesti hyvin lupaavalta näyttää kylän itäpuoli, 200 metriä rannalta. Siellä on erirakeisia somero-, sora- ja hiekkakerrostumia, joiden paksuus vaihtelee 6 ja 7 metrin välillä. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 4,5–5 m ja sen vedenjohtavuus on noin 200 m^2/d. Veden suolapitoisuus on kohonnut 0,45 g/l asti, koostumus on hydrokarbonaatti-kalsiumin luokkaa, pH on 6,8 ja rautaa on < 0,3 mg/l. Pohjaveden laatu vastaa vaatimuksia. Vuonna 2003 alueelle on rakennettu kaivo, josta otetaan kylään 86 m^3/d vettä.

3.4. ИСТОЧНИКИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (РОДНИКИ И КОЛОДЦЫ)

3.4. KESKITTYMÄTTÖMÄN VESIHUOLLON RAAKAVESILÄHTEET (LÄHTEET JA KAIVOT)

Население Карелии издавна использовало родниковую воду для питьевых целей. По данным Центра Госсанэпиднадзора в РК, значительная часть населения (34,5%), в основном в сельской местности, продолжает использовать для хозяйственно-питьевых целей источники нецентрализованного водоснабжения (родники, колодцы). Общее число их составляет около 800, из них основное количество (634) расположено в сельской местности (Государственный доклад.., 2001). Анализ данных за 1997–2001 гг. показал, что количество проб воды из нецентрализованных источников водоснабжения, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, составляет 38–44%, по микробиологическим – 40–54%. Колодезная вода в 2000 г. явилась причиной вспышки дизентерии среди населения пос. Ледмозеро Муезерского района (33 пострадавших) и пос. Пийтсиеки Суоярвского района (15 пострадавших) (Государственный доклад.., 2001).

Большой популярностью пользуются родники и на территории г. Петрозаводска. По данным геолого-гидрогеологических съемок, к 1970-м гг. в городе и его окрестностях было известно около 60 родников и колодцев. В настоящее время некоторые из них ликвидированы в результате застройки, отдельные колодцы

Karjalan Tasavallan asukkaat jo vanhoista ajoista lähtien käyttivät lähteiden vettä juomavesitarpeisiin. Terveysviranomaisten tilastotietojen mukaan merkittävä osa (34,5 %) väestöstä, ennen kaikkea maaseudulla, käyttää edelleenkin vesilähteitä ja kaivoja raakaveden hankinnassa. Yhteensä käytössä on noin 800 vesilähdettä ja kaivoa, niistä 634 sijaitsee maaseudulla (Государственный доклад.., 2001). Vuoden 1997–2001 tietojen mukaan 38–44 % lähteiden ja kaivojen vesinäytteistä ei vastaa saniteetti- ja kemiallisia laatuvaatimuksia ja 40–54 % ei vastaa mikrobiologisia vaatimuksia. Kaivoveden käyttö oli syynä vuoden 2000 punataudin puhkeamiseen Mujezerskin piirin Ledmozero-taajamassa (33 tapausta) ja Suojärven piirin Piitsjoella (15 tapausta) (Государственный доклад.., 2001).

Hyvinkin suosittuja vesilähteitä on myös Petroskoissa. 1970-luvulla hydrogeologisten selvityksen ja kartoitusten mukaan Petroskoissa ja sen ympäristössä on ollut noin 60 vesilähdettä ja kaivoa. Tällä hetkellä suurin osa kaivoista ja lähteistä on hävitetty rakennustoiminnan seurauksena. Luonnontilassa on edelleenkin vain muutama paikka, mutta sielläkin purkupaikat on varustettu betonirenkailla. Petroskoin terveysvirasto seuraa suosituimpien vesilähteiden veden laatua (noin 20 paikkaa). Kaupunki ylläpitää 13

заброшены. В естественном виде сосредоточенных родников в городе практически не осталось. Большинство из них каптированы бетонными кольцами. Наблюдения за состоянием воды в наиболее посещаемых населением источниках (около 20) осуществляет Центр Госсанэпиднадзора в Петрозаводске. Городская администрация содержит только 13 из них. Содержание заключается в частичном благоустройстве водопункта, информировании населения о качестве воды. Следует отметить, что ни один источник не соответствует всем требованиям, предъявляемым к источникам нецентрализованного водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1175-02). Эти требования регламентируют выбор места расположения водозаборного сооружения, его устройство и оборудование, контроль за качеством воды.

В 1992 г. администрация г. Петрозаводска начала реализацию программы «Родники города». В ее рамках были проведены работы по комплексному гидрохимическому и санитарно-гигиеническому обследованию источников (Ручьев и др., 1993), комплексной оценке родников в г. Петрозаводске как источников питьевого водоснабжения (Бородулина, 1994). В дальнейшем предполагалось продолжение мониторинга подземных вод города, но отсутствие финансирования со стороны администрации не позволило осуществить регулярные наблюдения. Тем не менее до 1999 г. ИВПС КарНЦ РАН проводил периодические обследования и опробование отдельных источников. Результаты наблюдений за гидрохимическим режимом отдельных источников приведены в табл. 3.5. На рис. 3.8 показано расположение наиболее посещаемых родников и колодцев в г. Петрозаводске и его окрестностях.

На территории города родниками и колодцами вскрываются воды четвертичного покрова, в строении которого принимают участие различные по генезису и составу отложения. На северо-западной окраине города родниками дренируются воды водно-ледниковых отложений, на большей территории – ледниковых и озерно-ледниковых. В долинах рек Лососинки, Неглинки и на побережье озера разгружаются воды более глубоких моренных и межморенных водоносных горизонтов.

Родники, как правило, малодебитные – от 0,01 до 0,5 л/с, редко до 1–2 л/с. Большинство из них нисходящие, напорный характер приобретают межморенные горизонты.

Родники, вскрывающие водоносные горизонты межморенных отложений, для которых характерна более высокая природная защищенность от загрязнения, и родники на окраине города, где пока невелика антропогенная нагрузка, сохраняют близкое к природному качество (№ 1–7, см. рис. 3.8 и табл. 3.5). Из них три родника (№ 1, 2, 6) имеют статус памятника природы. Ylläpitäminen tarkoittaa paikan yleisen siisteyden ylläpitoa ja kunnostamistöitä sekä tiedottamista veden laadusta. On syytä korostaa, että kaikkien vesilähteiden veden laatu ei vastaa haja-asutukselle asetettuja raakaveden vaatimuksia (SanPiN – ohjeet 2.1.4.1175-02). Mainitussa asiakirjassa ohjataan ja määritetään vesilähteen valintakriteerit, sen varustustaso ja veden laadun valvonta.

Vuonna 1992 Petroskoin kaupunki alkoi toteuttaa «Kaupungin vesilähteet» -ohjelmaa, jonka puitteissa selvitettiin vesilähteiden vesikemian ja saniteettitila (Ручьев и др., 1993) ja arvioitiin Petroskoin vesilähteiden mahdollisuuksia kaupungin vesihuollossa (Бородулина, 1994). Silloin oletettiin, että pohjavesien seuranta jatkuu, mutta kaupungintalo ei rahoittanut jatkotoimintaa ja säännöllistä seurantaa ei ollut. Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitos kuitenkin suoritti eri lähteiden tutkimusta vuoteen 1999 asti. Vesikemian analyysitulokset on esitetty taulukossa 3.5. Kuvassa 3.8 on esitetty Petroskoin vesilähteet ja kaivot.

Kaupungin alueen lähteet ja kaivot kuuluvat kvartäärikauden kerrostumien pohjavesivaroihin. Kerrostumien syntyvaiheissa ja koostumuksessa on kuitenkin paljon eroja. Kaupungin luoteisalueella pohjavesilähteet kuuluvat vesi- ja jäätikkökerrostumiin, muualla jäätikön ja järvi-jäätikkökerrostumiin. Sen lisäksi Lososinkajoen, Neglinkajoen laaksoissa ja Äänisen rannalla on moreeni ja moreenien välisiä vettäjohtavia kerrostumia.

Lähteiden antoisuus on yleensä pieni ja vaihtelee 0,01 ja 0,5 l/s välillä, joskus 1–2 l/s. Lähteet ovat paineettomia, mutta moreenien välisten kerrostumien pohjavedet purkautuvat paineella.

Moreenien välisten kerrostumien pohjavedet ovat suhteellisesti enemmän suojassa luonnollisella tavalla. Sen lisäksi kaupungin laidalla sijaitsevat lähteet ovat pysyneet lähellä luonnontilaa, koska ihmisten toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta on vähän (№ 1–7, kuva 3.8, taulukko 3.5). Kolmella lähteellä (№ 1, 2, 6) on luonnon muistomerkin status (Karjalan Tasavallan ministerineuvoston Asetus № 276, 20.07.84; Хохлова и др., 2000).

Lähde № 1 (Karjalan Tasavallan luonnonsuojelualueiden luettelossa nimellä «Lososinksi») sijaitsee Lososinkajoen oikealla rannalla, 2 km Kukkovka-alueelta etelään, Petroskoin siipikarjatilan maataloustontin laidalla, joen uoman loivalla rinteillä, 100 metriä joen rannalta. Lähteestä alkaa puro. Lähde on ylöspurkautuva, jonka antoisuus on noin 2 l/s. Paikka on varustettu hirsiarkulla. Veden laatu on varsin vakaa eli pysyy samana vuoden eri aikoinakin, ionikoostumus on «hydrokarbonaatti» -luokkaa kuuluen kalsiumin ja magnesiumin ryhmään. Muita ioneja on varsin vähän. Rautaa on paljon (6 mg/l asti) ja myös man-

Таблица 3.5. Результаты наблюдений за гидрохимическим режимом отдельных источников

Taulukko 3.5. Lähteiden vesikemian seurantatulokset

Местоположение / Kohde (* памятник природы / luonnon kohde)	№	pH	Na мг/л	K мг/л	Ca мг/л	Mg мг/л	Fe мг/л	HCO_3 мг/л	Cl мг/л	SO_4 мг/л	NO_3 мг/л	Минерализация, г/л Suolapitoisuus, g/l
Родники / Lähteet												
*Долина р. Лососинки, 2 км южнее Кукковки Lososinkajoen laakso, 2 km Kukkovka-alueelta etelään	1	6,9–7,1	6–7	1–1,4	30–37	17–19	1–3	190–216	2–3	8–17	0,2–1	0,27–0,31
*Бывший стадион «Трудовые резервы» («Сулажгорский») Trudovye rezervy – entinen stadioni	2	6,9–7,3	6–7	1–2	18–23	12–17	<0,2	123–138	0,7–1	9–18	0,3–2	0,19–0,21
ул. Попова, лесной массив Popovin katu, metsäalue	3	7,2–7,6	5–7	1–2	24–28	14–18	0,2–0,7	156–168	2–4	5–18	0,2–1	0,23–0,25
Лососинское шоссе Lososinskoje tie	4	7,1–7,5	6–7	2–3	54–60	30–35	0,4–1	270–300	19–24	14–30	0,3–1	0,40–0,45
Стадион «Спартак» (Сулажгора) Spartak-stadioni (Sulazgora)	5	5,7–6,1	3–4	1–12	7–11	4–6	<0,1	25–47	1 –1,6	9–27	0,1–5	0,06–0,10
*«Онежский», разъезд Онежский в лесном массиве "Onezski", metsäalue	6	6,4–6,6	4–4,2	1–1,2	14–15	9–10	<0,1	78–80	1–2	10–11	1–1,3	0,13–0,15
Разъезд Онежский, у ж/д Onezski tieristeys, rautatien lähellä	7	6,2–6,3	4–19	1–5	10–22	4–8	<0,1	17–42	2–18	27–44	3–10	0,07–0,15
ул. Антонова, лесной массив Antonovin katu, metsäalue	8	6,1–6,7	35–69	4–6	25–46	10–17	<0,1	67–91	60–128	25–55	12–25	0,27–0,41
Ключевское шоссе Kljuchevskojen tie	9	6,4	47–60	4–4,2	28–44	16–26	<0,1	103–150	56–130	13–40	16–46	0,30–0,45
Левый берег р. Неглинки, ул. Вольная Neglinkajoen vasen ranta Volnaja katu	10	6,2–6,7	7–19	2–4	12–24	4–11	<0,2	31–58	8–21	15–40	4–28	0,10–0,20
ул. Лыжная Lyzhnaja katu	11	5,8–6,2	12–22	2–4	14–29	8–18	<0,2	31–60	12–29	34–95	10–50	0,17–0,28
п. Птицефабрика на склоне Siipikarjatila, rinteillä	12	5,7–6,3	5–15	1–3	11–24	6–15	<0,1	26–92	3 –13	22–65	11–18	0,10–0,23
п. Птицефабрика у р. Сельгская Siipikarjatila, Selgskajajoki	13	5,7–6,1	13–19	5–7	44–62	28–45	<0,1	28–73	19–37	26–87	140–310	0,37–0,59
ул. Кемская Kemskajakatu	14	6,5–6,9	26–42	3–10	44–72	26–43	<0,1	131–205	31–80	68–110	22–63	0,38–0,54
ул. Муезерская, 41 Mujezerskajakatu	15	6,6–7,3	31–40	3–4	43–67	35–45	<0,2	204–314	43–64	57–89	30–60	0,52–0,61
ул. Белинского, 7 Belinskogokatu	16	5,6–5,8	8–18	3–4	14–25	6–11	<0,1	13–21	10–28	38–58	15–55	0,14–0,20
ул. Дзержинского, школа 17 Dzerzhinskogokatu, 17 koulu	17	6,3–6,7	14–22	5–6	19–27	5–14	0,1–0,3	42–60	20–30	22–41	18–30	0,15–0,23
Колодцы / Kaivot												
ул. Челюскинцев, 52 Tcheljuskintsevkatu, 52	18	5,9–7,2	16–45	17–40	36–96	15–35	<0,1	30–196	22–76	60–116	97–278	0,32–0,67
ул. Совхозная, «Курган» Sovhoznajakatu, "Kurgan"	19	5,9–6,7	15–26	2–4	18–30	10–16	<0,1	45–60	17–37	35–62	19–68	0,19–0,27

роды (Постановление СМ КАССР № 276 от 20.07.84; Хохлова и др., 2000).

Родник № 1 (по каталогу ООПТ Карелии – «Лососинский») находится на правом берегу р. Лососинки, в 2 км к югу от микрорайона Кукковка, на землях Петро-

gaania (1,2 mg/l), sillä vedessä on vähän happea. Suolapitoisuus vaihtelee 0,27 ja 0,31 g/l, pH 6,9 ja 7,1 välillä. Lähdettä käytetään vähän, koska se sijaitsee kaupungin ulkoreunalla, pääsytie on huono ja hirsiarkun raudan harmahtavan ruskealla sakalla on epäsiis-

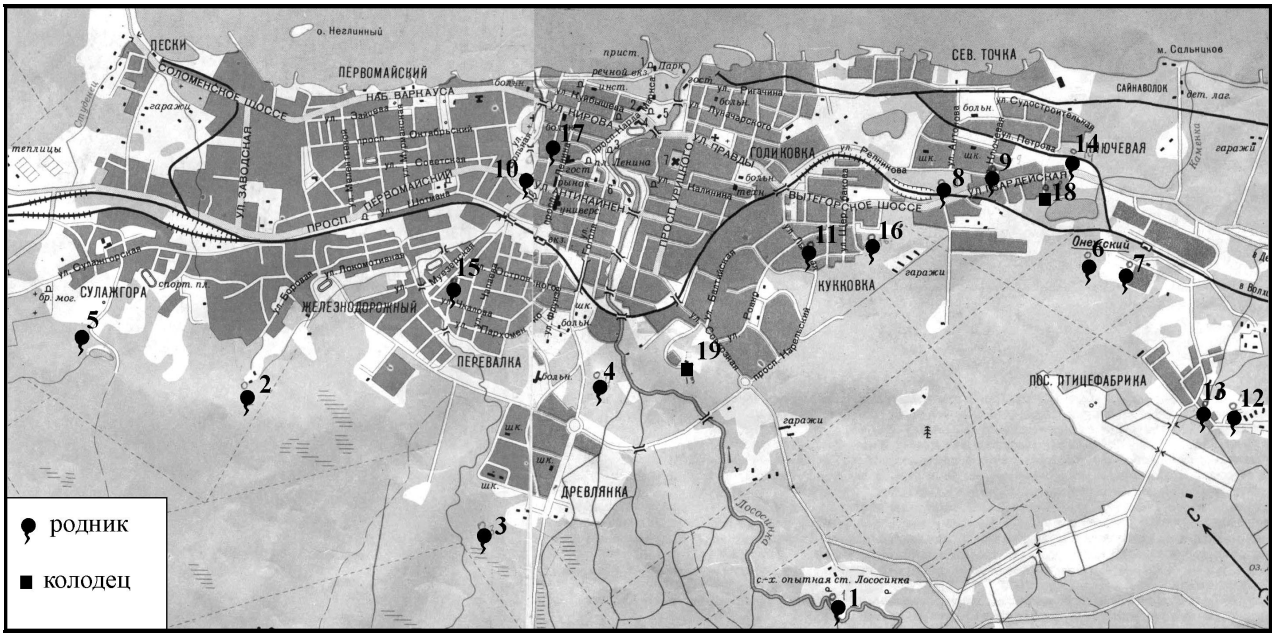


Рис. 3.8. Схема расположения родников и колодцев г. Петрозаводска

Kuva 3.8. Petroskoin lahteet ja kaivot

заводской Птицефабрики. Располагается на окраине сельхозугодий, на пологом склоне речной долины, в 100 м от русла реки, дает начало ручью. Родник восходящий, дебит около 2 л/с. Оборудован дощатым срубом. Для родниковой воды характерен стабильный по сезонам гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав с низким относительным содержанием остальных ионов. Отмечается повышенная концентрация железа (до 6 мг/л), марганца (до 1,2 мг/л), что обусловлено бескислородными условиями формирования. Минерализация составляет 0,27–0,31 г/л, pH изменяется от 6,9 до 7,1. Родник посещается редко, так как находится в удаленном от города месте, не имеет удобного подхода к воде, бурый осадок соединений железа вокруг и внутри сруба создает малопривлекательный вид, вода имеет железистый привкус. Но эти недостатки с точки зрения потребителя становятся преимуществом для сохранения родника в естественном состоянии как примера разгрузки подземной воды межморенного горизонта.

Родник № 2 («Сулажгорский») находится на территории бывшего стадиона «Трудовые резервы», у подножия юго-восточного склона Сулажгорской гряды. Водоносными являются песчано-гравийные отложения, залегающие на глинистой морене. Вдоль гряды наблюдаются многочисленные выходы подземных вод, один из которых с дебитом 0,5–0,6 л/с каптирован бетонным кольцом. Вода формируется в кислородных условиях, имеет минерализацию 0,19–0,21 г/л, по составу гидрокарбонатная кальциево-магниевая. После строительства новой дороги и ти vaikutelma. Vedessä on selkeä raudan lisämaku. Lähteen puutteet takaavat sen säilymisen luonnon tilassa ja se on hyvä esimerkki moreenien välisten kerrostumien pohjavedestä.

Lähde № 2 («Sulazgorski») sijaitsee «Trudovye rezervy» entisen stadionin alueella, Sulazgorskin harjun kaakkois-puolella. Sora- ja hiekkakerrostumien pohjavesivyöhykkeen alla on savimoreenia. Pitkin harjua on lukuisia pohjaveden purkautumispaikkoja, joista yksi lähde on varustettu betonirenkaalla ja sen antoisuus on 0,5–0,6 l/s. Vesi muodostuu hapettomissa olosuhteissa suolapitoisuuden ollessa 0,19–0,21 g/l, hydrokarbonaatti-, kalsium- ja magnesiumin luokkaa. Seudulle on rakennettu uusi tie, jonka jälkeen lähteestä on tullut erittäin suosittu kaupungin asukkaitten keskuudessa. Kaikista kaupungin lähteistä tämä on paras paikka juomaveden laadultaan. Ympärillä on kuormitusriskejä ja lähteen vettäjohtavat kerrostumat kaipaavat jo suojelua.

Lähde № 6 («Onezhski») sijaitsee Tchetyrehverstnojejärvestä lounaseen, Kljutchevaja kaupungin alueella, 300 metriä Onezski rataristeyksestä. Lähde on metsässä, pienen mäen pohjalla. Se antaa alun pienille puroille ja sen antoisuus on noin 2 l/s. Veden suolapitoisuus on pieni, verrattuna kahteen edellä mainittuun, 0,13–0,14 g/l, koostumus on hydrokarbonaatti-sulfaattiluokkaa ja magnesiumin ja kalsiumryhmää. Lähiseudun asukkaat käyttävät lähdettä juomavedenlähteenä.

Loput kaupungin lähteet ja kaivot ovat saastuneet ensisijaisesti nitraatilla ja kloridilla. Veden laatuarvot

устройства удобного подъезда родник пользуется огромной популярностью среди населения города. По питьевым качествам источник является лучшим среди родников города, но возросшая нагрузка без соблюдения надлежащих мероприятий по охране источника может привести к загрязнению водоносного горизонта.

Родник № 6 («Онежский») находится юго-западнее оз. Четырехверстное (Ключевая), в 300 м от ж/д разъезда Онежский. Родник располагается в лесу у подножия возвышенности, дает начало ручью с расходом около 2 л/с. Вода менее минерализована, чем в первых двух родниках, – 0,13–0,14 г/л, состав гидрокарбонатно-сульфатный магниево-кальциевый. Используется в питьевых целях в основном жителями ближайших районов.

Остальные городские родники и колодцы в той или иной степени загрязнены, в первую очередь нитратами и хлоридами. Практически все основные компоненты и показатели в воде источников за период наблюдения колебались в широком диапазоне. Почти в каждом водопункте нитраты в какой-то период превышали ПДК, а в двух источниках (Птицефабрика, ул. Челюскинцев) концентрации нитратов постоянно выше ПДК в несколько раз, что делает их полностью непригодными для питья. Концентрации микрокомпонентов, в том числе токсичных, в водах городских родников повышены по сравнению с фоновыми, но, как правило, далеки от предельно допустимых. Аномальные содержания определены в единичных пробах. Практически для всех родников и колодцев, расположенных в пределах города, характерно постоянное бактериальное загрязнение.

Привлекательность родниковой воды для жителей г. Петрозаводска заключается в ее выгодном отличии по органолептическим свойствам (цвету, запаху, вкусу) от водопроводной. В целом подземная вода физиологически более благоприятна для потребителей, поскольку содержит большее количество растворенных компонентов, в том числе биологически важных для человека (магний, кальций, микроэлементы). Но формирование химического состава грунтовых вод происходит на территории, на которой сконцентрированные разнопрофильные производства, перенасыщенная транспортная сеть и большие объемы промышленных и бытовых отходов создают максимальные нагрузки на все компоненты окружающей среды, в том числе на подземные воды. Наибольшее влияние на изменение химического облика грунтовых вод оказывает хозяйственно-бытовая деятельность человека, и максимальная степень загрязнения отмечается в неблагоустроенных районах города.

Рассматривать родники на территории Петрозаводска как альтернативный источник питьевой воды не следует. Они являются ландшафтными

vaihtelevat hyvinkin paljon. Nitraattipitoisuudet jonakin vuoden aikana ylittävät sallitut tasot, kahdessa tapauksessa (siipikarjatila ja Tcheljuskintsevkatu) nitraattipitoisuudet ylittävät vaatimukset monikertaisesti ja lähteiden hyväksikäyttö on mahdotonta. Hivenaineiden pitoisuudet, mm. myrkyllisten aineiden kohdalla, ovat suurempia tausta-arvoihin verrattuna. Ne pysyvät, kuitenkin, suurten sallittujen rajojen alapuolella. Vain satunnaisesti on havaittu hyvin poikkeavia pitoisuuksia. Kaikkien kaupungin kaivojen ja vesilähteiden bakteriologinen tila on huono.

Lähdeveden vetovoimana Petroskoissa pidetään hyviä aistinvaraisia arvoja: väri, maku ja haju. Lähdevesi tässä mielessä on parempi vesijohtoveteen verrattuna. Fysiologian näkökulmasta lähdevesi sopii paremmin kuluttajille, koska se sisältää liuenneita aineita, jotka ovat tärkeitä ihmisten terveydelle – magnesiumin, kalsium, hivenaineet. Toisaalta pohjavesivarat muodostuvat alueella, jolle on kehittynyt paljon teollisuutta ja liikenneväyliä. Alueella on myös jätehuollon puutteellisuudesta johtuvaa kuormitusta. Heikolla mukavuustasolla varustettujen asuintaloalueiden pohjavedet ovat yleensä eniten kuormitettuja. Yksityiskohtaisesti pohjavesien kehitysolosuhteet on jo esitetty kohdassa 3.2.

Petroskoin alueen vesilähteet eivät ole osa kaupungin vesihuoltojärjestelmää eikä niillä ole sellaista roolia tulevaisuudessa. Toisaalta lähteet ovat tärkeä elementti maisemassa ja voisivat olla eri koristerakenteiden, installaatioiden olennaisena osana. On syytä suojella lähteitä kaupungin reuna-aluilla, koska siellä ne ovat melkein luonnon tilassa. Samalla tavalla toimenpiteet on suoritettava Karjalan Tasavallan kaikissa taajamissa. Kuten on jo sanottu Petroskoin vesihuoltoa on vaikeata kehittää kvarttäärikauden kerrostumien pohjavesien varaan, mutta monien pienten Karjalan taajamien tapauksessa se on täysin mahdollista.



образованиями, могут быть включены в архитектурные проекты, композиции и т. д. А на окраинах города, где родники пока еще сохранили естественное состояние, необходимы определенные меры по охране подземных вод. В полной мере это касается и других населенных пунктов Карелии. И если для Петрозаводска водоснабжение за счет водоносных горизонтов различного возраста представляет большую проблему, решение которой требует значительных затрат, то для многих небольших городов и поселков Карелии вполне реально организовать водоснабжение за счет подземных вод четвертичных отложений.



ГЛАВА 4

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАРЕЛИИ



OSA 4

KARJALAN VESISTÖJEN INVENTAARIO JA SEURANTA

4.1. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

4.1 PINTA- JA POHJAVESIEN INVENTAARIO

Для учета, инвентаризации поверхностных и подземных вод на территории Республики Карелия были созданы географическая информационная система (ГИС) «Каталог озер и рек Карелии» и современная информационная система, которые позволяют:

- систематизировать существующую информацию о водных объектах и водных ресурсах;
- обеспечивать официальной информацией о водных объектах все субъекты водных отношений;
- производить объективную оценку состояния водных объектов по качественным и количественным показателям;
- разрабатывать математические модели водных объектов для прогноза изменения их состояния;
- осуществлять текущее и перспективное планирование использования вод;
- обоснованно устанавливать плату за пользование водными объектами.

Каталог водных объектов Республики Карелия (Каталог.., 2001) охватывает территорию Карельского гидрографического района. В данный каталог включены реки, озера и водохранилища, имеющиеся на современной картографической основе – векторных картах в форматах ArcView и MapInfo масштаба 1 : 1000 000. Каталог, кроме того, что он приводится в бумажном виде, представлен также на компакт-диске (CD): в геоинформационных системах (ГИС), рассчитанных на опытных специалистов, и в разработанной лабораторией кибернетики Института прикладных математических исследований КарНЦ РАН (Лебедев и др., 2000а, б) информационно-справочной системе (ИСС), которая вполне доступна и для неподготовленного пользователя.

В республике за последние 30–40 лет произошли существенные преобразования природной среды (построены новые водохранилища, выполнена мелиорация, вырубаются леса и пр.). Предыдущее издание Каталога озер Карелии относится к 1959 г. (Григорьев, Грицевская, 1959), а кадастра – к 60-м гг. XX века (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972). В связи с этим стояла задача создать каталог водных объектов с учетом ранее разработанных справочных изданий, но на новой картографической основе и с использованием электронных цифровых карт и современных ГИС-технологий. ГИС-версия каталога позволяет совме-

Karjalan Tasavallan pinta- ja pohjavesivarojen rekisteröintiä varten kehitettiin «Karjalan järvet ja joet» -nykyaikainen paikkatietojärjestelmä, jonka avulla voidaan:

- systematisoida vesistö- ja vesivarojen olemassa olevia tietoja;
- toimittaa kaikille «vesisuhdeviranomaisille» virallisia tietoja vesistöistä;
- suorittaa vesistöjen tilan muutosten objektiivisia arvioita käyttämällä laadullisia ja määrällisiä parametreja;
- kehittää vesistöjen matemaattisia malleja ja arvioida tilan muutoksia ennusteita varten;
- suorittaa vesivarojen operatiivista hallintaa ja tehdä vesivarojen käytön kehittämissuunnitelmia;
- määrittää vesistöjen käyttömaksutariffeja.

Karjalan Tasavallan vesistörekisteri (Каталог.., 2001) kattaa koko ns. Karjalan Tasavallan hydrograafisen alueen. Re-kisterissä on kaikki joet, järvet ja tekojärvet, jotka on merkitty nykyisille karttapohjille eli vektorikartoille ArcView ja MapInfo -formaateissa ja 1 : 1 000 000 mittakaavassa. Rekisteri on tehty paperille ja asiantuntijoille myös CD:lle paikkatietojärjestelmän pohjalla. Sen lisäksi Karjalan tietokeskuksen sovellusmatematiikan tutkimuslaitoksen kybernetiikan osastossa (Лебедев и др., 2000а, б) on laadittu tietojärjestelmä, jota myös kokematon käyttäjä pystyy käyttämään.

Viimeisten 30-40 vuoden aikana tasavallan ympäristön olosuhteet ovat muuttuneet. Uusia tekojärviä on rakennettu, mittavia maanparannushankkeita ja metsähakkuita toteutettu. Edellinen «Karjalan Tasavallan järviluettelo» ilmestyi vuonna 1959 (Григорьев, Грицевская, 1959). Edellinen «Vesivarojen kadasteri» ilmestyi vuonna 1965 (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972). Juuri sen takia tavoitteena on ollut laatia vesistörekisteri ihan uudella, nykyaikaisella karttateknologialla, digitaalimuodossa paikkatietojärjestelmän (GIS) avulla. Rekisterin GIS-versio antaa mahdollisuuden yhdistää, vertailla ja analysoida tilasto- ja muut tiedot karttojen kanssa ja sen lisäksi dataa voidaan uusia ja päivittää käyttämällä myös kaukomenetelmillä saatuja tietoja. Ensivaiheessa Karjalan Tasavallan joki- ja järvire-

щать, сопоставлять, проводить сопряженный анализ различных видов географически привязанной тематической и статистической информации и периодически оперативно обновлять и дополнять базу данных. Обновление карт, их актуализация, контроль состояния водоемов и водосборов выполняются по данным дистанционного зондирования. Электронный Каталог озер и рек РК на первой стадии разработки представляет собой аналог традиционной (бумажной) версии. Электронная версия Каталога является законченным информационно-технологическим продуктом, представляющим широкие возможности по накоплению, визуализации, обновлению, анализу и моделированию пространственно определенной информации в прикладных и познавательных целях.

Главными задачами при создании каталога являлись:

- общая оценка гидрографической структуры территории, количественных и качественных характеристик водных ресурсов;
- проведение инвентаризации всех озер и рек на территории РК, имеющихся на карте масштаба 1 : 1000 000, присвоение им кадастровых (идентификационных) номеров и включение в электронную базу данных, созданную средствами ГИС;
- оценка распределения озер и рек по бассейнам морей (Белого и Балтийского) и основным речным водосборам;
- классификация озер и рек по размерам, определение общей численности всех озер и рек по картам масштаба 1 : 1000 000 и расчет для каждого из внесенных в реестр водных объектов их основных морфометрических характеристик.

Перед нами стояла задача разработки каталога в бумажной и цифровой форме на базе наиболее широко распространенных пакетов программ ГИС, таких как ArcView GIS 3.2, ArcAvenue, ArcView Spatial Analysis, MapObjects LT, ERDAS, MapInfo и на основе лицензионной цифровой карты ГП «Севзапаэрогеодезия» (Роскартография). Однако в большинстве министерств и ведомств республики нет единообразия в применении лицензионных программных средств ГИС, в некоторых организациях нет подготовленных специалистов-пользователей ГИС. В этом случае решалась задача – на основе указанных программных и технических средств разработать информационно-справочную систему для широкого круга пользователей в Республике Карелия. В этой ИСС заложены все возможности геоинформационной системы, но с простым, дружественным, понятным для любого пользователя интерфейсом для персональной ЭВМ.

Используются следующие функции ГИС: поддержание и корректировка электронных карт, создание тематических слоев и баз данных, картометрические

kisteriä kehitettiin kuitenkin perinteisen paperiversion pohjalta. Rekisterin digitaalinen versio on valmistettu infoteknologisena, johon voidaan jatkossa monipuolisesti rakentaa lisää eli syöttää lisää tietoja, esittää ja analysoida tuloksia sekä käyttää tietoja malli- ja opetustehtävissä.

Rekisterin päätavoitteina on ollut:

- alueen hydrograafisen rakenteen yleiskuvaus, vesivarojen laadulliset ja määrilliset arvot;
- Karjalan Tasavallan alueen kaikkien 1 : 1 000 000 mittakaavaisten karttojen jokien ja järvien inventaario, koodinumerointi (identifiointinumerointi) ja syöttö GIS-tietojärjestelmään;
- jokien ja järvien sijoittaminen Vienan ja Itämeren vesistöalueiden mukaisesti ja tärkeimpien jokivaluma-alueiden mukaisesti;
- jokien ja järvien luokittelu niiden koon mukaan, jokien ja järvien lukumäärien määrittely 1 : 1 000 000 kartan mukaan, vesistöjen morfologisten arvojen määrittely ja tietojen syöttö rekisteriin.

Tavoitteena oli rekisterin laadinta paperiversiona ja digitaalisessa muodossa suositeltujen paikkatietojärjestelmäohjelmien avulla: ArcView GIS 3.2, ArcAvenue, ArcView Spatial Analysis, MapObjects LT, ERDAS, MapInfo, kun pohjana oli Sevzapaerogeodesia (Roskartografia) – laitoksen digitaalisen kartan laillinen versio. Kuitenkin Venäjän ministeriöillä ei ole käytössä yhtä ja samaa paikkatietojärjestelmäohjelmaa ja sen lisäksi jossakin virastossa ei ole koulutettua GIS-asiantuntijaa. Juuri sen takia tavoitteena oli myös kehittää Karjalan Tasavallan käyttäjäystävällinen tietojärjestelmä, jolla olisi kaikki GIS-järjestelmän ominaisuudet ja samanaikaisesti yksinkertaiset ja selkeät mikrotietokoneen palvelumahdollisuudet.

Paikkatietojärjestelmässä on käytössä seuraavat ominaisuudet: digitaalisten karttojen käsittely ja päivitys, teemakerrosten ja tietokantojen laadinta, karttamittaukset, tietojen käsittely ja mallintaminen ym. Sen lisäksi tasavallan viranomaisille kehitetään erilaisia GIS-sovelluksia.

Teemakerrosten muodostamisessa, luokitustehtävien ratkaisussa ja ennustetoiminnassa käytetään erilaisia tilastomenetelmiä. Päivitetyt tiedot systematisoidaan vastaavan aiheen rakennerungon mukaisesti, joka perustuu aiheen käsitteiden kuvaamiseen asykligraafin (ациклический граф) muodossa (eikä puumuodossa). Tämä ominaisuus antaa käyttäjille mahdollisuuden päästää tietokantoihin tai niiden alatiedostoihin joko yksinkertaisen nimen tai avainsanan avulla (Лебедев и др., 2000а, б). Tietokantaan voidaan päästää verkon tietokoneesta asiakasmodulin kautta eikä tietokoneeseen ole edes tarvetta asentaa kallista GIS-ohjelmapakettia (esimerkiksi ArcView tai MapInfo). Moduulilla on kuitenkin kaikki

операции, обработка баз данных, моделирование и др. Для обеспечения информацией государственных органов республики создаются прикладные системы с элементами ГИС-технологий.

При формировании многих тематических слоев, решении задач классификации и прогнозирования используется комплекс статистических методов. Собранная и обновляемая информация систематизируется на основе структуры знаний о предметной области, которая отображает отношения между понятиями и представляется ациклическим графом общего вида (не деревом). Это обеспечивает удобный доступ к фрагментам знаний, как по их названиям, так и по ключевым словам (Лебедев и др., 2000а, б). Доступ к фрагментам знаний осуществляется с любого компьютера сети при помощи клиентского модуля, не имеющего в своем составе дорогостоящих пакетов ГИС (типа ArcView, MapInfo). В то же время этот модуль обеспечивает выполнение основных геоинформационных функций, а также многих функций обработки данных. Для этого разработана прикладная ГИС на базе Fox Pro и/или Paradox и MapObject LT. Основу ГИС образует exe-модуль, включающий реляционную систему управления базами данных (СУБД), набор функций взаимодействия с базами данных, электронной картой, шейп-файлами, формирования запросов через оконные меню, визуализации и печати. Основу информационного наполнения системы, кроме электронной карты и баз данных, составляют иерархический каталог баз данных, тематических карт и пояснительных текстов, списки названий объектов на карте и серия оконных меню интерфейса с пользователем. Базы данных, содержащие пространственно распределенные данные, связаны через шейп-файлы с соответствующими тематическими слоями. ГИС, разработанная на основе лицензионных программных средств, и ИСС переданы пользователю – Комитету природных ресурсов по РК на компакт-диске (рис. 4.1). Они также могут быть внедрены и в других учреждениях после необходимой доработки с учетом специфики каждой конкретной организации. На основе электронной версии «Каталог озер и рек Республики Карелия» издан в виде книги с приложением ИСС на компакт-диске (Каталог.., 2001).

На основе электронной базы данных и ГИС озер и рек была впервые создана ГИС гидротехнических сооружений РК. В процессе деятельности были разработаны табличные формы для различных типов гидротехнических сооружений, проведена выборка необходимой информации. Всего в базе данных было учтено 214 сооружений, в том числе:

1. сооружения питьевого и промышленного водоснабжения, насосные станции, водозаборы – 29;

2. сооружения энергетического назначения, плотины – 21;

tärkeimmät paikkatietojärjestelmän ominaisuudet ja funktiot, mm. tietojen käsittelyn mahdollisuudet. Sen takia on kehitetty paikkatietojärjestelmän sovellusohjelma Fox Pro ja/tai Paradox ja MapObject LT -ohjelman perusteella. Paikkatietojärjestelmän pohjana on exe-moduuli, jossa on relationaalinen tietojen käsittelyjärjestelmä, tietokantojen vuorovaikutusfunktiot, digitaalinen kartta, shape-tiedostot, «ikkuna-menu» -hakumahdollisuudet, tietojen esittely eli visualisointi sekä tulostus. Digitaalisen kartan lisäksi järjestelmän tietokannan pohjana on tietokantojen hierarkialuettelo, aihekarttoja, selitystekstit, kohdeluettelo ja useita käyttäjien «ikkuna-menu» interface. Tiettyyn paikkaan tai pinta-alaan yhdistetyt tiedot ja tietokannat shape – tiedostojen kautta on yhdistetty vastaaviin aihekarttoihin.

Paikkatietojärjestelmän sekä tietojärjestelmän CD-versio, joka on kehitetty laillisen ohjelmapaketin



Исполнители:

Филатов Н. Н., Перский Н. Е., Литвиненко А. В., Кекконен В. В., Зубова А. А., Виноградова Н. В. – ***Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН***

Лебедев В. А., Брагин С. В., Старкова В. Г. – ***Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН***

ГП «Аэрогеодезия» –
цифровые карты масштаба 1 : 1 000 000

Рис. 4.1. Каталог озер и рек Республики Карелия на компакт-диске

Kuva 4.1. Vesistörekisteri CD:llä

3. сооружения транспортного назначения – 24;
4. накопители – 6;
5. канализационные сооружения – 113;
6. ГТС рыбохозяйственного назначения – 2;
7. ГТС комплексного назначения – 9;
8. ГТС мелиоративного назначения – 6;
9. порты и дамбы – 4.

В рамках проекта с финскими партнерами (фирмы «Finmap» и «Земля и вода», Центром окружающей среды) были выполнены работы по развитию гидрологических и лимнологических баз данных бассейна р. Шуи на основе ГИС-технологий. Особое внимание было уделено инвентаризации подземных вод в Карелии, созданию соответствующих ГИС.

Актуальность настоящего проекта состояла в том, что в России до сих пор до конца не определены общероссийские подходы к разработке геоинформационных систем для целей мониторинга водных объектов, оценки запасов и качества вод с точки зрения использования их для питьевого водоснабжения. Важно было также выполнить сравнительный анализ подходов к оценке качества вод, организации баз данных и ГИС, необходимых, в частности, для пограничных водных систем. Интерес к этой работе еще более возрастает, поскольку РК граничит с Финляндией – членом ЕС, в котором действует Водная Директива 2000 г. При этом должно быть соблюдено и российское законодательство, в частности, Водный кодекс. В соответствии с перечисленным кругом задач для устойчивого, рационального использования, охраны водных ресурсов РК необходимо в первую очередь выполнить их инвентаризацию, создать реестр и кадастр. После создания реестра (реестр озер и рек РК был создан ИВПС в 1999 г. по цифровой основе 1 : 1000 000) и при выполнении обобщения по запасам и качеству подземных и поверхностных вод возможно решение практических задач обеспечения населения РК качественной питьевой водой и прежде всего из подземных источников – как альтернативных относительно загрязненным и с низким природным качеством поверхностных водоисточников. Такая информационная система должна быть совместима с информационными системами смежных отраслей экономики и системами водного управления разных уровней. На первом этапе создаваемая геоинформационная система охватывала данные мониторинга и кадастровую информацию. Важной задачей проекта, в особенности для основного исполнителя – ИВПС, была реализация концепции «Возрождение Карелии» по разделу *10.2.17 Политика в области водного хозяйства* и создание геоинформационной системы о водных ресурсах Республики Карелия, их качестве для решения прикладных и научных задач.

В результате реализации проекта Республика Карелия получает готовые разработки для использования

perusteella, on jo toimitettu käyttäjälle eli Karjalan Tasavallan luonnonvarojen komitealle. Tietyn virityksen jälkeen kumpaakin järjestelmää voi muutkin viranomaiset käyttää hyväksi ottaen huomioon niiden erikoisvaatimukset (kuva 4.1). «Karjalan Tasavallan joet ja järvet» -katalogin sähköversion avulla on julkistettu myös kirja, joka toimitetaan CD-liitteen kanssa. CD sisältää edellä mainitun tietojärjestelmän (Каталог.., 2001).

Karjalan Tasavallan luonnonvarojen komitea on tilannut myös vesirakenteiden, vesirakennuskohteiden inventaarioselvityksen ja vastaavan tietokannan ja paikkatietojärjestelmän kehittämistyön. Työ on tehty myös käyttäjäystävällisellä periaatteella. Tietokanta sisältää myös kuvia, valokuvia ja kaavioita. Lopputulos on koottu CD:lle ArcView GIS 3.2 formaatissa. Työ on suoritettu Karjalan Tasavallan vesistöjen paikkatietojärjestelmän avulla, joka on laadittu nykyaikaisen 1 : 1 000 000 digitaalisen kartan pohjalle. On korostettava, että vesirakennuskohteiden rekisteri ja paikkatietojärjestelmä on laadittu Karjalan Tasavallassa ensimmäistä kertaa. Työn aikana vesirakennuskohteiden tietoja esitettiin ja käsiteltiin taulukkomuodossa. Tietokanta sisältää 214 kohdetta, joita ovat mm:

1. teollisuus- ja yhdyskunnan vesihuoltolaitokset, pumppaamot, vedenottamot – 29 kpl;
2. voimalaitosten rakenteet, padot – 21 kpl;
3. liikennerakenteet – 24 kpl;
4. säiliöt – 6 kpl;
5. jätevesiputkistot / verkot – 113 kpl;
6. kalatalouskohteet – 2 kpl;
7. monenlaisia vesirakennuskohteita – 9 kpl;
8. maaparannusjärjestelmät – 6 kpl;
9. satamat ja padot – 4 kpl.

Jokaisen kohteen sijainti määritettiin 1 : 200 000 kartalla olemassa olevien paperikaavojen avulla. Tietokantaan kuuluvat seuraavat tiedot: kohteen lyhyt kuvaus taulukkomuodossa, tarkat tiedot dbf – tiedostossa. Saman kohteen taulukko- ja dbf – tiedostoilla on yhteys kohteen saman numeron ja nimen kautta. Kartan esittelymuodon värit voidaan muokata käyttäjän vaatimusten ja kartan merkkiselitysten mukaisesti.

Yhteistyössä suomalaisten asiantuntijoiden (Finnmap, Maa ja Vesi Oy, Suomen ympäristökeskus) kanssa valmistettiin Suojoen hydrologian ja limnologian tietokanta paikkatietojärjestelmän avulla. Erityistä huomiota kiinnitettiin Karjalan Tasavallan pohjavesien inventaariotyöhön ja vastaavan GIS-järjestelmän tekemiseen.

Hanke oli hyvin ajankohtainen, sillä koko Venäjällä toistaiseksi ei oltu tehty päätöstä paikkatietojärjestelmien kehittämisestä vesistöjen seurantatoiminnassa sekä vesivarojen arviosta ja käytöstä

локальной базы данных и применения ее в дальнейшем для всей территории республики.

Цели

- Создание геоинформационной системы о водных ресурсах Республики Карелия, их качестве для решения прикладных и научных задач.
- Реализация концепции «Возрождение Карелии» по разделу *10.2.17 Политика в области водного хозяйства.*
- Развитие и совершенствование структуры управления водопользованием, государственного водного контроля, системы информационного обеспечения.
- Совершенствование системы мониторинга водных объектов, ведение кадастра водных объектов.
- Создание ГИС и баз данных гидрологических и химико-биологических параметров водных объектов на основе современных информационных технологий, совместимых с российскими и зарубежными системами.
- Повышение достоверности, точности исходных данных и увеличение объема собираемой информации, совершенствование системы их хранения, обработки и анализа для ускорения представления их потребителям, в том числе для принятия решений.
- Создание информационных систем о водных объектах для подготовки материалов, необходимых для принятия управленческих решений, практических рекомендаций.
- Проведение работ по адаптации методов мониторинга, сбору данных, созданию ГИС в соответствии с Водным кодексом РФ и Проектом Финляндии о политике в области водного хозяйства.

С учетом сложности поставленных задач и ограниченного периода времени ГИС для комплексной оценки водных ресурсов и, в частности, подземных вод разрабатывалась на примере опытного участка (пилот-территории) бассейна р. Шуи. При этом структура данных и интерфейс создавались с учетом возможности их расширения для всей территории Республики Карелия.

Геоинформационная система создана с использованием лицензионных цифровых карт ГП «Севзапаэрогеодезия» и программных продуктов ArcView®GIS и Erdas Imagine и содержит информацию и средства ее обработки по поверхностным водам бассейна р. Шуи по следующим разделам:

– гидробиологические и гидрохимические показатели по озерам и рекам с характеристикой качества вод;

– гидрохимические показатели по точкам отбора проб;

– данные по стоку рек;

– метеорологические данные по станциям;

– частные водосборы крупных речных и озерных систем;

– дополнительные данные по озерам (в виде отсканированных рисунков);

vesihuollossa. Työ oli myöskin tärkeä, koska jouduimme vertailemaan eri paikkatietojärjestelmiä ja tietokantoja rajavesistöalueella. Karjalan Tasavallan naapurimaa on Suomi, joka on Euroopan Unionin jäsen ja siellä on jo sovellettu vuonna 2000 voimaantullutta ns. vesipuitedirektiiviä. Rajavesistöjen suhteen on myös noudatettava Venäjän lainsäädännön vaatimuksia, esimerkiksi maan «Vesikodeksia». Karjalan Tasavallan vesivarojen käyttö järkevällä ja kestävällä pohjalla edellyttää vesivarojen inventaariota, vesistöjen luettelointia ja rekisterin laatimista. Vuonna 1999 Pohjoisten alueiden vesistötutkimuslaitos on laatinut Karjalan Tasavallan jokien ja järvien 1 : 1 000 000 digitaalisen karttarekisterin. Sen jälkeen selvitettiin pinta- ja pohjavesivaroja ja laatumuutoksia. Tehdyn työn perusteella voidaan kehittää Karjalan Tasavallan vesihuoltoa, ennen kaikkea pohjaveden käyttöä. Tietojärjestelmän on oltava yhteensopiva muiden talousalojen sekä muiden vesitalouden tietojärjestelmien kanssa. Jo ensivaiheessa paikkatietojärjestelmän on otettava huomioon seurantatulokset ja muut rekisterin tiedot.

Projektin tärkeänä tavoitteena, varsinkin johtavan toteuttajan eli vesistöjentutkimuslaitoksen kohdalla, oli «Karjalan uudelleensyntyminen» – konseption ja sen 10.2.17 eli «Vesitalouspolitiikka»-osion toteuttaminen. Karjalan Tasavallan vesivarojen paikkatietojärjestelmä palvelee tutkimus- ja sovellustehtäviä.

Projektin tuloksena on valmis tietojärjestelmä, jota jatkossa voidaan käyttää hyväksi koko tasavallan alueella.

Tavoitteet

- Karjalan Tasavallan vesivarojen paikkatietojärjestelmän kehittäminen tutkimus- ja sovelluskäyttöön
- «Karjalan uudelleensyntyminen» – konseption 10.2.17 – «Vesitalouspolitiikka» – jakson toteuttaminen
- Vesihallinnon kehittäminen, valtion valvonnan kehittäminen; tiedottaminen
- Vesistöjen seurantatoiminnan kehittäminen, vesistörekisterin pitäminen
- Nykyaikaisten hydrologian, vesikemian ja biologian tietojärjestelmien kehittäminen ja päivittäminen. Tietojärjestelmien on oltava yhteensopivia muiden Venäjän ja ulkomaalaisten tietojärjestelmien kanssa
- Perusdatan edustavuuden ja tarkkuuden lisääminen. Tietojen käsittelyn ja säilyttämisen parantaminen ja toiminnan nopeuttaminen. Käsiteltyjen tietojen analysointi ja toimittaminen päätöstekoa varten
- Vesivarojen tietojärjestelmien tulosten käyttö päätöstenteossa ja käytännön suositusten laadinnassa
- Seurantamenetelmien soveltamisselvitys, tietojen keruu, paikkatietojärjestelmän kehittäminen

– факторы риска различного типа;
– базовые цифровые карты (озера, реки, дороги, населенные пункты и пр.);
– растровая карта территории бассейна (в формате tif);
– космические снимки.

В современной географической информационной системе в качестве одного из компонентов должны содержаться данные дистанционного зондирования. Снимки, принятые со спутника, могут использоваться для обновления информации о природных объектах, получения информации о современном состоянии исследуемого природного объекта, для решения задач длительного мониторинга.

Разработанный в Институте водных проблем Севера проект по поверхностным водам бассейна р. Шуи как современная система включает в себя данные дистанционного зондирования. Они представлены космическими снимками интересующего района за несколько лет. Сканерный снимок был сделан со спутника Ресурс-01 камерой МСУ-Э с разрешением 30 м. Другой многозональный снимок сделан в четырех каналах: 0,5–0,6 мкм, 0,6–0,7 мкм, 0,7–0,8 мкм, 0,8–1,0 мкм. Его пространственное разрешение – 120 м. Снимки охватывают всю территорию Карелии, в том числе и весь бассейн р. Шуи. Второй сканерный снимок сделан с космического аппарата Ресурс-01, камерой МСУ-СК в 1997 г. Пространственное разрешение снимка – 120 м, спектральные диапазоны – 0,5–0,6 мкм, 0,6–0,7 мкм, 0,8–0,9 мкм. В июле 1999 г. был сделан панхроматический снимок с искусственного спутника Земли «Космос»–Ф разрешением 10 м, спектральные диапазоны этого снимка – 0,52–0,57 мкм, 0,64–0,69 мкм, 0,81–0,9 мкм. При сканировании снимка определенные погрешности, возникшие при повороте фотографии в одном спектральном диапазоне относительно другого, были исправлены, но разрешение снимка снизилось до 20 м, причем остались неточности, связанные со считыванием яркости отдельных пикселей сканером. Подготовка снимков к обработке заключалась в привязке их к географическим координатам, далее следовал процесс начальной необучаемой классификации, подборки каналов и регулирования яркости-контраста для визуализации.

Для прогнозирования состояния водоема также необходимо учитывать динамику изменения качества воды и земель, окружающих водоем. Данные дистанционного зондирования за несколько лет позволяют эффективно решить проблему изучения динамики изменения состояния и прилегающих территорий. Однако возникает необходимость в разработке собственных программ для исследования динамики по нескольким снимкам, поскольку в ERDAS Imagine 8.4 Essential не включены необходимые модули обработки серии снимков. В настоящее время об изменении качества Venäjän Federaation Vesilainkokoelman ja Suomessa toteutettavan vesipuitedirektiivin mukaisesti.

Edellä mainitut tavoitteet ovat varsin monipuolisia ja vaikeita. Sen lisäksi projekti on toteutettu lyhyessä ajassa ja juuri sen takia vesivarojen ja ennen kaikkea pohjavesivarojen paikkatietojärjestelmää kehitettiin ensin niin sanotulla kokeilu tai «pilottialueella», joka oli Suojoen valuma-alue. Tietojärjestelmän rakenteet ja interface olivat sellaiset, että tulevais-uudessa järjestelmä kattaa koko Karjalan Tasavallan alueen.

Paikkatietojärjestelmä on perustettu valtion yrityksen «Aerogeodesia» digitaaliselle lisenssikartalle käyttäen ArcView®GIS ja Erdas Imagine -ohjelmia. Järjestelmä sisältää Suojoen valuma-alueen pintavesistöjen seuraavia tietoja ja aiheita:
– järvien ja jokien vesikemian ja hydrobiologisia arvoja ja vedenlaatukuvauksia;
– näytteenottopaikkoihin sidotut vesikemian analyysitulokset;
– jokien valunta- ja virtaamatiedot;
– asemien säätiedot;
– suurten jokien ja järvien valuma-aluetietoja;
– järvien muita tietoja (skannatut kuvat);
– eri riskitekijät;
– digitaaliset peruskartat (järvet, joet, tiet, taajamat jne.);
– valuma-alueen rasterikartta (tif-tiedostona);
– kaukokartoitus- / satelliittikuvat.

Kaukokartoituskuvat kuuluvat nykyaikaiseen paikkatietojärjestelmään. Satelliittikuvia voidaan käyttää luontokohteiden nykytilanteen arvioinnissa ja pitkäaikaisessa seurantatehtävissä. Pohjoisten alueiden vesistötutkimuslaitoksen Suojoen valuma-alueen pintavesistöjen tietojärjestelmään kuuluvat kaukomenetelmillä saadut tiedot. Ensimmäinen skannauskuva otettiin Resurs-01 satelliitin MSU-E – kameralla, kuvan erotusväli on 30 metriä, vuonna 1996 heinäkuussa. Seuraava valokuva on otettu neljän aallonpituuden avulla: 0,5–0,6 µm, 0,6–0,7 µm, 0,7–0,8 µm, 0,8–1,0 µm, sen erotuskyky on 120 m. Kuva kattaa koko Karjalan Tasavallan, mm. Suojoen valuma-alueen. Vuonna 1997 otettiin toinen skannauskuva Resurs-01 satelliitin MSY-SK-kameralla, sen erotuskyky on 120 m, spektrin aallot: 0,5–0,6 µm, 0,6–0,7 µm, 0,8–0,9 µm. Vuonna 1999 heinäkuussa otettiin pankromaattinen kuvan «Kosmos-F» -satelliitin avulla ja sen erotuskyky oli 10 m, kuva on saatu 0,52–0,57 µm, 0,64–0,69 µm, 0,81–0,9 µm aallonpituudella. Skannauksen yhteydessä mitattiin ja poistettiin virheet, jotka syntyivät kuvien kierrosta, mutta kuvan erotuskyky laski 20 metriin. Kuvassa on tietyt epätarkkuudet, jotka johtuvat eri pikseleiden eri kirkkaudesta. Kuvien esikäsittelyn aikana selvitettiin maantieteelliset koordinaatit, sen jälkeen kuvien tiedot visualisoitiin: korjattiin kirkkautta ja kontrastia.

ства вод, увеличении обрабатываемых земель и городских территорий, о постройке новых дорог можно судить только при визуальном сравнении снимков одной территории за разные годы.

Для решения поставленных задач в первую очередь требовалось создать современную цифровую картографическую основу и собрать и обобщить большой объем данных по гидрологическим, метеорологическим и химико-биологическим характеристикам водоемов бассейна р. Шуи. Основной объем сведений был получен в результате длительных восьмилетних наблюдений по программе мониторинга водных объектов, а также по данным наблюдений на сети станций гидрометеослужбы (ГМС).

Разработка ГИС была начата с подготовки данных и разработки классификации качества поверхностных вод. Создана растровая карта на район пилот-территории. При получении цифровой карты (июнь 2000 г.) проведены следующие работы:

– оценка соответствия имеющейся растровой карты и полученной цифровой;

– определение по рельефу и изменение границ водосбора;

– создание единой линии реки для рек, имеющих кадастровые номера (работа проводилась с использованием цифровой карты М 1 : 1000 000, имеющейся в ИВПС, растрового изображения и бумажных карт М 1 : 200 000);

– привязка к цифровой карте данных по озерам (название, площадь, периметр, глубина, координаты центра) и кадастровым рекам (название, место впадения, длина, площадь водосбора, координаты истоков и устьев). Информация заносилась из базы данных по Республике Карелия на основе цифровой карты М 1 : 1000 000, для чего устанавливалось соответствие положения каждого гидрографического объекта;

– создание точечных тем с привязанной к ним информацией:

– создание тем: по классификации качества поверхностных вод, геохимическим классам и трофности;

– создание границ частных водосборов крупных речных и озерных систем (в базу внесены данные: название бассейна, количество рек и озер в каждом частном водосборе).

Работа в ГИС

Основной интерфейс программы ArcView позволяет проводить различные пространственные анализы и вычисления с выделенными данными (рис. 4.2).

Для удобства работы пользователя были написаны программы перемещения изображения карты, обзора текущего местоположения.

Vesistöjen tilan ennustamisessa on otettava huomioon vedenlaadun ja ympäristön maaperän muutokset. Kaukomenetelmillä saadut tiedot mahdollistavat tehokkaasti alueiden muutosten dynamiikan seuraamisen. Toisaalta kuvien käsittelyssä tarvitaan omaperäisiä ohjelmia, koska ERDAS Imagine 8.4 Essential -paketissa ei ole kuvasarjojen käsittelymoduuleita. Tällä hetkellä vedenlaatumuutoksia, peltojen ja kaupunkien pinta-alan muutoksia ja maateiden rakentamista voidaan seurata kuvien perusteella vain visuaalisesti.

Tavoitteiden saavuttamiseksi ensiksi laadittiin nykyaikaisen kartan digitaalinen pohja, kerättiin Suojoen valuma-alueen hydrologisia, meteorologisia, vesikemiallisia ja biologisia tietoja. Eniten tietoja saimme vesistöjen seurantatoiminnasta ajalta, joka on kestänyt 8 vuotta. Sen lisäksi käytettiin hydrologian ja meteorologian laitosten monikymmenvuotista seurantadataa.

Paikkatietojärjestelmän kehitystyö aloitettiin vesistöjen laatuluokituksen laadinnasta. Pilottialueelle tehtiin rasterikartta. Digitaalisen kartan laadinnan aikana (kesäkuu 2000) suoritettiin seuraavat työt:

– rasterikartan ja digitaalisen kartan tietojen vertailu;

– valuma-alueiden rajojen määrittely maastomuodon ja korkeuskäyrien avulla;

– kadasteri / rekisterijokien linjojen määrittely (työ perustuu Pohjoisten alueiden tutkimuslaitoksen digitaaliseen karttaan 1 : 1 000 000, rasterikuviin ja paperikarttoihin 1 : 200 000);

– järvitietojen liittäminen digitaaliseen karttaan (nimi, pinta-ala, syvyys, rantaviivan pituus, keskustan koordinaatit) ja myös rekisterinjokien tiedot (nimi, laskupaikka, pituus, valuma-alueen pinta-ala, lähtö- ja laskupaikkojen koordinaatit). Tietoja siirrettiin Karjalan Tasavallan digitaalisesta 1 : 1 000 000 kartasta määrittäen kaikkien hydrografisten kohteiden koordinaatit;

– pisteaiheiden ja niihin kytkettyjen tietojen luominen:

– aiheet: pintavesistöjen vedenlaatu, geokemialliset luokat ja rehevyystasot;

– sekundaaristen jokien ja järvien valuma-alueiden rajojen piirtäminen (tietokannassa on nimet, jokien ja järvien lukumäärät).

Työnteko paikkatietojärjestelmässä

ArcView -ohjelman perusinterface mahdollistaa käsittelemään poimitut tiedot ja suorittamaan paikkatietojen analyysit (kuva 4.2). Käyttäjän työn helpottamiseksi kehitettiin ohjelman, jonka avulla on mahdollista siirtää kartan kohteita:

Tietojenkäsittelyä varten voidaan käyttää erilaisia tilasto-ohjelmia ja esittää tuloksia kuvamuodossa,

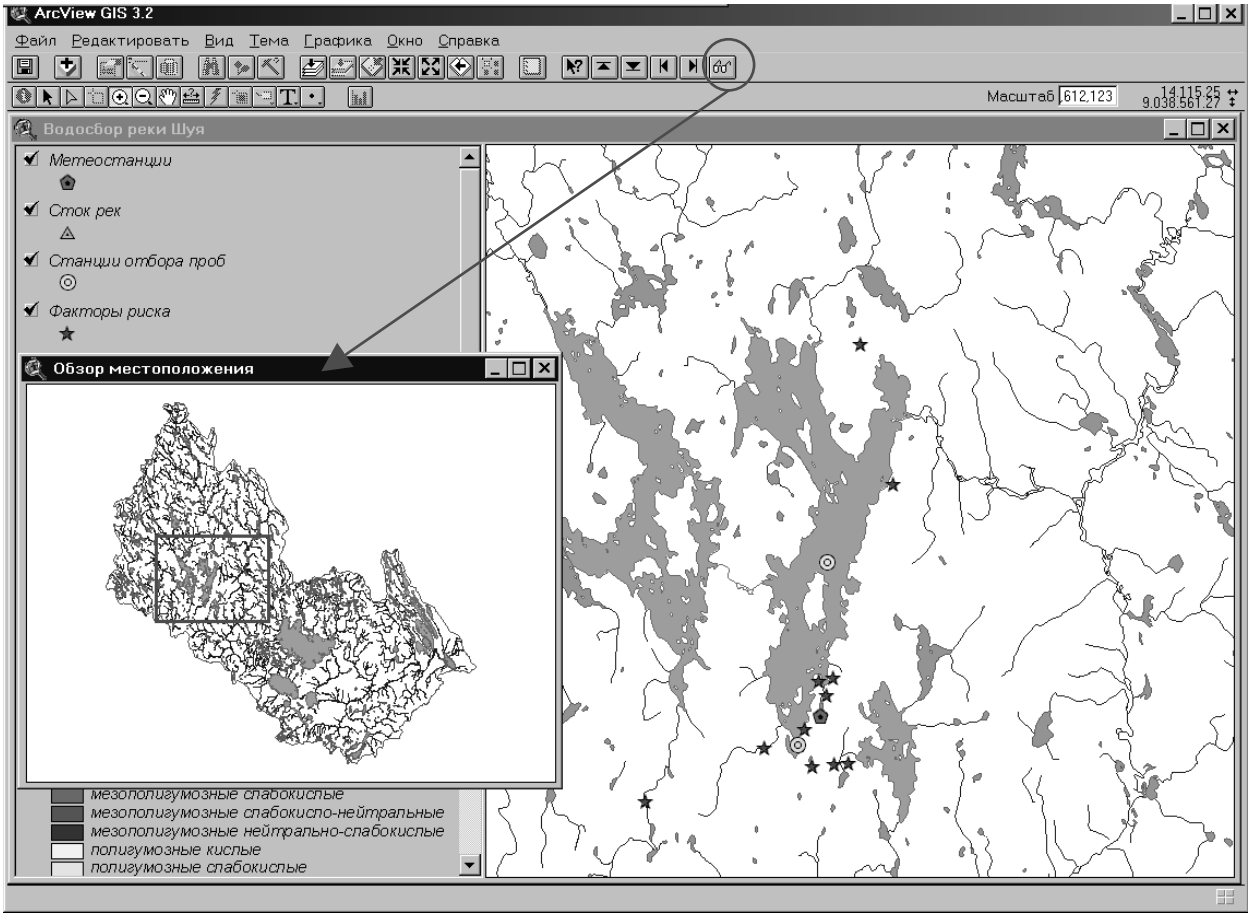


Рис. 4.2. Основной интерфейс программы для бассейна р. Шуи

Kuva 4.2. ArcView -ohjelman perustoiminnot

Для обработки имеющейся информации разработаны **программы построения диаграмм,** которые вызываются нажатием на кнопку

Комплексный анализ имеющейся информации позволяет классифицировать качество поверхностных и подземных вод по заданным алгоритмам (рис. 4.3).

Картирование водных объектов, создание их реестра и разработка геоинформационных систем (ГИС) являются одним из современных средств обеспечения экологической безопасности Республики Карелия и ее дальнейшего устойчивого развития. Использование современных технологий позволяет решить указанные выше проблемы развития республики.

Разработанная БД и геоинформационная система рассчитаны на перспективу и дают возможность наполнения ее информацией о состоянии и качестве поверхностных и подземных вод, решения широкого круга водохозяйственных задач. Она будет использоваться для фундаментальных научных исследований, а также в министерствах и ведомствах (МЧС, комитетах природных ресурсов, леса и др.).

painamalla nappulaa joen virtaama. Kartalla klikataan joen lähtöpaikkaa ja määritetään vuosi. Järjestelmä esittää kuvan, jossa on näkyvissä virtaaman muutokset, vuosiluvut ja joen nimi (kuva 4.3).

Vesistökarttojen luominen, rekisterin ja paikkatietojärjestelmän kehittäminen ovat Karjalan Tasavallan ympäristöpolitiikan (tekstissä «ympäristöturvallisuuden») ja kestävän kehityksen saavuttamisen menetelmiä. Nykyaikaisten teknologien avulla voidaan ratkaista tasavallan useita ongelmia.

Tietokannat ja paikkatietojärjestelmä ovat rakennettu sellaisiksi, että niitä voidaan käyttää tulevaisuudessakin, niihin voidaan syöttää lisää tietoja pinta- ja pohjavesien laadusta ja määrästä ja myös ratkaista vesitaloustehtäviä. Paikkatietojärjestelmää voidaan jatkossa käyttää eri ministeriöissä ja virastoissa (hätätilanteiden / onnettomuusministeriössä, luonnonvarojen komiteassa, metsäkomiteassa jne.).

Projektin aikana suoritettiin vedenlaatuluokitusten vertailua. Toinen luokitus oli kehitetty Pohjoisten alueiden vesistötutkimuslaitoksessa ja se perustuu Venäjän standardeihin. Suomalainen luokitus on

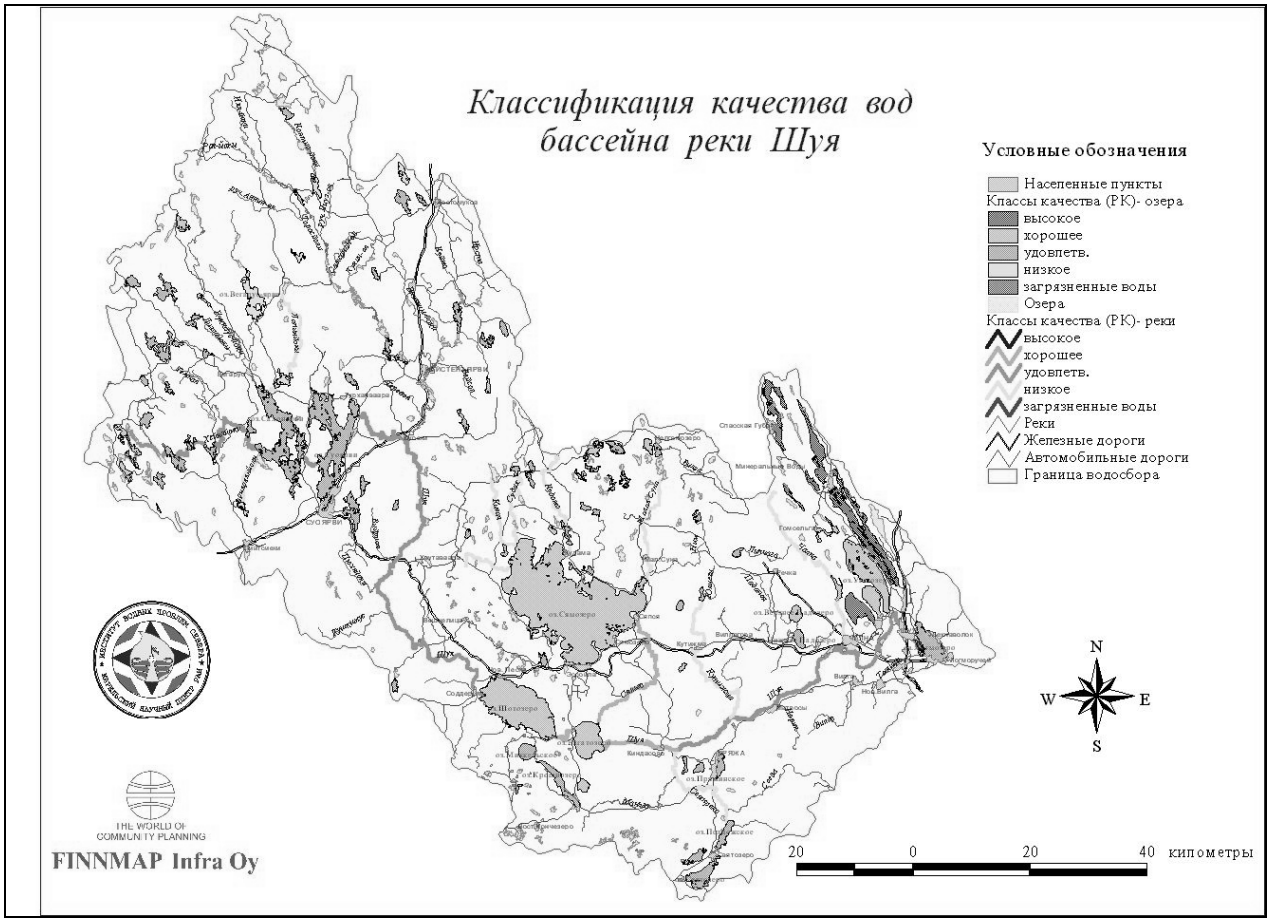


Рис. 4.3. Пример представления результатов анализа по бассейну р. Шуи

Kuva 4.3. Tulosten esittelyesimerkki

Выполнена сравнительная оценка выделения классов вод по методике, разработанной в ИВПС КарНЦ РАН, как с учетом российских стандартов, так и по финской методике Института окружающей среды Финляндии. Это сравнение проводилось на примере бассейна р. Шуи: на 98 озерах и по 13 кадастровым рекам.

Разработанная на примере бассейна р. Шуи ГИС будет применена для водных объектов всей республики, основных водосборов и будет способствовать решению проблем развития региона. Она может быть включена и в общероссийские информационные системы, проекты.

При создании информационной системы учитывался опыт нашей страны, а также Финляндии и других европейских стран. Оценка запасов, ресурсов поверхностных и подземных вод, картирование водоемов и водосборов выполняются европейскими странами по программам BASIS, CORINE, BALANCE, BALLERINA и др. Информация, полученная для российской части водосборов, при использовании нами тех же ГИС, форматов и подходов будет совместима с европейскими, что позволит выполнить в дальнейшем более

kehitetty Suomen ympäristökeskuksessa. Vertailua tehtiin Suojoen valuma-alueen vesistöissä: 98 järveä ja 13 rekisteröityä jokea.

Suojoen valuma-alueen vesistöjen luokitustulokset ovat suuremmilta osiltaan melkein samoja. Poikkeamat johtuvat yleensä arvoista, jotka liittyvät humuspitoisuuteen. Juuri tämän arvon takia vesistöjen luokka sijoittuu eri tasolle. Suomen luokituksessa ei oteta huomioon veden pH, vaikka happamia vesiä tuskin voidaan luokitella «hyviksi». Vesistöongelmien tutkimuslaitoksen luokituksen mukaan korkeavärilliset vedet (vesiarvo > 120 astetta, huom. venäläinen menetelmä ja yksikkö) kuuluvat joko «tyydyttävään» tai «huonoon» -luokkaan. Olemme selvittäneet, että pH:n tilalla olisi parempi käyttää alkaliniteetti-arvoja. pH-arvo vaihtelee hiilihappokaasun pitoisuudesta riippuen, joka taas riippuu lämpötilasta. Mutta yleensä kummatkin luokitukset sijoittavat vesistöt samoille tasoille, paitsi ns. «rajatapaukset». Näissä tapauksissa lopullinen luokitus on asiantuntijan tehtävissä.

Suojoen paikkatietojärjestelmää kehitetään koko Karjalan Tasavallan alueelle ja sitä voidaan käyt-

широкие обобщения. Сетевые возможности используются для создания баз данных, получения информации из любого регионального центра по сети Интернет.

Важно было выполнить проект не на примере отдельно взятых водных объектов, а применительно к целому бассейну, который представляет собой единое геоэкосистемное образование. С другой стороны, на базе водных объектов исторически формировались социально-экономические системы. Глубокая взаимозависимость элементов бассейна обусловливает необходимость рассматривать его как единый объект управления. При этом система управления должна основываться на сочетании бассейнового планирования и территориального оперативного управления водохозяйственной деятельностью.

Реализация водной политики на территории водосборного бассейна, а также региона, в частности, Республики Карелия невозможна без создания современной информационной системы. Создание специализированной информационной системы водного хозяйства позволит:

– систематизировать существующую информацию о водных ресурсах и водных объектах;

– обеспечивать официальной информацией о водных объектах всех субъектов водных отношений;

– производить объективную оценку состояния водных объектов по качественным и количественным показателям;

– разрабатывать математические модели водных объектов для прогноза изменения их состояния;

– моделировать текущее и перспективное планирование использования вод;

– обоснованно устанавливать плату за пользование водными объектами.

Особое внимание в проекте уделяется проблемам питьевого водоснабжения с учетом природных особенностей вод региона. Для этого важно выполнить картирование запасов и качества подземных вод – альтернативного источника питьевого водоснабжения региона. Целью исследований было обеспечение задач безопасности региона с точки зрения питьевого и промышленного водоснабжения, решение проблем развития Республики Карелия. Это может быть в основном решено для многих населенных пунктов благодаря все большему использованию подземных вод. Особое место занимает г. Петрозаводск, где использование подземных вод не снимает проблемы. В результате совместной со специалистами Финляндии восьмилетней работы удалось разведать и картировать большие запасы подземных вод, которые можно использовать для реализации программы правительства РК «Чистая вода». Важной задачей ближайшего будущего является создание соответствующих геоинформационных систем БД запасов и качества поверхностных и подземных вод для всей Республики Карелия.

tää Venäjän paikkatietojärjestelmissä ja projekteissa.

Tietojärjestelmän kehitystyössä otettiin käyttöön Venäjällä, Suomessa ja muussa Euroopan maissa saatuja kokemuksia. Euroopassa pinta- ja pohjavesivarojen arvioinnissa, kartoituksessa ja valuma-alueen selvityksissä käytetään BASIS, CORINE, BALANCE, BALLERINA -ohjelmia. Omassa työssämme käytimme yhteensopivia formaatteja Venäjän vesistöjen valuma-alueilla ja sen myötä voimme tehdä merkittäviä lausuntoja ja yhteenvetoja. Internet- ja verkko-ominaisuudet antavat mahdollisuuden käyttää tietokantoja mistä tahansa aluekeskuksesta.

Projektia toteutettiin kokonaisella suurella valuma-alueella eikä yhdellä vesistöalueella. Valuma-aluetta pidetään monipuolisena geologisena ekosysteeminä. Historian kuluessa sosiaaliset ja taloudelliset rakenteet liittyvät yleensä vesistöihin. Monimutkaiset suhteet «pakottavat» käsittelemään» koko valuma-aluetta hallinnon kohteena. Hallintojärjestelmä perustuu valuma-alueen suunnitteluun ja vesitalouden operatiiviseen toteuttamiseen aluetasolla.

Valuma-alueen vesipolitiikan toteuttaminen, esimerkiksi Karjalan Tasavallassa, on mahdotonta ilman nykyaikaista erillistä tietojärjestelmää. Vesitaloustietojärjestelmän avulla voidaan:

1. suorittaa vesivarojen ja vesistötietojen systemaattista käsittelyä;
2. toimittaa virallisia tietoja vesistöjen tilasta ja vesitaloussuhteista;
3. arvioida objektiivisesti vesistöjen tilaa määräällisten ja laatuarvojen perusteella;
4. kehittää vesistöjen matemaattisia ennuste- ja tila- arviomalleja;
5. suunnitella vesivarojen käyttöä;
6. määrittää maksuja vesistöjen käytöstä.

Projektin aikana erikoista huomiota kiinnitettiin vesihuolto-ongelmiin ja alueen luonnollisiin erikoispiirteisin, koska on tärkeä kartoittaa pohjavesien varojen ja laadun muutoksia. Pohjavesi on paikoin selkeä raakaveden vaihtoehtoratkaisu. Pohjavedellä on tulevaisuutta sekä teollisuuden että yhdyskuntien vesihuollossa. Petroskoissa on tässä mielessä erikoinen asema, koska pohjaveden avulla ongelma voidaan ratkaista vain osittain. Suomalaisten kanssa tehtiin yhteistyötä 8 vuotta, selvitettiin ja kartoitettiin pohjavesivarojamme, joita voidaan käyttää hyväksi Karjalan Tasavallan hallituksen «Puhdas vesi» -kehitysohjelman toteuttamisessa. Tulevaisuuden tehtävänä on päivittää ja laajentaa paikkatietojärjestelmää koko tasavallan alueelle.

4.2. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

4.2. VESISTÖJEN SEURANTA

4.2.1. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

Основными целями программы мониторинга являются: оценка состояния водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений, а также прогноз изменения этого состояния под влиянием техногенных и природных факторов для информационного обеспечения управления и контроля в области использования и охраны водных объектов, оценки эффективности осуществляемых водоохранных мероприятий. Основанием для ведения мониторинга является «Положение о ведении государственного мониторинга водных объектов» от 14.03.1997 № 307 (в дальнейшем – Положение). До формирования органов охраны окружающей среды в нашей стране, т. е. до 1990-х гг., мониторинг выполнял Государственный комитет по гидрометеорологии (в настоящее время *«Роскомгидромет»*).

Сеть ГМС в 1990-х гг. сокращалась по экономическим причинам. Наблюдательная сеть Роскомгидромета была сосредоточена в основном на объектах, мало подверженных антропогенному воздействию, и было достаточно сложно оценивать современное состояние нарушенных водных объектов, что приводило к трудностям при принятии управленческих решений. Поэтому для развития программы мониторинга к его организации наряду с Росгидрометом были привлечены научные организации, в том числе и Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ «О создании единой государственной системы экологического мониторинга» и приказом Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ № 138 от 12.05.1994 Республика Карелия была определена экспериментальной базой по созданию региональных систем государственного экологического мониторинга наряду с другими регионами России (городами Челябинск, Минеральные Воды). Программа мониторинга для Карелии составлялась ежегодно в соответствии с «Макетом программ по ведению государственного мониторинга водных объектов на территориальном и бассейновом уровнях» (Современное состояние.., 1998).

Реализация программы мониторинга осуществлялась по единой схеме расположения станций с 1992 г. В результате успешной реализации программы в республике была значительно расширена сеть наблюдений Карельского республиканского центра по гидрометеорологии (КРЦГМ). Сетью комплексных наблюдений водных объектов РК в 1992–2002 гг. было охвачено около 100 водных объектов, имеющих примерно

4.2.1. PINTAVESISTÖT

Alkusanat

Seurannan tärkeimmät tavoitteet ovat:

- vesistöjen, vesitalous- ja vesihuoltorakenteiden tilan arvio
- muutosten ennusteet luonnosta ja ihmisten toiminnasta aiheutuvista syistä
- vesitalouteen liittyvä valvonta ja hallinta
- vesiensuojelutoimenpiteiden tehokkuuden arvio

Seuranta perustuu «Vesistöjen valtiollinen seuranta» -asetukseen № 307, 14.03.97 (jatkossa «Asetus»). Ennen kuin Venäjän ympäristöhallinnon virastot oli perustettu, toisin sanoen ennen 1990-lukua, ympäristönseuranta oli Valtiollisen hydrologian ja meteorologian komitean tehtävänä (tällä hetkellä sen nimi on «Roskomhydromet»).

Hydrologisten ja meteorologisten asemien verkosto supistui koko 1990-luvun ajan taloudellisista syistä. Poskomhydrometin asemia oli sijoitettu eniten kohteisiin sinne, missä ihmisten toiminnan vaikutukset olivat minimaaliset ja sen takia tasavallan johdolla oli vaikeuksia arvioida kuormitusten vaikutusta vesistöihin. Myöhemmin tehtiin päätös kehittää Karjalan vesistöjen monipuolinen ympäristönseuranta-ohjelma. Ohjelman toteuttajiksi kutsuttiin eri tutkimuslaitoksia ja valvontaviranomaisia : Venäjän tiedeakatemian Karjalan tutkimuskeskuksen Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitos, Hydrologian ja meteorologian keskus ja muut.

Vuonna 1994 Venäjän Federaation hallitus teki päätöksen «Valtiollisen ympäristönseurannan järjestelmän perustamisesta» Venäjän ympäristöministeriön päätöksellä № 138, 12.05.94. Karjalan Tasavalta oli valittu kokeilualueeksi, missä aluetasolla kehitettiin valtiollista ympäristönseurantaa. Vastaavan statuksen saivat myös Tcheljabinsk ja Mineralnye vody -alueet. Karjalan Tasavallan ympäristönseurannan ohjelmaa kehitettiin «Vesistöjen valtiollinen ympäristönseurannan ohjelman sisältö alue- ja valuma-aluetasolla» -ohjeiden mukaisesti (Современное состояние.., 1998).

Ympäristönseurannan ohjelmaa on toteutettu vuodesta 1992 samalla asemaverkostolla. Roskomhydrometin asemaverkostoa merkittävästi laajennettiin. Vuoden 1992–2002 välisenä aikana seurantaa tehtiin 100 vesistöllä ja 190 asemalla. Vesistöongelmien tutkimuslaitoksen ja Roskomhydrometin asemat eivät ole samoja, vaan verkostot täydentävät toisiaan. Vedenlaatua seurataan fysikaalis-kemiallisilla ja biolo-

190 станций (створов) наблюдений. При этом станции КРЦГМС и ИВПС не дублируют, а дополняют друг друга. Контроль за качеством воды осуществлялся по физико-химическим и биологическим показателям. Выявлены наиболее важные проблемы, связанные с естественными и антропогенными изменениями водных объектов в РК (Современное состояние.., 1998). Внедряются новые технологии в формировании баз данных по мониторингу, которые строятся на основе современных ГИС-технологий. Выполнено картирование качества вод водоемов и водотоков РК. Проведена классификация вод по совокупности параметров и дана интегральная оценка их качества для различных видов использования. Базы данных становятся совместимыми как с российскими, так и с европейскими. Кроме этого, в соответствии с требованиями о ведении мониторинга:

– даны оценка и прогноз состояния объектов окружающей природной среды;

– предложен ряд важных водоохранных мероприятий для Онежского и Ладожского озер, Выгозерского водохранилища, водоемов района Костомукши и других водных объектов, которые требуют более пристального рассмотрения и принятия управленческих решений;

– обеспечена сопоставимость данных наблюдений с материалами зарубежных организаций (результаты международной интеркалибрации со странами Скандинавии – Intercomparision-9913); это важно особенно при оценке качества вод пограничных водных систем;

– созданы электронный и бумажный варианты реестра озер и рек республики, который должен быть основой для формирования современных баз данных (БД) по мониторингу;

– создана информационно-справочная система, которая может быть внедрена в подразделения, осуществляющие мониторинг.

Полноценный мониторинг крупнейших озер Европы – Онежского и Ладожского, Белого моря, Выгозерского водохранилища оказалось возможным выполнить только с использованием НИС «Эколог» ИВПС КарНЦ РАН, оснащенного современным аналитическим оборудованием. Необходимо отметить, что в модернизации судна приняла участие и Финляндия. При реализации программ мониторинга ИВПС использует средства и возможности международных научных организаций. В частности, проводятся совместные исследования с региональными центрами окружающей среды Финляндии. В районе Костомукши работы выполняются совместно с г. Кайну, на Ладожском оз. – Йоэнсуу, его притоках – Коувола. Вместе с финскими партнерами выполнена программа «Интеркалибрация». За счет финской стороны выполняется ряд важных анализов – тяжелых металлов, микроэлементов и др. По международной программе

gisilla parametreilla. Vesistöjen luonnon muutokset ja ihmisten toiminnasta aiheuttavat kuormitukset ja niiden ongelmat on kartoitettu Karjalan Tasavallan vesistöissä (Современное состояние.., 1998). Seurannan tulokset muodostavat tietokantoja, joita kehitetään paikkatietojärjestelmän avulla. Tasavallan vesistöt on luokiteltu vedenlaadun mukaan ja niiden käyttökelpoisuus eri tarkoituksiin on arvioitu. Tietokannat ovat yhteensopivia sekä venäläisiin että eurooppalaisiin tietokantoihin. Sen lisäksi ympäristönseurannan vaatimusten mukaisesti on suoritettu:

– eri luontokohteiden tilan arviot ja kehitysennusteet;

– ehdotukset vesistösuojeluntoimenpiteistä Äänisjärvelle, Laatokalle, Vygozeron tekojärvelle, Kostamuksen alueen vesistöille ja niille vesistöille, jotka vaativat erikoista huomiota ja hallintoa;

– seurantatulosten / analyysitulosten vertailukelpoisuus on varmistettu Karjalan Tasavallan laboratorioiden välillä ja myös ulkomaalaisten laboratorioiden kanssa (kansainvälisen Skandinavian interkalibrointihankkeen tulokset Intercomparision-9913). Vertailukelpoisuus on hyvin tärkeä varsinkin rajavesistötapauksissa;

– tasavallan joki- ja järvirekisteri on laadittu digitaalisessa ja paperimuodossa. Rekisterin perusteella kehitetään nykyaikaiset seurantatulosten tietokannat;

– tietojärjestelmää kehitetään ja otetaan käyttöön seurantaviranomaisten yksiköissä.

Euroopan suurimpien järvien eli Äänisen ja Laatokan, myös Vienan meren seurantaa on mahdollista toteuttaa vain käyttäen Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen «Ekolog» -tutkimuslaivaa, joka on varustettu nykyaikaisilla mittauslaitteistolla ja analysointikalustolla. On korostettava, että Suomi osallistui laivan laitteiston hankintaan. Seurantaohjelman toteuttamisessa tutkimuslaitos käyttää kansainvälisten hankkeiden varoja ja mahdollisuuksia. Esimerkiksi Kostamuksen alueen seurantaa tehdään yhteistyössä Kainuun ympäristökeskuksen kanssa, Laatokalla Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen (Joensuu) kanssa ja Laatokan sivujokien seurantaa toteutetaan Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen (Kouvola) kanssa. Samojen yhteistyötahojen kanssa oli toteutettu myös interkalibrointihanke. Suomen osapuolen kustantamana toteutetaan tärkeät analysoinnit – raskasmetallit, mikroelementit ja muut. TACIS-ohjelman puitteissa tehtiin yhteistyötä DIMPLA-hankkeessa, jonka tavoitteena oli kehittää Laatokan seurantaa ottaen huomioon Venäjän organisaatioiden (Järvitutkimuslaitos, «Arktikan monitoring»-keskus, Luoteis-Venäjän hydrologian ja meteorologian keskus, Pohjoiden alueiden vesistöongelmientutkimuslaitos ja muut) sekä ulkomaalaisten kollegojen kokemuksia.

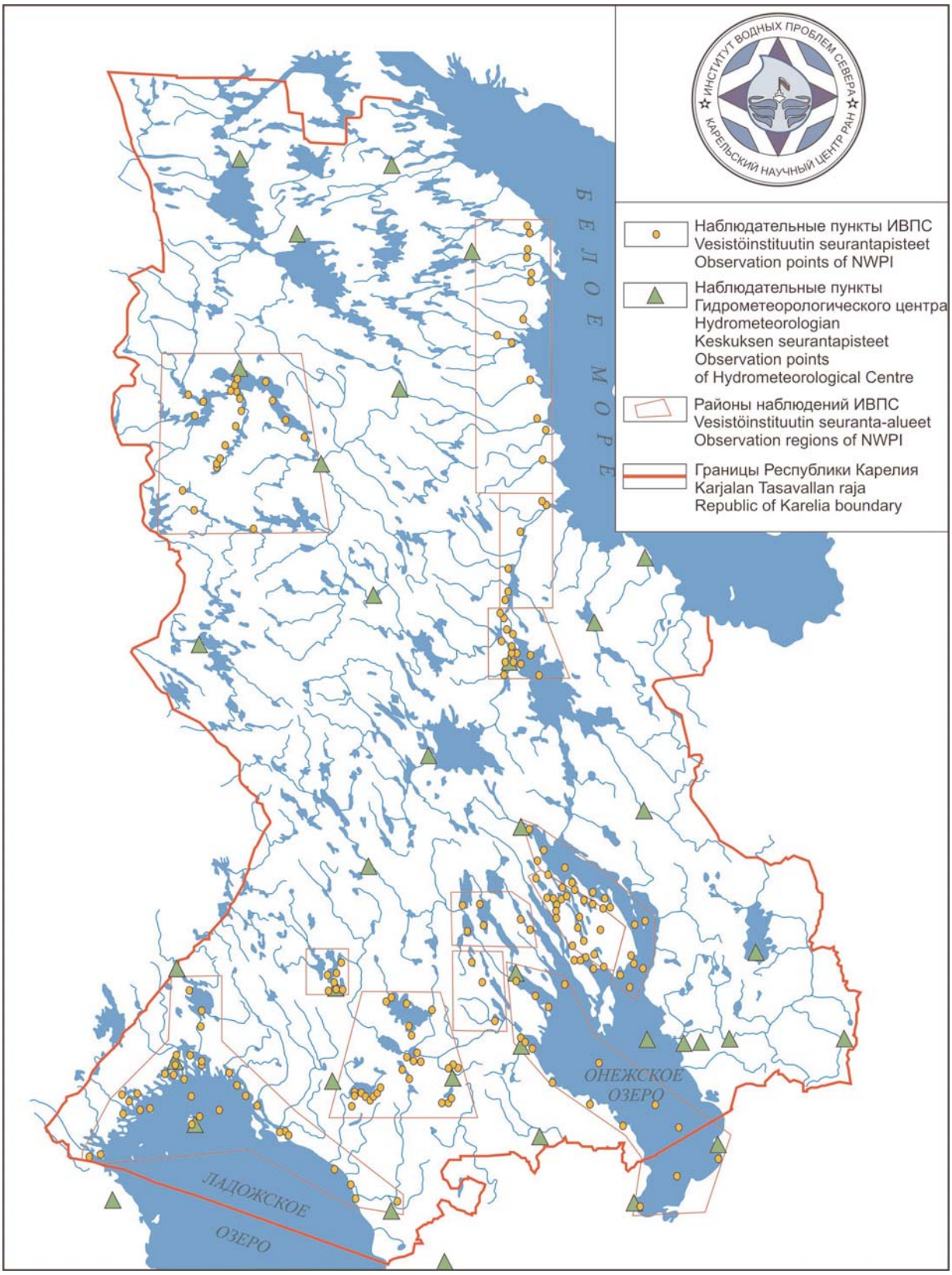


Рис. 4.4. Основные пункты мониторинга поверхностных вод РК, выполняемого ИВПС КарНЦ РАН

Kuva 4.4. Karjalan Tasavallan pintavesistöjen seuranta-alueet
(Karjalan tiedekeskuksen vesistöongelmien tutkimuslaitoksen asemat)

ТАСИС–DIMPLA выполнены работы по развитию системы мониторинга Ладожского оз. с учетом опыта как организаций России (ИНОЗ РАН, Центр мониторинга Арктики, СЗ УГКС и др.), так и зарубежных стран.

Серьезной является проблема доступа и обмена разнообразных БД в организациях Республики Карелия. Проблема информационной совместимости данных решена специалистами Карельского Научного Центра РАН. Другими важными принципами регионального экологического мониторинга *(РЭМ)* являются: *открытость* (в том числе информационная), *целостность, оперативность.* В ИВПС КарНЦ РАН созданы базы данных, страничка Интернет, на которой представлены сведения о результатах мониторинга. Впервые за последние 40 лет на базе новых информационных технологий (ГИС) в ИВПС КарНЦ РАН создан реестр озер и рек.

Все данные мониторинга передаются в соответствии с Положением в Министерство экологии РК, а с 1997 г. – Комитету природных ресурсов по РК и в службы Росгидромета в соответствующих цифровых форматах, совместимых с российскими и зарубежными.

Объекты мониторинга

Районы мониторинга поверхностных вод РК показаны на карте (рис. 4.4).

В качестве объектов мониторинга РК выбраны водные объекты, подверженные наибольшему антропогенному воздействию: Онежское оз. и его притоки, озерно-речная система Кенти–Кенто и оз. Среднее Куйто, озера Суоярви, Исо-Пюхяярви, северные притоки Ладожского оз., притоки Белого моря, а также водные объекты незагрязненных районов Карелии (с целью организации фонового мониторинга). С учетом перспектив развития горнодобывающей промышленности в Заонежье (планируемая разведка и разработка месторождения уран-ванадиевых руд) в число объектов мониторинга включены водоемы и водотоки Заонежского полуострова.

Качество поверхностных вод Карелии формируется в условиях труднорастворимых пород Балтийского щита, высокой заболоченности территории и при сравнительно низких температурах воздуха. Природные воды Карелии обладают весьма низкой устойчивостью к антропогенному воздействию, что обусловлено климатическими и геологическими особенностями региона. На состояние поверхностных вод существенное влияние оказывают сточные воды промышленных центров Карелии (Петрозаводска, Сегежи, Кондопоги, Костомукши, Сортавалы и др.).

Среди отраслей промышленности наибольшее развитие получила целлюлозно-бумажная, водопотре-

Karjalan Tasavallan vakavana ongelmana on tietojen vaihto viranomaisten välillä ja niiden saanti eri tietokantoihin. Karjalan tutkimuskeskuksen asiantuntijat ovat ratkaisseet tietokantojen yhteensopivuusongelmat. Alueellisen ympäristönseurannan toimintaperiaatteena on sen *avoimuus* (mm. tietoavoimuus), *kokonaisuus* ja *operatiivisuus*. Vesistöongelmien tutkimuslaitoksessa on luotu tietokanta, myös Internet-sivu, jossa esitetään seurannan tulokset. Joki- ja järvirekisteri toimii paikkatietojärjestelmän muodossa, joka on otettu käyttöön ensimmäistä kertaa.

Sopimuksen mukaan seurantatulokset toimitetaan Karjalan Tasavallan ympäristöministeriölle, vuodesta 1997 alkaen luonnonvarojen komitealle sekä Poskomhydrometille digitaalisessa muodossa, jonka formaatti on yhteensopiva venäläisten ja ulkomaalaisten tietokantojen kanssa.

Seurannan kohteet

Karjalan Tasavallan pintavesistöjen seuranta-alueet ovat esitetty kartalla (kuva 4.4).

Karjalan Tasavallan seurantaan kuuluvat tärkeimmät vesistöt, jotka ovat myös kuormittuneet päästöillä: Ääninen, Kenttijoen vesistöt, Keski-Kuittojärvi, Suojärvi, Iso Pyhäjärvi, Laatokan pohjoisrannikon joet, Vienan meren joet, Äänisen joet sekä luonnon tilassa olevia vesistöjä, taustatietoa tai vertailua varten. Zaonezjen- alueen kehityssuunnitelman mukaan siellä kaivetaan uraani- ja vanadiummalmia ja sen takia alueella seurataan Zaonezhskin-niemen jokia ja muita virtaavia vesistöjä.

Karjalan Tasavallan pintavesistöjen vedenlaatu määräytyy Itämeren kilven huonosti liukuttavien maaperin olosuhteissa. Alueella sen lisäksi on paljon soita ja suhteellisen alhainen lämpötila. Karjalan Tasavallan vesistöillä on hyvin pieni itsepuhdistuskyky. Monien teollisuuskeskusten jätevesien kuormitukset vaikuttavat pintavesistöjen vedenlaatuun (Petroskoi, Segezha, Kontupohja, Kostamus, Sortavala ja muut).

Sellu- ja paperiteollisuus on suurin vedenkuluttaja, sen osuus on 70 %. Viimeaikoina vuoriteollisuus ja rautamalmin käsittely (Kostamuksen rautamalmin jalostuskombinaatti) kehittyvät nopeasti ja myös rakennustarvikkeiden (leca-sora eli shungit, rakennuskivien prosessit) valmistus on kasvussa. Alueella löydettiin vanadiumin ja monien muiden metallien malmiesiintymiä, mm. kultaa. Metsätalous ja maaparannustoimenpiteet myös vaikuttavat vesistöjen tilaan. Tasavallan etelä-alueella taas on maataloutta, mm. karjatiloja. Viimeaikoina vesistöissä kehitetään kalaviljelyä ja pääosin kirjolohta kasvatetaan kasseissa. Näillä toiminnoilla on vaikutusta vedenlaatuun.

бление которой составляет 70% всего промышленного производства. В настоящее время стала выделяться горнодобывающая промышленность: добыча и переработка железной руды (Костомукшский ГОК), шунгита, облицовочного и строительного камня. Открыты перспективные месторождения ванадиевых и полиметаллических руд, золота и др. Важным фактором, влияющим на природное качество вод, является мелиорация земель и лесное хозяйство. В южной Карелии достаточно широко развито сельское хозяйство, в том числе животноводство, что также сказывается на водных ресурсах. В последнее время на внутренних водоемах стало активно развиваться товарное рыбоводство, главным образом садковое выращивание форели, что также имеет определенные последствия для водных экосистем. Прибрежная Карельская часть Белого моря весьма перспективна для развития форелевого и мидиевого хозяйства, выращивания марикультур, искусственного разведения семги, акклиматизации дальневосточной горбуши. По территории Республики Карелия проходит важнейшая водная магистраль – Беломорско-Балтийский канал, соединяющий Белое и Балтийское моря, мониторинг состояния которой представляет существенный практический интерес.

На основе проведения долговременных наблюдений на водных объектах мониторинга разрабатываются мероприятия с учетом как экологической, так и экономической целесообразности.

Характеристика действующей сети наблюдений за количественными и качественными показателями вод

Программой мониторинга предусматривается проведение наблюдений в основные гидрологические фазы, конкретно установленные для каждого водного объекта, с целью получения информации, сопоставимой для различных лет исследований. Мониторинг водных объектов проводится по химическим и биологическим показателям воды и донных отложений, отражающим ее природное качество, трофическое состояние водоемов и их загрязнение. Современное состояние водных объектов оценивается по основным физико-химическим (ионный состав воды, содержание органических и биогенных веществ, микроэлементы, газовый режим) и биотическим (численность и биомасса, основные таксономические группы и их соотношение, количество видов и виды-доминанты, сапробный коэффициент фито-, зоопланктона и зообентоса) параметрам. Основное внимание уделяется параметрам, в наибольшей степени отражающим изменения в экосистеме в результате антропогенного влияния (содержание кислорода, биогенных элементов, Chl-*a*, специфических загрязнителей, количе-

Vienan meren Karjalan Tasavallan rannikolla on hyvin paljon sopivia paikkoja kalankasvatustiloja varten. Vienan Karjalassa suunnitellaan myös Kauko-Idän lohen ja simpukka- ja muiden merenantimien kasvatuslaitosten sijoittamista.

Vienan ja Itämeren yhdistävä kanava kulkee Karjalan Tasavallan läpi. Kanavan tilan seuranta on myöskin tulevien seurantaohjelmien mielenkiintoinen tehtävä.

Pitkäaikaisen vesistöjen seurannan perusteella suunnitellaan ympäristönsuojelutoimenpideohjelmia ottaen huomioon niiden taloudelliset vaikutukset.



Vedenlaadun seurantaverkoston kuvaus

Seurantaohjelman tavoitteena on havainnot, jotka toteutetaan samoina hydrologisina vuoden aikoina. Havaintojaksot määritetään vesistökohtaisesti, jotta eri vuosien tuloksia voidaan vertailla keskenään. Seurantaohjelmaan kuuluvat kemialliset ja biologiset veden- ja sedimenttien laatuarvot, joiden avulla kuvataan vesistöjen rehevöitymisen ja kuormituksen tasoa. Tärkeimpien fysikaalis-kemiallisten parametrien joukkoon kuuluvat seuraavat: veden mineraali – ionien koostumus, orgaanisten aineiden pitoisuudet, ravinteiden ja kaasujen pitoisuudet. Biomassa ja eri organismien lukumäärät, tärkeimmät taksonometriset ryhmät ja niiden suhteet, lajien lukumäärä, hallitsevat lajit, kasvi- eläinplanktonin ja pohjaeläinten saprobi-indeksit ovat yleisimpiä biologisia arvoja. Eniten huomiota kiinnitetään arvoihin, jotka pystyvät kuvaamaan ekosysteemin muutoksia ihmisen toiminnan seurauksena: happi-, klorofylli-a- ja ravinteiden pitoisuudet, myös ns. «erikoiskuormitusaineet» ja eliöiden määrälliset arvot. Venäjällä on käytössä «2TP-(vodhoz) vesitalous» -niminen tilastolomake,

ственные характеристики бионтов). Антропогенные нагрузки на водные объекты оцениваются по данным статотчетности по форме 2 ТП – водхоз. При этом учитываются нагрузки по минеральным, органическим и взвешенным веществам, биогенным элементам, лабильному органическому веществу (по $БПК_{полн.}$) как от точечных антропогенных источников, так и поступающим с речными водами.

Контроль за химическим составом воды включает определение:

1. Минерализации, электропроводности и ионного состава (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, R-COO).
2. Органического вещества (цветность, ПО, $БПК_5$).
3. Биогенных элементов ($P_{мин.}$, $P_{общ.}$, NH_4^{+}, NO_2^{-}, NO_3^{-}, $N_{орг}$).
4. Микроэлементов (Fe, Mn, Si, F, Al).
5. Взвешенного вещества, хлорофилла-*a*.
6. Растворенных газов (CO_2, O_2) и pH воды.
7. Загрязняющих веществ (нефтепродукты, тяжелые металлы, фенолы).

В отдельных случаях проводится анализ компонентов как во взвеси, так и растворенных форм. В донных отложениях определяется содержание органических веществ, биогенных элементов (N – NH_4, $N_{орг,}$ $P_{общ}$), хлорофилла-*a*, Fe, Mn.

Биоиндикация качества воды и характеристика экологического состояния водоема (водотока) проводится по основным трофическим звеньям (фито- и зоопланктон) и включает определение видового разнообразия, биомассы и численности гидробионтов, на основании которых устанавливаются индексы сапробности и таксобности, уровень трофии водоема и структурно-функциональные изменения биоты экосистемы во времени. Для уточнения антропогенной нагрузки на водоемы выполняются химические анализы и биотестирование сточных вод с использованием индикаторных тест-объектов, определяется безвредная кратность разбавления.

В объекты мониторинга, на которых проводятся работы, включены 28 водоемов (озера и водохранилища), 36 водотоков (реки и протоки). Общее количество станций мониторинга на начало 2004 г. – 91. На химический анализ было отобрано 282 пробы (267 – воды и 15 – донных отложений), на биологический – 327 проб (224 – зоопланктона, 85 – фитопланктона, 18 – на токсикологический анализ).

На Онежском оз. (рис. 4.4) наблюдения проводятся в различных частях: Петрозаводской и Кондопожской губах, в Большом, Центральном и Южном Онего (25 станций). Работы выполняются посезонно: в зимний период – в Кондопожской и Петрозаводской губах, в летний – по всей акватории озера. Всего отбирается более 100 проб воды на химический анализ и 168 проб – jonka avulla seurataan kuormitusta vesistöihin. Tilastolomakkeisiin kerätään orgaanisten ja mineraali aineiden kuormitustiedot, BOD – määritysten tulokset pistekuormittajista ja jokien tuottamia kuormitustietoja.

Vedenlaatua seurataan kemiallisilla arvoilla:

1. Sähkönjohtavuus ja mineraali – ionien koostumus (Venäjällä käytetään termiä «mineralisointi» eli Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}, R-COO--ionien summa).
2. Orgaaninen aine (väriluku, COD_{Mn}, BOD_5).
3. Ravinteet ($P_{min.}$, $P_{kok.}$, NH_4^{+}, NO_2^{-}, NO_3^{-}, N_{org}).
4. Hivenaineet (Fe, Mn, Si, F, Al).
5. Kiinto-aineet, lehtivihreä / klorofylli-a.
6. Liuonneet kaasut (CO_2, O_2) ja pH.
7. Kuormittavat aineet (öljytuotteet, raskasmetallit, fenolit).

Joissakin tapauksissa analysoidaan joko suodatetut tai ei-suodatetut näytteet. Sedimenteistä määritetään orgaanisten aineiden ja ravinteiden pitoisuudet (N-NH_4, N_{org}, P_{kok}), klorofylli *a*, Fe ja Mn.

Vesistön ekologisessa kuvauksessa käytetään myös vedenlaadun bioindikaattoreita: tiettyjä kasvi- ja eläinlajeja. Apuna ovat taas lajien monimuotoisaus, biomassa ja vesieliöiden lukumäärät. Niiden perusteella lasketaan saprobi- ja taksoni-indeksit arvioiden rehevöitymisen tasoa. Vesistökuormitusten tarkat määrät ja erityisominaisuudet täsmennetään vesikemian analyysien ja biotestien avulla. Tulosten perusteella määritetään jätevesien turvalliset laimennuskerrat.

Seurantaohjelmaan kuuluu 28 järveä ja tekojärveä ja 36 jokea. Vuoden 2004 alussa oli 91 seurantapistettä. Silloin tavoitteena oli 267 vesikemian näytettä, 15 sedimenttinäytettä, 327 biologista näytettä (224 eläinplankton, 85 kasviplankton ja 18 toksikologian näytettä).

Seuranta-asemien sijainti Äänisellä on esitetty kuvassa 4.4. Asemat ovat Petroskoin ja Kontupohjan lahdessa, Suur-, Keski- ja Etelä-Äänisellä (25 asemaa). Näytteenotto suoritetaan kesän aikana koko järven vesialueella ja talvella myös Petroskoin ja Kontupohjan lahdella. Vesikemiannäytteitä otetaan noin 100 kpl, biologisia näytteitä (kasvi- ja eläinplankton) 168 ja sen lisäksi jätevesiennäytteitä biotestausta varten. Suojärven alueella on 11 asemaa, joista näytteet otetaan kevät- ja syysaikana. Äänisen sivujokien v. 2000 seurantaohjelmaan kuuluvat Shujajoki, Neglinkajoki, Kumsajoki, Pälmajoki, Vodlajoki ja Kolodajoki. Laatokan pohjoisrannikon 10 jokea myös kuulu ohjelmaan. Näytteet otetaan 4 kertaa vuodessa 11 asemalla. Kostamuksen alueella vedenlaatua seu-

на биологический анализ (фито- и зоопланктон), а также планируется провести биотестирование сточных вод. Мониторинг на объектах Суоярвской группы проводится по 11 станциям в весенний и осенний периоды. По объектам «Притоки Онежского озера» включены на 2000 г. реки Шуя, Неглинка, Кумса, Пяльма, Водла, Колода. По притокам Ладожского оз. включены 10 северных и северо-восточных притоков. Наблюдения на речных системах проводится 4 раза в год по 11 станциям. Мониторинг водоемов района г. Костомукши осуществляется на озерно-речной системе р. Кенти–Кенто и оз. Среднем Куйто, испытывающих влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината АО «Карельский окатыш», системе р. Контокки, а также сточных и техногенных вод Костомукшского промузла. Наблюдения проводятся в зимний и весенний периоды на 30 станциях. Особенности геологического строения Заонежья обусловливают многообразие водных объектов, наличие здесь большого количества озер и рек, относящихся к более чем 30 частным водосборам. Здесь отбирается 28 проб воды на химический анализ и 9 проб донных отложений из водных объектов полуострова. Мониторинг водных объектов северо-западной части Карелии осуществлялся на озерах, использующихся в различных целях в хозяйстве: оз. Топозеро (часть Кумского водохранилища), которое интенсивно используется для энергетических целей и вместе с тем представляет уникальный запасник пресной воды Карелии; оз. Верхнее Куйто (верхнее озеро в системе Юшкозерского водохранилища) – подвергается воздействию загрязняющих веществ от Костомукшского ГОКа и за счет стока с сельскохозяйственных угодий); оз. Ругозеро принимает сточные воды звероводческой фермы. Мониторинг притоков Белого моря, таких как реки Кереть, Гридина, Нюхча, представляет интерес с точки зрения оценки природного и антропогенного стока с территории Карелии в море.

Мониторинг водных объектов проводится по химическим и биологическим показателям водной среды и донных отложений. Контроль последних осуществляется с дискретностью один раз в три года. Мониторинг водной среды по химическим показателям проводится постоянно, по биологическим – в период открытой воды (зоопланктон – круглый год).

В донных отложениях определяется содержание органических веществ, биогенных элементов ($N\text{-}NH_4$, $N_{орг}$, $P_{общ}$), Fe, Mn, Chl-*a*, а при наличии загрязнения – некоторых токсикантов (фенолы, тяжелые металлы, лигносульфонаты, нефтепродукты).

На основании данных химического анализа определяется тенденция изменения качества воды во времени, соответствие ее тем или иным видам хозяйственного использования и возможная степень опасности для гидробионтов по критерию ПДК и фоновым концентрациям.

rataan Kenttijoella, Kontokkijoella ja Keski-Kuittojärvellä eli vesistöissä, missä on havaittu «Karelski okatysh» -malmin rikastamokombinaatin jätevesien vaikutuksia. Yhteensä asemia on 30 ja näytteet otetaan talvella ja keväällä. Zaonezje-alueella eli Äänisen itäpuolella on hyvin mutkikas geologinen rakenne, missä on 30 erillistä valuma-aluetta. Sieltä löydettiin mm. uraani- ja vanadiumesiintymiä. Vuodesta 2000 sieltä on otettu 28 vesinäytettä ja 9 sedimenttinäytettä. Karjalan Tasavallan luoteisalueella on myös vesistöjä, jotka ovat seurantaohjelmassa: Topozero – Kumskoje-tekojärven vesistöä käytetään voimalaitoksen toiminnassa. Sen lisäksi Topozero on myös Karjalan Tasavallan ainutlaatuinen makean veden «varasto». Ylä-Kuittojärvi kuuluu Jushkozero-tekojärven kokonaisuuteen ja toisaalta siihen lasketaan Kostamuksen kombinaatin jätevedet. Maatalouden hajakuormituksella on oma osuutensa Kuittojärven tilassa. Paikallinen turkistila laskee jätevedet Rugozero-järveen. Vienan meren rannikolla seurataan Keretjoen, Gridinajoen ja Nuhchajoen tilaa, koska ne ovat hyvin edustavia Karjalan Tasavallan olosuhteissa.

Vesistöjen tilaa seurataan vesikemian ja biologisten analyysien avulla. Sedimenttinäytteet analysoidaan kolmen vuoden välein. Vesikemian näytteet otetaan ympäri vuoden, mutta biologiset näytteet yleensä otetaan vain avoveden aikana (eläinplankton näytteet otetaan ympärivuoden).

Sedimenteistä määritetään orgaanisten aineiden pitoisuudet, ravinteet ($N\text{-}NH_4$, N_{org}, P_{kok}, Fe, Mn, klorofylli-a). Mikäli vesistö on kuormittunut määritetään raskasmetalleja, fenoleja, lignosulfonaatteja ja öljytuotteita.

Kemiallisten analyysitulosten perusteella määritetään vedenlaadun muutoksia. Sen lisäksi arvioidaan vesivarojen käyttömahdollisuuksia ja miten vesistöjen tila sopii eri eliöille niiden «suurten sallittujen pitoisuuksien» tai taustatietojen perusteella.



Характеристика современного гидрологического и гидрохимического состояния водных объектов

Характеристика современного состояния водных объектов приводится по результатам мониторинга, выполненного в конце 1990-х гг. В эти годы в водные объекты Карелии было сброшено 188,2 млн м^3 сточных вод, в том числе в Онежское оз. Кондопожским и Петрозаводским промышленными центрами – 100, Ладожское оз. и его притоки – 24,7, Выгозеро – 33,6, р. Контокки – 5,5, систему р. Кенти–Кенто – 23, оз. Суоярви – 1,5 млн м^3. Суммарный сброс сточных вод адекватен поступлению антропогенных продуктов (по сухому остатку) – 63,3 тыс. т, в том числе лабильных (по $БПК_{полн}$) – 4 375, $P_{общ}$ – 180,4, $N_{общ}$ – 905,6, взвешенных веществ – 5 395 т. Сброс сточных вод и антропогенных продуктов в 1998 г. был близок к уровню 1996–1997 гг., но существенно меньше, чем в 1992 г., вследствие спада производства. Из всех обследованных сточных вод наиболее низкая эффективность очистки была в Кондопожском и Лахденпохском промцентрах. Биотестирование сточных вод показало наличие токсичности большинства из них.

На экосистему Онежского оз. оказывают влияние, в первую очередь, крупные промцентры – Петрозаводск, Кондопога и Медвежьегорск, а также антропогенный сток с речными, ливневыми и дренажными водами. Зимой показатели качества воды в центре Петрозаводской губы (цветность – 40 град., Fe – 0,22 мг/л, $P_{общ}$ – 14 мкг/л) были ниже среднемноголетних. В районе водозабора г. Петрозаводска они соответствовали шуйским водам (цветность – 100 град., Fe – 0,82 мг/л, $P_{общ}$ – 31 мкг/л). Зимние гидрохимические наблюдения подтвердили, что загрязненные воды от места выпуска сточных вод г. Петрозаводска распространялись большей частью рассеянным потоком в сторону центральной части озера, и их поступление в центр Петрозаводской губы не наблюдалось. Эффективность их разбавления зависит от ледовой обстановки в озере. В 1998 г., когда центральный плес и Петрозаводское Онего были покрыты льдом, загрязненные воды распространялись более концентрированным потоком, чем в 1996 и 1997 гг., когда на озере не было сплошного ледяного покрова. В Кондопожской губе влияние сточных вод прослеживалось по всему продольному разрезу в средних слоях воды между 20- и 40-метровыми изобатами. Кратность их разбавления в центре губы достигала 40. Несмотря на существенное разбавление сточных вод отмечалось очень низкое насыщение воды кислородом на 20-метровом горизонте (20% насыщения), что связано с низкой эффективностью очистки сточных вод Кондопожского промцентра. При этом содержание

Vesistöjen nykyinen hydrologinen ja vesikemiallinen tila

1990-luvulla saatujen seurantatietojen perusteella voidaan kuvata vesistöjen nykyistä tilaa.

Seurantaohjelmaan kuluviin vesistöihin laskettiin vuodessa 188,2 milj. m^3 jätevettä, niistä Petroskoin ja Kontupohjan teollisuuskeskusten osuus on 100 milj. m^3, suoraan Laatokkaan ja sen jokiin laskettiin 24,7, Vygozerojärveen 33,6, Kontokkijokeen 5,5, Kenttijokeen 23, Suojärveen 1,5 milj. m^3. Yhteensä jätevesien kuormitus oli 63 300 t kuiva-aineena, BOD_{kok} – 4375 tonnia, P_{kok} – 180,4 tonnia, N_{kok} – 905,6, kiintoaineita 5395 tonnia. Vuoden 1998 kuormitus oli vuosien 1996 ja 1997 tasolla, mutta huomattavasti pienempi vuoteen 1992 verrattuna. Syynä on taloudellinen kriisi / tuotannon supistukset. Jätevesien käsittely on kaikista puutteellisin Kontupohjan ja Lahdenpohjan teollisuuskeskuksissa. Yleensä jätevedet ovat eliöille myrkyllisiä ja turvallinen taso saavutetaan laimentamalla ne 30-kertaisesti.

Äänis-järven ekosysteemin tilaan eniten vaikuttavat suurten teollisuuskeskittymien eli Petroskoin, Kontupohjan ja Karhumäen kaupunkien jätevesipäästöt sekä sadeviemärien, sala- ja avo-ojien päästöt ja hajakuormitus. Talvenaikana Petroskoinlahden vedenlaatu on yleensä huonompi monivuotisiin keskiarvoihin verrattuna: väriluku 40 astetta, Fe 0,22 mg/l, P_{kok} 14 µg/l. Petroskoin vedenottamon kohdalla vedenlaatu vastaa Shujajoen arvoja: väriluku 100 astetta, Fe 0,82 mg/l, P_{kok} 31 µg/l. Talven aikana tehtyjen tutkimusten perusteella todettiin, että Petroskoin jätevedet leviävät purkupaikalta järven keskialueelle. Jätevesien sekoittuminen riippuu jäätilanteesta. Vuonna 1998 Äänisen keskialueet ja Petroskoinlahti olivat jäässä ja jätevedet pääsivät «väkevän» virran muodossa lahteen. Vuosina 1996 ja 1997 jääpeite oli huomattavasti pienempi ja jätevesien sekoittuminen oli tapahtunut tehokkaammin. Kontupohjanlahdessa jätevesien vaikutus on havaittu keskisyvyydessä eli 20 ja 40 metrin välillä ja koko lahden pituudella. Lahden keskialueella jätevedet olivat jo sekoittuneet järviveteen 40-kertaisesti. Vaikka jätevedet sekoittuvat järviveteen, happipitoisuus 20-metrin syvyydessä on hyvin pieni – 20 kyllästys % – osoittaen, että Kontupohjan teollisuuden jätevedenpuhdistamon tehokkuus on heikko. Lahden vesien P_{kok} oli 22 µg/l ja lignosulfonaatit 3,5 mg/l. Vasta lahdensuussa veden laatuarvot vastaavat järven tasoa – happea 90–100 %, P_{kok} 8 µg/l, lignosulfonaatteja < 0,1 mg/l ja väriluku 20 astetta. Kesällä Petroskoinlahden ja Kontupohjanlahden vedenlaatu määräytyy hydrodynaamisilla tekijöillä. Petroskoin-

$P_{общ}$ составляло 22 мкг/л, лигносульфонатов – 3,5 мг/л, и только на выходе из губы эти показатели больше соответствовали озерным водам (90–100% насыщения кислородом, $P_{общ}$ – 8 мкг/л, лигносульфонаты < 0,1 мг/л, цветность – 20 град.). В летний период качество вод Петрозаводской и Кондопожской губ в значительной степени определяется гидродинамической ситуацией. В Петрозаводской губе показатели больше соответствовали озерным водам (цветность 40 град., Fe – 0,1 – 0,2 мг/л, $P_{общ}$ – 12 – 20 мкг/л), чем шуйским (цветность – 90 град., Fe – 0,8 мг/л, $P_{общ}$ – 37 мкг/л). В Кондопожской губе ветры северного направления выносили трансформированные сточные воды в центральную и внешнюю часть губы и в залив Большое Онего, в результате чего большинство показателей было в 1,5 раза выше, чем в 1997 г. ($P_{общ}$ – 15–22 мкг/л, ПО – 9–13 мг О/л). Следствием этого явилось высокое развитие зоопланктона на этих участках, особенно в слое эпилимниона. В Кондопожской губе отмечено наименьшее насыщение воды кислородом (73%) по сравнению с другими районами озера. В остальной части Онежского оз. показатели качества воды были близки к значениям 1996–1997 гг. Так, среднее содержание биогенных элементов составляло: $P_{общ}$ – 8 мкг/л, NO_3 – 0,24, NH_4 – 0,04, $N_{орг}$ – 0,5 мг/л и Chl-*a* – 3 мкг/л. Внутригодовая динамика биогенных элементов и кремния свидетельствует о том, что Онежское оз. вследствие антропогенного влияния ближе к переходному олиго-мезотрофному типу.

В результате многолетнего антропогенного воздействия произошли существенные изменения химического состава донных отложений Кондопожской и Петрозаводской губ и залива Большое Онего, связанные в основном с процессами эвтрофирования. В целом количественные показатели планктоноценозов Онежского оз. находились в пределах межгодовых колебаний. Наблюдается повышение уровня трофии в Петрозаводской губе. Наличие видов-индикаторов загрязнения (*Microcystis, Oscillatoria, Aphanizomenon, Filinia, Brachionus* и др.) свидетельствует о повышенном уровне загрязнения городского побережья Петрозаводской губы в районе выпуска городских сточных вод. Наиболее трансформированы биоценозы в Кондопожской губе. Влияние сточных вод ЦБК прослеживалось не только на всей ее акватории, особенно в поверхностных слоях воды, но и за ее пределами, в северной части центрального плеса озера. Биологический анализ качества воды (состав индикаторных организмов, значение индексов сапробности) позволяет отнести исследованные районы озера в основном к разряду умеренно загрязненных или β-мезосапробных (II–III классы качества).

lahden vedet muistuttavat enemmän Äänisen vedenlaatua – väriluku 40 astetta, Fe 0,1–0,2 mg/l, P_{kok} 12–20 µg/l kuin Shujajoen vedenlaatua – väriluku 90 astetta, Fe 0,8 mg/l, P_{kok} 37 µg/l. Kontupohjalahdella pohjoistuulet vievät vedet lahden keskelle ja siitä eteenpäin järven Bolshoje Onegon ulapalle. Kun lahden vedenlaatu on huonompi, epilimnionissa havaitaan eläinplanktonin kasvua. Vuonna 1998 Kontupohjan happitilanne oli huonommillaan muihin järvialueisiin verrattuna (73 %). Muualla Äänisellä tilanne oli vuosien 1996 ja 1997 keskitasoa: P_{kok} 8 µg/l, NO_3 0,24, NH_4 0,04, N_{org} 0,5 mg/l ja klorofylli «a» 3 µg/l. Ravinteiden ja piin vuodenaikaiset muutokset todistavat, että ihmisen toiminnan seurauksena Ääninen muuttuu oligo-mesotroofiselle tasolle.

Monivuotinen kuormitus ja rehevöityminen aiheuttivat merkittäviä muutoksia Suur-Äänisen, Kontupohjanlahden ja Petroskoinlahden sedimenttien kemiallisessa koostumuksessa. Rehevöityminen on havaittu Petroskoinlahdessa eri indikaattori-lajien perusteella (*Microcystis*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Filinia*, *Brachionus* ja muut). Kaupungin rannikko ja jätevedenpurkuputken ympäristö ovat saastuneita alueita. Kontupohjanlahden biokenoosit ovat muuttuneet varsin paljon. Sellu- ja paperitehtaan jätevesien vaikutusta on havaittu jo koko lahden alueella ja myös Äänisen pohjoisalueella. Biologisten menetelmien perusteella (indikaattori-lajit, saprobi-indeksit) tutkitut järvialueet kuuluvat «lievästi / kohtuullisesti saastuneet vedet»-luokkaan tai β-mesosaprobiluokkaan (II-III vedenlaatuluokka).

Pitkärannan, Sortavalan, Lahdenpohjan jätevesien purku, jokien ja koko valuma-alueen kuormitukset kohdistuvat Laatokan pohjoisalueen, varsinkin saaristoon. Mainittakoon, että Suur-Laatokan hydrodynaamiset prosessit ovat varsin tehokkaita ja veden-



На северную часть Ладожского оз., особенно шхерный район, оказывают влияние промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды промцентров Питкяранта, Сортавала, Лахденпохья, а также речной и склоновый сток с северного и северо-восточного побережий. Учитывая высокую активность динамических процессов в Ладожском оз., отметим, что на режиме его северной акватории отражается вся совокупность антропогенных факторов, имеющих место на остальной части озера и водосбора. В целом наблюдения, выполненные в 1998 г., показали, что состояние северной части Ладожского оз. существенно не отличается от такового в предыдущие годы наблюдений (1992–1996). По содержанию и распределению биогенных элементов и Chl-*a* ($P_{общ}$ – 20 мкг/л, $P_{мин}$ – 2 мкг/л, $N–NO_3$ – 0,3, $N_{орг}$ – 0,6 мг/л, Chl-*a* – 5–10 мкг/л) и показателям развития фито- и зоопланктона уровень ее трофии выше, чем Онежского, и соответствует мезотрофному типу. Наиболее высокие значения содержания биогенных элементов и Chl-*a* были отмечены у г. Сортавала на ст. 11 ($P_{общ}$ – 44, Chl-*a* – 20 мкг/л). Вблизи г. Лахденпохья указанные показатели ($P_{общ}$ – 24, Chl-*a* – 11 мкг/л) были выше по сравнению с предыдущими годами исследований, что является исключением и, по-видимому, связано с низкой эффективностью очистки сточных вод г. Лахденпохья в 1998 г. В районе г. Питкяранта и заливе Найсмери показатели больше соответствовали озерным водам. На распределении кислорода в большей степени отражались термические условия, а не внутриводоемные процессы. Исключение представляет станция вблизи г. Сортавала, где у дна насыщение составляло всего 55%, что является следствием высокого уровня трофии этого района, обусловленного внутренней локацией в нем водных масс.

Антропогенные факторы также оказывают негативное влияние на формирование химического состава донных отложений шхерного района северной части Ладожского оз. Наиболее загрязненными являются донные отложения вблизи городов Сортавала, Питкяранта и Лахденпохья. Состояние ценозов открытого плеса характеризовалось в целом относительной стабильностью качественного состава и небольшими колебаниями количественных показателей. Прибрежные районы, испытывающие прямое антропогенное воздействие, выделялись высоким уровнем развития фито- и зоопланктона, который в несколько раз (2,5–5,0) превышал показатели в открытом плесе. Анализ качества воды по организмам-сапробионтам (повышенное значение индексов сапробности) с учетом вышеназванных показателей позволяет отнести участки вблизи населенных пунктов (Сортавала, Лахденпохья, Валаам) к наиболее загрязненным в исследованном районе Ладоги.

laatu tasoittuu järvessä hyvinkin paljon. Vuoden 1998 Pohjois-Laatokan tilanne on vuoden 1992–1996 keskiarvojen tasolla. Laatokan trofiataso on korkeampi Ääniseen verrattuna, esimerkiksi ravinteiden pitoisuudet ovat korkeampia: P_{kok} 20 µg/l, P_{min} 2 µg/l, $N-NO_3$ 0,3, N_{org} 0,6 mg/l, klorofylli-a 5–10 µg/l. Myös kasvi- ja eläinplanktoniluvut ovat mesotrofian tasolla. Korkeimmat ravinteiden ja klorofyllipitoisuudet havaittiin Sortavalan edustalla asemalla 11: P_{kok} 44, klorofylli-a 20 µg/l. Lahdenpohjan edustalla vastaavat pitoisuudet P_{kok} 24, klorofylli-a 11 µg/l olivat korkeampia kuin edellisinä vuosina. Se on yleistilanteeseen poikkeus ja syynä lienee Lahdenpohjan jätevedenpuhdistamon heikko tehokkuus vuonna 1998. Pitkärannan edustalla Naismerilahdessa vedenlaatu vastaa järven tasoa. Lämpötilan erityispiirteet, eivät muut järviprosessit, vaikuttavat eniten happitilanteen kehittymiseen. Poikkeuksena on Sortavalan seurantapiste, missä pohjakerroksissa on happea vain 55 %. Lahti on rehevöitynyt, koska alue on eristetty ulapasta.

Kuormitus vaikuttaa myös Laatokan pohjoisalueella negatiivisesti sedimenttikoostumukseen. Sortavalan, Pitkärannan ja Lahdenpohjan edustalla havaittiin saastuneita sedimenttejä. Suur-Laatokan kenoosien laatuarvot ovat suhteellisesti pysyviä ja eliöiden lukumäärät vaihtelevat vähän. Rannikkoalueilla, missä ihmistoiminnan vaikutukset ovat hyvinkin havaittavissa, kasvi- ja eläinplanktonin arvot 2,5–5,0-kertaisesti ylittävät ulapan tason. Mikäli vedenlaatua arvioidaan saprobi-indeksien avulla todetaan, että Sortavalan, Lahdenpohjan ja Valamon alueet ovat Laatokan eniten kuormitettuja alueita.

Laatokan sivujoet voidaan jakaa niiden valuma-alueiden taloustoiminnan mittakaavan mukaisesti. Vastaavasti eri jokien esim. fosforin ja raudan kuormitus ovat erilaisia. Vuonna 1998 suurimmat P- ja Fe – pitoisuudet havaittiin Olonkajoessa, Tuloksajoessa, Enäjoessa, Kirkkijoessa ja Savainjoessa: keskimäärin P_{min} 43, P_{kok} 72 µg/l, Fe 1,62 mg/l ja väriluku yli 200 astetta. Toiseen ryhmään kuuluvat Vidlitsajoki, Aurajoki, Tohmajoki, Iijoki, Miinalanjoki ja Hiitolanjoki: P_{min} 10,5, P_{kok} 35 µg/l, Fe_{kok} 1,1 mg/l ja väriluku on 156 astetta. Kolmanteen ryhmään kuuluvat Uksunjoki, Jänisjoki, Koirinoja ja Syskyänjoki. Näiden jokien vedenlaatu on hyvin lähellä taustatilaa: P_{min} 1,6, P_{kok} 17,4 µg/l, Fe 0,52 mg/l ja väriluku 136 astetta. Savainjoessa ja Kirkkijoessa havaittiin päästöjen vaikutusta karjatiloilta.

Vuonna 1998 Laatokan sivujokien vedenlaatu oli edellisten vuosien keskitasolla. Vuoden aikana muutosten vaihtelut olivat hieman pienempiä kuin yleensä. Toisin sanoen keväällä vedenlaatu on ollut melkein samalla tasolla kuin kesällä ja syksyllä.

Притоки Ладожского оз. отличаются по степени хозяйственной освоенности их водосборов, что отражается, в первую очередь, на выносе фосфора и железа в озеро. Из всех обследованных притоков в 1998 г. наибольшее содержание P и Fe отмечено в реках Олонка, Тулокса, Эняйоки, Киркийоки и Савайнйоки (в среднем по этой группе $P_{мин}$ – 43, $P_{общ}$ – 72 мкг/л, Fe – 1,62 мг/л, при цветности воды более 200 град.). Меньшие содержания биогенных элементов отмечены во второй группе рек: Видлица, Аурайоки, Тохмайоки, Иййоки, Мийналанйоки, Хиитоланйоки ($P_{мин}$ – 10,5, $P_{общ}$ – 35 мкг/л, $Fe_{общ}$ – 1,1 мг/л при цветности воды 156 град.). Для рек Уксунйоки, Янисйоки, Койриноя, Сюскюянйоки их значения были близки к фоновым для вод близкого генезиса ($P_{мин}$ – 1,6, $P_{общ}$ – 17,4 мкг/л, Fe – 0,52 мг/л при цветности 136 град.). Для рек Савайнйоки и Киркийоки отмечено загрязнение отходами животноводства.

В целом химический состав вод притоков Ладожского оз. в 1998 г. был такой же, как и в предыдущие годы наблюдений. Отличие заключается в том, что сезонная динамика была слабо выражена. В частности, весенние показатели в 1998 г. незначительно отличались от летних и осенних. Водность года не отражалась на содержании и выносе минеральных и биогенных элементов. В то же время содержание органических веществ было существенно больше (средневзвешенная по притоку цветность – 167 град.), чем в предыдущие годы (119 град.), и увеличение их выноса не было пропорционально приросту водного стока, который в 1998 г. был на 20% выше среднемноголетнего.

Водоемы района Костомукши. Наблюдения на водоемах района Костомукши в 1998 г. проводили на р. Контокки, являющейся приемником хозяйственно-бытовых сточных вод г. Костомукши, и на озерно-речной системе Кенти–Кенто, в которую сбрасываются техногенные воды АО «Карельский окатыш». В зимний период была выполнена съемка оз. Среднего Куйто, в которое поступают сточные воды пос. Калевала.

На водоемах района Костомукши в зимний период 1998 г. наиболее высокое загрязнение установлено в устье р. Контокки, что связано с влиянием хозяйственно-бытовых сточных вод города (кратность разбавления которых была равна всего лишь пяти). Кроме того, наблюдалось превышение ПДК по аммонию (0,5 мг N/л) при удовлетворительном кислородном режиме (83% насыщения). Осенью показатели качества воды были намного выше (NH_4 – 0,14 мг N/л), а кратность разбавления сточных вод уже достигала двадцати. В устье р. Ногеуксы зимой химические показатели были выше фоновых в 2 раза и мало отличались от осенних. Такая картина распределения загрязнения по сезонам связана с существенно меньшим расходом воды в зимнюю межень по сравнению с осенним периодом.

Jokien virtaamien muutokset eivät vaikuttaneet ravinteiden ja muiden ionien huuhtoutumiseen. Orgaanisia aineita oli kuitenkin enemmän, kaikkien sivujokien väriluvun keskiarvo oli 167, kun edellisinä vuosina se oli 119 astetta. Mutta lisäykset eivät korreloi virtaamien kasvuun. Vuoden 1998 valunta-arvot ja virtaamat olivat 20 % suurempia monivuotiseen arvoon verrattuna.

Kostamuksen vesistöt. Vuonna 1998 Kostamuksen alueella seurattiin vedenlaatua seuraavilla vesistöillä: Kontokkijoella, joka on Kostamus-kaupungin yhdyskunnan jätevesien purkuvesistö ja Kenttijoella, joka on Karelski okatysh OY:n teollisuuden jätevesien purkuvesistö. Talven aikana tutkittiin myös Srednee Kuittojärven vedenlaatua, jonne lasketaan Kalevalakauppalan jätevedet.

Vuoden 1998 talven aikana Kostamuksen seudulla Kontokkijoensuu on ollut eniten kuormittunut alue, missä kaupungin yhdyskuntajätevesien vaikutus on varsin suuri pienen 5-kertaisen laimennussuhteen takia. Siellä havaittiin myös ammoniumin sallitun pitoisuuden (0,5 mgN/l) ylittyminen, vaikka happea on ollut suhteellisesti paljon (83 %). Syksyllä vedenlaatu oli parantunut (NH_4 0,14 mgN/l) jätevesien laimennuskertoimen ollessa lähellä 20. Nogeuksajoensuussa vedenlaatu oli 2 kertaa huonompi tausta-arvoihin verrattuna sekä talvella että syksyllä siitä huolimatta, että talven alivesivirtaama on yleensä pienempi syysvirtaamaan verrattuna.

Kenttijoen vesistön vedenlaatu edelleenkin huononee jätevesien kuormituksesta johtuen. Lammikosta laskettujen jätevesien määrä oli vuonna 1998 22,4 milj. m^3. Kuormitusta lisäävät myös suoto- ja ohituskanavien jätevedet. Täytyy korostaa, että edellisen vuoden jätevesien määrä nostaa vuoden 1998 kuormitusta. Vuonna 1997 kombinaatin jätevesial-



В системе озер Кенти–Кенто наблюдалось дальнейшее изменение химического состава их вод под действием попусков воды из хвостохранилища (их объем в 1998 г. составил 22,4 млн м^3), а также в результате поступления вод фильтрационных и из водоотводных каналов. Следует отметить, что состав воды в 1998 г. отражал не только попуски 1998 г., но и предыдущих лет, прежде всего 1997 г., в течение которого было сброшено 14,5 млн м^3 техногенных вод. В результате этого минерализация воды в нижних, наиболее крупных озерах Кенто и Койвас зимой 1998 г. соответственно достигала 97 и 139, содержание калия – 20 и 28 мг/л, лития – 7 и 12 мкг/л, нитратов – 0,2 и 0,5 мгN/л при их фоновых значениях: $\Sigma_и$ – 17, K – 0,4 мг/л, Li – 0,4 мкг/л и N–NO_3 – 0,05 мг/л. Кратность разбавления техногенных вод зимой 1998 г. составляла в среднем в оз. Окуневом около 1, в оз. Поппалиярви – 3, оз. Койвас – 5 и оз. Кенто – 7. С начала осуществления попусков воды из хвостохранилища (1994 г.) наблюдается ежегодное увеличение значений большинства химических показателей в этих озерах, а также тренд в сторону снижения насыщения воды кислородом в придонных слоях в зимний период. Так, последний показатель в 1998 г. составил в оз. Окуневом всего лишь 16, в озерах Поппалиярви, Койвас и Кенто – 44–58%. Это является крайне неблагоприятной тенденцией, вызванной, по-видимому, поступлением в систему азотсодержащих соединений рудничных вод.

Загрязнение оз. Среднее Куйто в 1998 г. техногенными водами ГОКа, как и в прежние годы, было несущественным. Так, содержание калия составило всего 1,4 мг/л, лития – 0,7 мкг/л, нитратов – 0,8 мг N/л, что соответствует как минимум 100-кратному разбавлению техногенных вод. В то же время в придонных слоях у пос. Калевала отмечалось загрязнение хозяйственно-бытовыми сточными водами. Осенью 1998 г. зоопланктон исследованных участков р. Кенти в целом не отличался видовым разнообразием, имели место низкие количественные показатели – естественное явление для данного периода наблюдений. Согласно полученным данным, воды речных участков озерно-речной системы Кенти–Кенто (индекс сапробности 1,56–1,57) можно отнести к умеренно (слабо) загрязненным.

Повышенными значениями индекса сапробности (1,83) выделялась р. Ногеукса, что, возможно, связано с влиянием хозяйственно-бытовых сточных вод г. Костомукши, а также форелевого хозяйства, расположенного на оз. Кимасозеро.

Озера Суоярви и Исо-Пюхяярви. Основными факторами антропогенного воздействия на оз. Суоярви являются сброс сточных вод города и промышленных предприятий, поверхностный сток с заселенных территорий и сельхозугодий, а на оз. Исо-Пюхяярви –

taaseen laskettiin 14,5 milj. m^3 jätevettä. Sen seurauksena vuoden 1998 talvella vedenlaatu vesistön alajuoksulla Kentojärvessä ja Koivasjärvessä huononi: ionien summa saavutti 97 ja 139 mg/l vastaavasti, kaliumin pitoisuus oli 20 ja 28 mg/l, litiumin 7 ja 12 µg/l ja nitraattityppeä oli 0,2 ja 0,5 mgN/l. Taustapitoisuudet ovat: Σ_i 17, K 0,4 mg/l, Li 0,4 µg/l ja N-NO_3 0,05 mg/l. Vuoden 1998 talvella jätevesien laimennuskerroin oli Okunjovojejärvessä lähellä 1, Poppalijärvessä 3, Koivasjärvessä 5 ja Kentojärvessä 7. Vuonna 1994 aloitettiin jätevesien lasku jätevesilammikosta ja sen jälkeen vedenlaatu vuosittain huononi mainituissa järvissä. Sen lisäksi todettiin, että pohjakerrosten happipitoisuus talvella laski. Vuonna 1998 hapen kyllästysprosentti oli Okunjovojejärvessä vain 16, Poppalijärvessä, Koivasjärvessä ja Kentojärvessä 44–58 %. Tämä muutos on erittäin huono ja todistaa, että vesistöön pääsee paljon typpeä sisältäviä malmivesiä.

Vuonna 1998 Kostamuksen kombinaatin jätevesien kuormitus Srednee Kuitton järveen ei ollut merkittävämpää kuin edellisinä vuosinakaan. Esimerkiksi kaliumin pitoisuus oli vain 1,4 mg/l, litiumin 0,7 µg/l ja nitraatin 0,8 mg N/l. Mainitut pitoisuudet vastaavat 100-kertaista laimennussuhdetta. Kalevalan edustalla pohjakerroksissa havaittiin yhdyskunnan jätevesien vaikutusta. Vuoden 1998 syksyllä Kentijoen eläinplanktonin lajisto ei ollut monipuolista eikä lajien eliöiden lukumäärät olleet suuria, mikä on sen ajankohdan luonnollinen ilmiö. Saatujen tulosten mukaan Kentijoen vedenlaatu kuuluu «lievästi tai kohtuullisesti kuormittuneiden» -luokkaan, koska saprobi-indeksi on 1,56–1,57.

Kohonnut saprobi-indeksi (1,83) on havaittu Nogeuksajoessa. Syynä lienee Kostamuksen yhdyskuntajätevesien ja Kimasjärven kalaviljelylaitoksen vaikutukset.



поступление дренажных вод с мелиорированных земель.

Качество воды этих озер имеет близкие характеристики, соответствующие мезополигумозному типу водоемов. Загрязнение оз. Суоярви выражено слабо, и в основном проявляется в его южной части под влиянием сточных вод. В этой же части озера отмечено наибольшее содержание $P_{общ}$ (18 мкг/л весной и 37 – летом) и нефтепродуктов (0,16 мг/л), а также Zn и Cu. Уровень развития фотосинтетических процессов в обоих озерах летом 1998 г. был достаточно низким (Chl-*a* – 1,5 мкг/л), что связано с лимитированием его биогенными элементами. Оз. Исо-Пюхяярви является источником питьевого водоснабжения г. Суоярви, однако его вода не соответствует нормативам ГОСТа «Вода питьевая», и требуется ее очистка от органических веществ и соединений железа. В целом уровень обилия и биомассы зоопланктона оз. Суоярви в июле 1998 г. можно определить как самый низкий в ряду последних лет наблюдений. Качество воды, определенное по организмам-сапробионтам, характеризовало водоемы как умеренно загрязненные β-мезосапробного класса (индекс сапробности 1,66–1,71). По показателям макробентоса воды оз. Суоярви на участках, где проводились исследования, можно характеризовать как загрязненные. Индекс сапротаксобности колебался от 2,5 в центральной части озера до 3,09 – в южной, что соответствует IV классу качества вод. Воды оз. Исо-Пюхяярви в обследованных районах можно характеризовать как умеренно загрязненные. Индекс сапротоксобности колебался от 2,45 в центральной части до 2,24 в районе водозабора, что соответствует III классу качества вод. В общем, следует сказать, что за последние годы существенных изменений структурных и количественных показателей как зоопланктона, так и зообентоса и в озерах Суоярви (за исключением его южной части), и в оз. Исо-Пюхяярви не произошло.

На всех объектах мониторинга наиболее детально были исследованы следующие загрязняющие вещества: нефтепродукты, фенолы, фториды, медь, цинк, никель, хром, кобальт, лигносульфонаты, а также литий и алюминий. В целом загрязнение водных объектов нефтепродуктами, медью и цинком было выражено слабо, и их содержание не превышало ПДК. В то же время вблизи населенных пунктов (Надвоицы и Суоярви), автодорог, судовых фарватеров отмечалось загрязнение воды нефтепродуктами (до 0,3 мг/л). Наибольшее количество фторидов обнаружено в источнике питьевого водоснабжения пос. Надвоицы (0,7 мг/л), что связано с техногенным воздействием Надвоицкого алюминиевого завода. Загрязнение фенольными соединениями отмечено в Выгозерском водохранилище в зимний период (до 63 мкг/л), тогда как летом их показатели были намного ниже (1–8 мкг/л). В озерно-реч-

Suojärvi ja Iso-Pyhäjärvi. Kaupungin yhdyskunta- ja teollisuusjätevesien päästöt ja hajakuormitus ovat Suojärven kuormituksen lähteet. Maanparannus- ja ojitusrakenteet aiheuttivat Iso-Pyhäjärven myös vedenlaadun huononemisesta.

Molemmat järvet kuuluvat mesopolihumusvesistötyyppiin. Suojärven saastuminen on toistaiseksi hyvin pientä ja sitä on havaittu vain eteläalueella, mihin jätevedet lasketaan. Vedenlaatua kuvaavat seuraavat arvot: P_{kok} 18 µg/l kevällä ja 37 kesällä, öljytuotteet 0,16 mg/l. Zn ja Cu pitoisuudet ovat kohonneet. Vuoden 1998 kesällä kummassakin järvessä fotosyntteettiset prosessit olivat varsin matalalla tasolla: klorofylli-a oli 1,5 µg/l, jonka kasvua rajoittaa ravinteiden puute. Iso-Pyhäjärvi on Suojärven kaupungin vesihuollon raakaveden lähde. Sen laatu ei kuitenkin vastaa «Juomavesi» -GOST-vaatimuksia. Vedessä on liika orgaanisia aineita ja rautaa, jotka on poistettava käsittelyssä. Vuonna 1998 Suojärven eläinplanktonin lajiston runsaus ja biomassa ovat pienempiä kuin koko viimevuosien havaintosarjassa. Saprobi-indikaattorilajien mukaan vedenlaatu kuuluu «kohtalaisesti kuormitettuun β-mesosaprobi» -luokkaan, veden saprobi-indeksi on 1,66–1,71. Makropohjaeläinmäärien mukaan Suojärvi kuuluu «kuormitettu / saastunut» -luokkaan. Saprobi-indeksi vaihteli 2,5:sta järven keskellä 3,09:ään eteläpuolella vastaten vedenlaatuluokkaa IV. Tutkitut Iso-Pyhäjärven osuudet kuuluvat «kohtalaisesti / kohtuullisesti kuormitettujen» -vedenlaatuluokkaan. Saprobi-indeksi vaihteli 2,45:stä järven keskellä 2,24:ään vedenottamon edustalla, mikä vastaa laatuluokkaa III. On korostettava, että Suojärven (lukuun ottamatta eteläaluetta) ja Iso-Pyhäjärven eläinplanktonin ja pohjaeläinplanktonin lajistossa suuria rakenne- tai määrällisiä muutoksia ei havaittu.

Kaikilla seuranta-alueilla tutkittiin varsin yksityiskohtaisesti seuraavia arvoja, pitoisuuksia ja parametreja: öljytuotteet, fenolit, fluori, kupari, sinkki, nikkeli, kromi, koboltti, lignosulfonaatti / ligniini, litium ja alumiini. Tutkitut vesistöt ovat kuormittuneet öljytuotteilla, kuparilla ja sinkillä erittäin pienissä määrin, arvot eivät ylittäneet suurten sallittujen pitoisuuksien tasoa. Vain taajamien (Nadvoitsy ja Suojärvi), maanteiden ja laivaväylien ympäristöt kärsivät öljytuotteiden kuormituksesta pitoisuuden noustessa 0,3 mg/l tasolle. Nadvoitsyn raakavesilähteessä on korkeat fluoripitoisuudet (0,7 mg/l) paikallisen alumiinitehtaan päästöjen takia. Vygozeron järvessä talven aikana havaittiin korkeat fenolipitoisuudet (63 µg/l asti), mutta kesäaikana vastaavat arvot ovat huomattavasti pienempiä (1–8 µg/l). Kentijoen vedessä on paljon litiumia, enemmän kuin taustapitoisuudet. Myös Ni-, Co- ja Cr-pitoisuudet ovat kohonneet.

ной системе Кенти–Кенто концентрация Li существенно превышала фоновые значения. В ней же отмечено повышенное содержание Ni, Co и Cr.

Информационное обеспечение мониторинга

По каждому объекту мониторинга формируется база данных в системе Paradox и Exel. Представление данных осуществляется с элементами экспертной оценки трофического состояния, качества воды, сапробности и степени загрязнения водного объекта с привязкой к картографической основе масштаба 1 : 200 000.

По результатам работ составляется информационный бюллетень о состоянии поверхностных водных объектов на территории Республики Карелия, материалы которого включаются в ежегодный Государственный доклад по состоянию окружающей среды Карелии. Материалы передаются также в Невско-Ладожское БВУ, территориальным органам Росгидромета, Госкомэкологии, Минздрава и другим федеральным органам исполнительной власти.

4.2.2. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Мониторинг подземных водных объектов представляет собой современную подсистему мониторинга геологической среды (ГМГС) и подсистему мониторинга водных объектов, которые являются составными частями единой государственной системы экологического мониторинга.

Задачами ГМГС на территории республики являются:

1. Оценка состояния и тенденций изменения состояния недр;
2. Прогнозирование происходящих в них процессов, в том числе в основных эксплуатируемых водоносных горизонтах на территории Республики Карелия;
3. Оценка и прогноз состояния ресурсов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения и других типов подземных вод;
4. Ведение государственного учета вод (ГУВ) и государственного водного кадастра (ГВК) по разделу «Подземные воды»;
5. Информационное взаимодействие с другими государственными системами мониторинга окружающей природной среды и природных ресурсов по соответствующим вопросам на территориальном уровне;
6. Информационное обеспечение органов управления государственным фондом недр территориальных подразделений федеральных органов государственной власти данными о состоянии недр (геологической среды), в том числе по вопросам безопасного использования геологической среды.

Seurannan tietokannat

Jokaiselle vesistöryhmälle on perustettu ikioma tietokanta Paradox ja Exel -formaatissa. Tietoja käsitellään käyttäen 1 : 200 000 karttoja, tietokannassa on vedenlaadun kuormitusarviot sekä asiantuntijoiden lausunnot vesistöjen trofiatasosta ja saprobi-arvot.

Seurannan tulosten perusteella laaditaan raportti, joka kertoo Karjalan Tasavallan pintavesistöjen tilasta. Raportin tietoja käytetään «Karjalan ympäristön tila» -valtiollisen raportin valmistelussa. Seurantatiedot toimitetaan Nevan ja Laatokan valuma-alueen vesivirastolle, Venäjän hydrologian ja meteorologian laitoksen alueellisille toimistoille, terveysviranomaisille ja muille federatiivin toimeenpaneville viranomaisille.

4.2.2. POHJAVESIVARAT

Pohjavesien seuranta kuuluu GMGS:n eli geologiseen seurantaohjelmaan ja vesistöjen seurantaohjelmaan, jotka ovat valtiollisen ympäristöseurannan osioita. Karjalan Tasavallan geologisen seurannan tavoitteena on:

1. Luonnonvarojen tilan ja sen muutosten arvioinnit;
2. Luonnonvarojen sisäisten prosessien ennustaminen, mm. Karjalan Tasavallan käytössä olevien pohjavesivarojen tilan ennustaminen;
3. Pohjavesivarojen käyttömahdollisuusennusteet vesihuollossa;
4. Valtiollisen vesistörekisterin (GUV) ja vesikadasterin (GVK) «Pohjavesivarat»-otsikon ylläpitäminen;
5. Aluetason tiedonvaihto muiden ympäristön ja luonnonvarojen seurannan tietokantojen kanssa;
6. Tietojen toimitus luonnonvarojen käyttöä hallitseville valtiollisille viranomaisille, mm. geologisten luonnonvarojen turvallisessa käytössä.

Karjalan Tasavallan pohjavesivaroja ja vettäjohtavien kerrostumien ominaisuuksia tutkittiin vuodesta 1972 Neuvostoliiton geologian ministeriön päätöksen numero 250, 1.06.71 ja sitä seuraavien numero 729, 21.12.75 ja numero 339, 29.07.78 perusteella. Vuodesta 1990 on seurattu pohjavesien laatua mahdollisten pilaantumisten vaikutusalueilla.

Tällä hetkellä geologinen ja luonnonvarojen seuranta perustuu Venäjän Luonnonvarojen ministeriön asetukseen numero 433 «Venäjän Federaation luonnonvarojen valtiollisesta seurannasta» 21.5.2001. Venäjän luonnonvarojen ministeriön Federatiivinen luonnonvarojen hallinto (agenstvo) valvoo asetuksen toteuttamista.

Изучение режима подземных вод основных водоносных горизонтов в Карелии осуществляется с 1972 г. на основании приказа Мингеологии СССР № 250 от 01.06.1971 г. и последующих № 729 от 21.12.1975 г. и № 339 от 29.07.1978 г. Качество подземных вод на участках потенциального загрязнения изучается с 1990 г.

В настоящее время работы по мониторингу состояния недр проводятся на основании Приказа МПР РФ от 21 мая 2001 г. № 433 «Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации». Контроль за исполнением возложен на Федеральное агентство по недропользованию Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Основным исполнителем работ по ведению мониторинга состояния недр на договорной основе является ГУП РК «Карельская геологическая экспедиция». Мониторинг осуществляется путем создания сети наблюдательных скважин и родников таким образом, чтобы были наиболее полно охарактеризованы все имеющиеся на данной территории водоносные горизонты, в первую очередь, имеющие водохозяйственное значение.

Характеристика наблюдательной сети

Наблюдательная сеть государственного мониторинга подземных вод (ГМПВ) распределена по уровням финансирования на федеральную, территориальную и объектную. К наблюдательной сети федерального уровня (ОГНС) отнесены: наблюдательные скважины на площадях с естественным режимом подземных вод без влияния загрязнения, самоизливающие скважины на неэксплуатируемом месторождении подземных вод (МПВ) «Петрозаводское», самоизливающая скважина в г. Петрозаводске (ул. Федосовой) и родник «Три Ивана» (Заонежье). Определяющим фактором для размещения ПН ОГНС, в первую очередь, является хозяйственное назначение водоносного горизонта. В составе ОГНС находятся 4 одиночных пункта наблюдений (ПН) и 31 составляют групповые ПН (кусты, створы). На рис. 4.5. показаны объекты мониторинга подземных вод.

К наблюдательной сети территориального уровня (ТНС) отнесены скважины в зоне влияния водозабора подземных вод в г. Олонце, а также на участках антропогенного загрязнения подземных вод. Объектную сеть составляют эксплуатационные скважины, принадлежащие водопользователям, таким как курорт «Марциальные воды» (4 скважины), МП ЖКХ г. Олонца (5), МП ЖКХ пос. Повенец (4) и пос. Пиндуши (3), совхоз «Ведлозерский» (2 скважины).

Таким образом, в наблюдательную сеть на 01.01.2003 г. входят 70 скважин и 1 родник, в том



«Karjalan geologinen ekspeditio» -Karjalan Tasavallan valtion yritys on tehnyt vastaavia sopimuksia ja suorittaa luonnonvarojen seurantaa. Pohjavesiseurantaverkostoon kuuluu tutkimuskaivoja ja vesilähteitä, jotka on valittu erilaisten vettäjohtavien kerrostumien ja esiintymien alueilta. Asemat sijaitsevat tärkeimmillä vesitalous- ja vesihuoltoalueilla.

Seurantaverkoston kuvaus

Seurantaverkosto on jaettu rahoitusten mukaan eri tasoihin: federatiivinen, alueellinen ja tapauskohtainen.

Federatiivisen tason seurantaverkostoon (ОГНС – OGNS) kuuluu: luonnontilassa, ilman kuormitusta olevia havaintokaivoja, Petroskoin PPV:n omalla paineella purkava kaivo, Petroskoin «Tri Ivana / Kolme Jussia» -kaivo ja lähde Fedosovan kadulla. Näiden seurantapaikkojen valinnassa tärkein tekijä on vettäjohtavan horisontin taloudellinen merkitys. Tällä hetkellä tämän tason seurantaverkostoon kuuluu 4 yksittäistä kaivoa ja 31 kaivoryhmää. Kuvassa 4.5. on esitetty pohjavesien seurantapisteet.

Aluetason seurantaan kuuluu Aunuksen kaupungin vedenottamoalueen porakaivot ja kuormittuneiden alueiden pohjavesikaivot.

Tapauskohtainen verkosto koostuu eri kaivoista, jotka ovat jo käytössä: «Martsialnye vody» -parantolan 4 kaivoa, Aunuksen kaupungin yhdyskuntatekniikkalaitoksen 5 kaivoa, Povenetsan yhdyskuntatekniikkalaitoksen 4 porakaivoa, Pindushin taajaman 4 porakaivoa, Vedlozerskin sovhoosin 2 porakaivoa. Yhteensä seurantaverkostoon kuuluu (tilanne 01.01.2003) 70 porakaivoa, 1 vesilähde (niistä 3 porakaivoa ja vesilähde on ns. «yksittäisiä» eli 1 piste edustaa koko aluetta). Listaan kuuluu pituusleikkauksia, jotka koostuvat useista pora-kaivoista, 5 laitosta – luonnonvarojen «käyttäjää» on seurannassa.

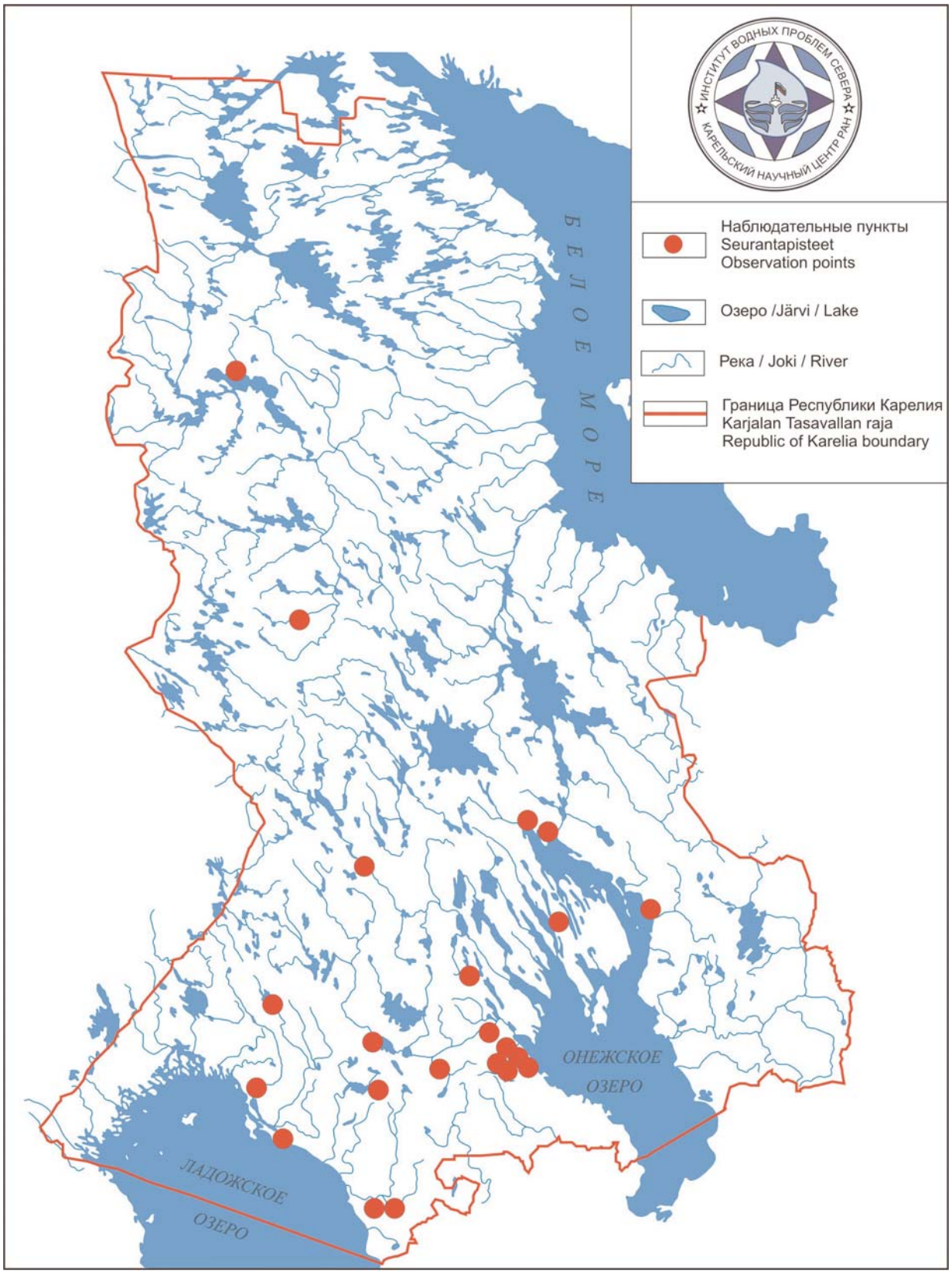


Рис. 4.5. Пункты мониторинга подземных вод

Kuva 4.5. Karjalan Tasavallan pohjavesien seurantapisteet

числе 3 одиночные скважины, 1 родник, 12 режимных створов, 5 объектов недропользователей.

Пункты наблюдений, составляющие современную наблюдательную сеть ГМПВ, организованы в период 1972–1995 гг. Наблюдательные скважины оборудованы на верхнечетвертичные (22 скважины), осадочные верхнепротерозойские (4 скважины) и кристаллические архей-протерозойские (9 скважин) гидрогеологические подразделения. Пункты наблюдений распространены весьма неравномерно по территории Карелии. В Северном озерном районе (площадь 56 тыс. км^2) расположены 6 ПН, представляющих собой створы по 3 скважины в каждом, (ПН «Калевала» и «Муезерский»). В Центральном районе (площадь 40 тыс. км^2) находится один ПН за естественным режимом, представленный одиночной наблюдательной скважиной в пос. Поросозеро. В Южном районе (площадь 84 тыс. км^2) расположены 28 ПН, в число которых входят 8 створов из нескольких скважин, один куст скважин и три одиночные ПН.

Режим подземных вод

Целевым назначением мониторинга подземных вод является изучение гидродинамического, гидрохимического и температурного режимов подземных вод в естественных условиях и формирование многолетнего банка данных с целью разработки кратко- и долговременных прогнозов для обоснования рациональной эксплуатации подземных вод.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Опорная государственная наблюдательная сеть представлена 30 пунктами для изучения режима уровней подземных вод и 5 – для изучения дебита самоизлива.

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Территория Карелии находится в зоне избыточного увлажнения европейской части России и относится к типу сезонного, преимущественно весенне-осеннего режима питания грунтовых вод в провинции с устойчивым зимним промерзанием зоны аэрации. Естественный режим ГВ характеризуется наличием предвесенней межени, резкого подъема уровня весной, связанного с первым этапом питания ГВ, постепенного спада уровня до осени, осложненного отдельными дождями, затем небольшого подъема уровня осенью и постепенного, независимого спада уровня до весны. Формирование естественного режима происходит под воздействием климатических факторов.

Общие черты формирования режима подземных вод даны на примере 2001 г., среднего по водности года, и заключаются в следующем:

GMPV-verkosto on järjestetty vuonna 1972 ja 1995 välisenä aikana. Porakaivot on varustettu pohjaveden ottoon: kvarttäärikautisten kerrostumien ylävyöhykkeessä (22 porakaivoa), yläproterozoiskin sedimenttikerrostumissa (4 porakaivoa), arkeisproterozoiskin kiteisessä kallioperässä (9 pora-kaivoa).

Seurantapaikat kattavat Karjalan Tasavallan alueen hyvin epätasaisesti. Pohjoisella järvialueella ($F \sim 56\,000$ km^2) on 6 paikkaa, joista muodostuu 2 pituusleikkausta (Kalevalan ja Mujezerskin taajamat). Keskialueella ($F \sim 40\,000$ km^2) on 1 seurantapiste Porosozeron asutuskeskuksessa. Eteläisellä alueella ($F \sim 84\,000$ km^2) on 28 seurantapaikkaa. Ne ovat muutamien porakaivojen linja (8), yksi havaintopaikkaryhmä ja 3 yksittäistä havaintopaikkaa.

Pohjavesien tila

Pohjavesien seurannan tavoitteena on hydrodynamiikan, vesikemian ja lämpötilahavaintojen kerääminen ja tutkimukset sekä eripituisten ennusteiden laadinta monivuotisen tietokannan perusteella. Seuranta mahdollistaa pohjavesivarojen käytön järkevällä pohjalla.

POHJAVESIEN HYDRODYNAAMISET OLOT

Pohjavesien syvyyttä seurataan valtakunnallisen verkoston avulla, johon alueellamme kuuluu 30 asemaa ja 5:lla paikalla seurataan lähteiden luonnollista antoisuutta.

KVARTTÄÄRIKAUTISTEN KERROSTUMIEN MATALAPOHJAVEDET

Karjalan Tasavallassa sadesumma ylittää reilusti haihdunnan ja pohjavettä muodostuu lisää eniten keväällä ja syksyllä. Talven aikana pohjavesiä hapettava kerros jäätyy miltei kokonaan.

Luonnon olosuhteissa kevään alussa pohjaveden pinnan taso nousee hyvin nopeasti, jonka jälkeen pohjaveden korkeus tasaisesti laskee. Syksyn aikana sateet voivat nostaa pohjaveden tason korkeutta jonkin verran ja sen jälkeen taso taas laskee kevään alkuun saakka. Näin ilmastotekijät vaikuttavat pohjavesien esiintymiseen.

Pohjavesien yleiset piirteet voidaan kuvata vuoden 2001 esimerkkiä käyttäen seuraavasti:

- Hapettavan kerroksen yläkerros on jäätynyt muutaman kuukauden ajaksi ja sen takia lisää vettä ei suotaudu pohjavesikerroksiin. Pohjaveden pinnan korkeus laskee ja vuonna 2001 lasku kesti helmihuhtikuun asti. Vuonna 2001 pohjaveden pinnan korkeus oli Karjalan Tasavallan pohjoisosissa – 1,41 m ja eteläosissa +0,45 m korkeammalla vuoteen 2000 verrattuna.

• Вследствие промерзания верхней части зоны аэрации в течение нескольких месяцев отсутствует инфильтрационное питание грунтовых вод. В этот период наблюдается только грунтовый сток, что сопровождается спадом уровня ПВ. Зимний спад уровня завершился в феврале–апреле на глубинах, изменяющихся по отношению к прошлогодним в пределах от – 1,41 м на севере до + 0,45 м на юге.

• Атмосферные осадки, накопившиеся за зиму в виде снегового и ледяного покровов, инфильтровались весной. Это основной этап питания ГВ, характеризующийся резким подъемом их уровня. Весенние максимальные уровни зафиксированы в свои среднестатистические сроки – в апреле–мае, на севере – в июне, на глубинах с отклонением по отношению к прошлогодним значениям + 0,03–0,68 м.

• Далее до августа–сентября происходит плавный спад уровней. Летне-осенние минимальные уровни устанавливались на глубинах ниже, чем в предыдущем году на 0,2–1,3 м, что обусловлено дефицитом атмосферных осадков, повышенной температурой воздуха и, как следствие этого, более высокими значениями испарения и транспирации влаги растениями.

• Второй этап питания грунтовых вод совпадает с летними и осенними дождями. В это время наблюдается подъем уровня, пик которого приходится на сентябрь–ноябрь, по величине ниже соответствующего максимума прошлого года на 0,1–1,5 м.

• УГВ на конец 2001 г. были ниже, чем на его начало, что свидетельствует о расходовании запасов грунтовых вод.

Среднегодовой уровень грунтовых вод в 2001 г. был ниже прошлогоднего значения на 0,1–0,60 м и ниже среднемноголетних показателей на 0,1–1,04 м.

На территории Карелии выделены участки с различными видами режима подземных вод (междуречный, склоновый, гидрологический). Междуречный вид режима свойственен подземным водам междуречных пространств. Дренированность междуречий слабая, уклоны потоков грунтовых вод весьма небольшие. Колебания уровней тесно связаны с атмосферными осадками. Формирование этого вида режима происходит под влиянием процессов инфильтрации и испарения, т. е. вертикального перемещения влаги в зоне аэрации, в связи с чем важную роль играют мощность зоны аэрации и ее литология.

Междуречный вид режима изучается по подземным водам в поселках Калевала, Муезерский (Северный озерный район), Лоймола (Центральный район), Киндасово (Южный район). Глубины залегания грунтовых вод на этих участках изменяются в песках от 0,9 до 8,7 м, в супесях и суглинках – от 1,7 до 4,7 м. В 2001 г. для этого вида режима характерны следующие особенности: низкий среднегодовой уровень (ниже прошлогоднего на 0,15–0,30 м и многолетних

• Talven sateet eli lumi- ja jääpeite sulavat kevään aikana ja vedet suotautuvat pohjavesivaroihin, veden pinnan taso nousee saavuttaen maksimin huhtitoukokuussa, pohjoisessa kesäkuussa. Viime vuoteen verrattuna pohjaveden pinta nousi 0,03–0,68 m.

• Pohjaveden pinnan korkeus laskee tasaisesti elo-syyskuun saakka. Kesän alivesiaikana havaittiin minimitaso, joka oli 0,2–1,3 m alempana viimevuoteen verrattuna, sillä sadesumma oli myös pienempi ja ilman lämpötila korkeampi (kasvit myös käyttivät enemmän vettä)

• Pohjavesien «ruokinnan» toinen vaihe tapahtuu kesän ja syksyn sadeaikoina. Silloin pohjaveden pinta nousee saavuttaen syksyn huipun, joka vuonna 2001 oli syys-marraskuussa. Huippu oli 0,1–1,5 m pienempi viimevuoden huippuun verrattuna.

• Vuoden 2001 lopussa pohjaveden pinnan korkeus oli alempana vuoden 2001 alkuun verrattuna.

Vuoden 2001 pohjaveden pinnan korkeus oli 0,1–0,6 m alempana vuoteen 2000 verrattuna ja 0,1–1,04 m alempana monivuotiseen keskitasoon verrattuna.

Pohjavedet Karjalan Tasavallan alueella on jaettu eri tyyppeihin (jokiuomien välinen tyyppi, rinnetyyppi ja hydrologinen tyyppi):

Jokien uomien välillä, mikäli maaperän vedenläpäisevyys on pieni, muodostuu erillinen pohjavesityyppi. Pohjavesien virtauskaltevuus on varsin pieni ja niiden varat ovat voimakkaasti riippuvaisia sademäärästä. Maaperän vedenläpäisevyys ja haihdunta, vesien liikkuminen hapettavassa kerroksessa ja vastaavasti maaperän litologia ja kerrosten paksuus vaikuttavat pohjavesien laatuun.

Tämän tyypin pohjavettä on havaittu ja seurattu eri paikoissa: Kalevalanja Mujezerskin taajamissa (kuuluvat Pohjoiseen järvialueeseen), Loimolan kylässä (Keskialue), Kindasovonkylässä (Eteläalue). Hiekkakerroksessa matalan pohjaveden syvyys vaihtelee 0,9–8,7 m, hieta- ja hiekkasavikerroksissa 1,7–4,7 m. Vuonna 2001 tämän pohjavesityypin ominaisuudet olivat seuraavat: vuoden keskisyvyys oli alhainen 0,15–0,30 m alempana viimevuoteen verrattuna, 0,23–0,66 m alempana kuin monivuotiset keskisyvyydet, syvyysvaihtelut olivat suuret 0,4–2,9 m. Nämä seikat osoittavat, että pohjavesivarat sekä pohjois- että eteläalueilla eivät saaneet vesilisäystä.

Rinnepohjavesien ja sateiden yhteys on paljon heikompi, myös haihdunnalla ja vesien läpäisynopeudella ei ole niin suurta merkitystä kuin edellisen tyyppiin verrattuna. Tätä tyyppiä on tutkittu vain eteläalueella: Pitkärannan, Salmin, Sodderin ja Pälmän havaintoasemilla. Pohjavesipinnan syvyys vaihtelee 0,3–5,2 m. Useimmiten hapettavassa kerroksessa on hiekkaa, harvemmin hiekkasavia.

значений на 0,23–0,66), высокая амплитуда колебаний (0,4–2,9 м). Это свидетельствует о неблагоприятных условиях питания грунтовых вод вследствие дефицита осадков как на севере Карелии, так и на юге.

Склоновый вид режима характеризуется слабой связью с атмосферными осадками. Основную роль здесь играют приток и отток подземных вод. Инфильтрация и испарение имеют подчиненное значение. Изучался только для Южного региона по ПН в населенных пунктах Питкяранта, Салми, Соддер, Пяльма. Грунтовые воды залегают на глубине 0,3–5,2 м. Литологический состав пород зоны аэрации – преимущественно пески, реже супеси. Среднегодовой уровень почти во всех ПН склонового вида режима в 2001 г. был ниже прошлогоднего и многолетнего.

Гидрологический подтип режима характеризуется гидравлической связью питания подземных вод с поверхностными и зависимостью колебаний режима уровней от колебания уровня в водотоках: в межень дренированность грунтового потока максимальная, а во время половодья, наоборот, поверхностные воды питают грунтовые. Этот вид режима изучается в ПН «Лоймола» (Центральный район).

НАПОРНЫЕ ВОДЫ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА МИКУЛИНСКИХ МЕЖЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Изучаются по одному пункту наблюдения, расположенному на неэксплуатируемом МПВ «Петрозаводское». Пьезометрический уровень вод данного горизонта устанавливается выше поверхности земли, и из скважины наблюдается самоизлив. Среднегодовой дебит равен 0,31 л/с. Максимальное значение дебита приходится на конец ноября и составляет 0,34 л/с, минимальное – на начало года – 0,26 л/с. Дебит стабилен в течение года и не подвержен сезонным колебаниям.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД (PR_1ss, PR_1pt, yAR-PR). Режим уровня грунтовых вод слабоводоносного суйсарского осадочно-вулканогенного комплекса изучался по скважинам, расположенным в пос. Чална Пряжинского района (Южный климатический район). Среднегодовые (2001 г.) уровни отмечены на глубине 1,33–1,89 м, что на 0,21–0,51 м выше значений среднемноголетних показателей. Максимальные уровни, равные – 0,94–1,49 м, отмечены в июне – августе, самые низкие уровни наблюдались в конце года. Амплитуда колебания уровня за год составила – 0,65–0,79 м.

Режим уровня водоупорного локально-слабоводоносного архей-протерозойского интрузивного комплекса наблюдался на одном ПН – по скважине, расположенной в пос. Поросозеро (Центральный климатический район). Режим уровня данного горизонта находится в прямой зависимости от метеорологических факторов и имеет четко выраженный сезонный характер. Среднегодовой уровень залегает на глубине 3,61 м, годовая амплитуда колебания – 0,53 м.

Tämän tyypin vuoden 2001 keskisyvyys oli melkein kaikissa havaintopisteissä alempana kuin edellisenä vuonna ja monivuotisen tilanteeseen verrattuna.

Hydrologinen pohjavesityyppi muodostuu, jos pintavesistöt ovat hydraulisesti yhteydessä pohjavesiin. Pohjaveden pinnan syvyys riippuu pintavesistöjen vedenkorkeudesta: alivesiaikana pohjaveden virtaus ovat maksimaalista ja tulvan aikana pintavesistöt antavat lisää vettä, «ruokkivat» pohjavesivarastoa. Sellaisia pohjavesiä seurataan Loimolan havaintoasemalla (Keskialue).

MIKULINSKIN JÄÄTIKÖN VÄLISEN ESIINTYMÄN PAINEVEDET

Tätä pohjavesityyppiä seurataan Petroskoin havaintoasemalla. Paikka on tutkimuskäytössä, vettä ei käytetä vesihuollossa. Pohjavesien pietsometrinen taso on maapinnan yläpuolella ja vedet purkautuvat omalla painella. Vuoden keskivirtaama on 0,31 l/s. Marraskuun lopussa oli mitattu maksimivirtaama eli 0,34 l/s ja vuoden alussa vettä oli vähiten 0,26 l/s. Antoisuus on pysyvä koko vuoden ajan ja riippumaton vuoden ajoista.

KIDEKERROSTUMIEN POHJAVEDET (PR_1ss, PR_1pt, yAR-PR)

Sedimentti-vulkanogeenisten kerrostumien Suisaari -esiintymän pohjavettä tutkitaan Tchalnan kylässä, Prääsän hallintopiirissä (Eteläinen ilmastoalue). Vuoden 2001 vesipinnan keskisyvyydeksi mitattiin 1,33–1,89 metriä eli 0,21–0,51 m yli monivuotisten tilastoarvojen. Suurimmat syvyydet 0,94–1,49 m mitattiin kesä-elokuussa, alhaisimmat tasot olivat vuoden lopussa. Vedenkorkeuksien amplitudi oli vuoden aikana 0,65–0,79 m.

Porosozero-havaintoasemalla seurataan arkeis-proterozoiski -intrusiokerrostumien paineellisen pohjaveden tilaa. Paikka kuuluu keskiseen ilmastoalueeseen. Pohjavesivarat riippuvat siellä sääolosuhteista ja niillä on selkeät vuodenajan piirteet. Vuoden 2001 pohjaveden keskisyvyys oli 3,61 m ja vaihteluväli 0,53 m.

PERUSKALLION PAINEELLISET VEDET (PR_2qd, PR_1sn, PR_1tl)

Gdovin sedimenttikerrostumissa pohjavesiesiintymän korkeutta seurataan Sainavolokin kylässä 2 havaintopaikan avulla. Antoisuutta seurataan Petroskoissa 2 havaintopaikan avulla, missä vedet purkautuvat omalla paineella.

Vuoden 2001 keskisyvyys oli 1,31–1,82 m tasolla. Se on 0,08–0,43 m korkeampi kuin edellisen vuoden ja monivuotiseen keskisyvyyteen verrattuna. Veden korkeuden vaihtelut olivat vuonna 2001 aika pieniä eli 0,6–0,27 m.

НАПОРНЫЕ ВОДЫ КОРЕННЫХ ПОРОД. Режим уровней водоупорного локально-водоносного гдовского осадочного горизонта наблюдался по двум ПН, расположенным в местечке Сайнаволок. Водообильность горизонта изучалась по двум самоизливающимся скважинам неэксплуатируемого МПВ «Петрозаводское». Среднегодовой уровень подземных вод, равный 1,31– 1,82 м, был выше предшествующего года и среднемноголетнего значения на 0,08–0,43 м. Амплитуда колебания уровня за год была незначительна – 0,6–0,27 м. Среднегодовой дебит составил 6,34 л/с. Максимальное значение дебита отмечено в конце апреля – 7,69 л/с, минимальное в конце августа – 5,71 л/с. Амплитуда колебания дебита составила 0,98 л/с.

В целом на всей территории Карелии в 2001 г. происходило снижение уровней подземных вод на конец года относительно начала года, что говорит о неблагоприятных условиях для пополнения запасов подземных вод. Так, в Северном озерном районе (ПН «Калевала» и «Муезерский») среднегодовые уровни были ниже прошлогодних значений на 0,05–0,30 м и среднемноголетних – на 0,01–0,66 м. В Центральном районе по данным наблюдений в ПН «Поросозеро» среднегодовые уровни 2001 г. ниже среднемноголетних на 0,30 м, но несколько выше прошлогодних значений на 0,06 м. В Южном районе среднегодовые уровни 2001 г. по отношению к среднемноголетним показателям изменялись от + 0,51 м (в кристаллических породах) до – 1,04 м (в четвертичных отложениях), в сравнении с прошлым годом колебания составили от + 0,36 м (в кристаллических породах) до – 0,60 м (в четвертичных отложениях). Данный факт говорит о незначительном накоплении запасов подземных вод в водоносных горизонтах коренных пород на юге Карелии (ПН «Сайнаволок», «Чална»).

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

На территории Карелии изучается естественный режим температуры подземных вод по 19 скважинам наблюдательной сети. Сведений о наличии природного или техногенного теплового воздействия на состояние подземных вод по республике нет.

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. Температура грунтовых вод зависит от глубины залегания уровней и сезонных климатических условий. Максимальные значения отмечаются в летнюю межень и составляют 5,9–14,0 °С, минимальные характерны для паводкового периода – 2,0–7,5 °С. Амплитуда изменения температур составляет до 12 °С при глубине замера 3–7 м, при глубине замера более 8 м – 0,7–3,0 °С. Среднегодовые показатели температур следующие:

1. В слабоводоносном современном озерном горизонте 6,7 °С;

Vuoden keskivirtaama oli 6,34 l/s. Virtaaman maksimi havaittiin huhtikuun lopussa eli 7,69 l/s ja minimiarvo oli elokuun lopussa 5,71 l/s. Virtaaman vaihtelut olivat 0,98 l/s.

Kuten on jo todettu koko Karjalan Tasavallan alueella pohjaveden pinnan taso aleni vuoden 2001 aikana. Pohjoisella järvialueella (Kalevalan ja Mujezerskin havaintoasemat) vuoden keskisyvyydet olivat 0,05–0,30 m alempia kuin edellisenä vuotena ja 0,01–0,66 m alempana kuin monivuotisissa tilastoarvoissa. Keskialueella (Porosozero-havaintoasema) vuoden keskisyvyydet olivat 0,06 m korkeampia kuin edellisenä vuotena ja 0,3 m alempana kuin monivuotiset tilastoarvot. Eteläisellä alueella vuoden keskisyvyys oli joko korkeampi (eli +0,51 m) (kidekerrostumissa) tai alempi (–1,04 m) kuin monivuotiset arvot (kvarttäärikautisissa kerrostumissa). Edellisen vuoden tilanteeseen verrattuna peruskallion pohjaveden pinta oli +0,36 m korkeampi ja kvarttäärikautisissa kerrostumissa 0,60 m matalampi. Tämä todistaa, että tasavallan eteläisellä alueella pohjavesivarat ovat saaneet normaalin määrän lisää vettä (Sainavolokin ja Tchalnan havaintoasemien tiedot).

POHJAVESIEN LÄMPÖTILA

Tasavallan alueella pohjavesien lämpötilaa seurataan 19 aseman avulla. Näiden tietojen perusteella voidaan todeta, että alueella ei ole ihmisten toiminnasta tai luonnon ilmiöistä aiheutuvaa lämpövaikutusta pohjavesien tilaan.

KVARTTÄÄRIKAUDEN KERROSTUMIEN MATALAPOHJAVEDET

Matalien pohjavesien lämpötila riippuu niiden syvyydestä ja vuoden ajasta. Kesän aliveden aikana havaitaan korkeampia arvoja: 5,9 ja 14 °C välillä. Tulva-aikana havaitaan pienimmät arvot: 2,0 ja 7,5 °C välillä. Lämpötilavaihtelut ovat 12 °C, kun mittaukset tehdään 3–7 metrin syvyydeltä ja 0,7–3,0 °C, kun mittaukset tehdään yli 8 metrin syvyydeltä. Vuoden keskiarvot ovat seuraavia:

- vähävetisissä järvialueen kerrostumissa keskilämpötila on 6,7 °C;
- kvarttäärikauden glasifluviaalisissa vähävetisissä yläkerrostumissa keskilämpötila vaihtelee 6,3 ja 6,9 °C välillä;
- kvarttäärikauden yläkerrostumien jäätikön vähävetisen vettäjohtavan tason lämpötila vaihtelee 5,3 ja 9,1 °C välillä.

PAINEELLISET VEDET

Vettäjohtavissa kerroksissa paineellisten vesien lämpötilavaihtelut ovat pienimmät, yleensä 0,6 ja

2. В слабоводоносном верхнечетвертичном озерно-ледниковом горизонте 6,3–6,9 °С;

3. В слабоводоносном верхнечетвертичном ледниковом горизонте 5,3–9,1 °С.

НАПОРНЫЕ ВОДЫ. В напорных водоносных горизонтах изменение температуры происходит более плавно с амплитудой не более 0,6–1,5 °С. Исключение составляет заонежский ВК, где амплитуда достигает 7,0–9,0 °С. Среднегодовые показатели температур следующие:

- в гдовском водоносном горизонте 4,9 °С;
- в суйсарском водоносном комплексе 5,5 °С;
- в туломозерском водоносном комплексе 5,7 °С;
- в заонежском водоносном комплексе 5,3–5,7 °С.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Гидрохимический режим подземных вод до 1995 г. изучался с необходимой детальностью по действующей в те годы наблюдательной сети в условиях естественного и нарушенного режимов, а также на участках загрязнения подземных вод с частотой 4 раза в год посезонно. С 1995 г., в связи с резким снижением бюджетного финансирования геологоразведочной отрасли, данный вид работ был сокращен практически до нуля. В настоящее время производится ежегодный разовый отбор проб по ограниченному числу пунктов наблюдения – не более 10 проб в год. Это не может не сказаться на результатах выполняемой работы.

По результатам ведения мониторинга до 1995 г. можно сделать вывод о стабильном химическом составе подземных вод в условиях естественного режима без тенденций к изменению в какую-либо сторону.

В условиях нарушенного режима на участке группового водозабора в г. Олонце отмечалось ухудшение качества подземных вод, в частности, изменился тип воды с гидрокарбонатного кальциевого на хлоридный натриевый, и увеличилась минерализация от 0,2 до 1,1 г/л. Это связано с подтягиванием соленых вод из нижележащего напорного гдовского горизонта в результате бессистемной эксплуатации водозабора и сосредоточения центра водоотбора в южной части города. Данная тенденция наблюдалась до 1992 г. при объемах забора воды 3–3,2 тыс. м^3/сут. После 1992 г. при снижении водоотбора до 1,6–1,8 тыс. м^3/сут произошло уменьшение величины перетекания из нижнего соленого горизонта и наблюдается стабилизация химического состава отбираемых подземных вод.

В настоящее время изучение гидрохимического режима подземных вод проводится преимущественно один раз в год на водозаборе г. Олонца и двух участках загрязнения подземных вод.

1,5 °C välillä. Poikkeuksena on «zaonezski»-pohjavesiesiintymä, jonka lämpötilan vaihtelut ovat 7,0 ja 9,0 °C välillä. Vuoden keskilämpötilat ovat seuraavia:

- gdovin kerrostumien esiintymässä 4,9 °C;
- suisaarin kerrostumien esiintymässä 5,5 °C;
- tulomozerskin kerrostumien esiintymässä 5,7 °C;
- zaonezskin kerrostumien esiintymissä 5,3 ja 5,7 °C välillä.

POHJAVESIEN VESIKEMIA

Vuoteen 1995 pohjavesien kemiallista tilaa seurattiin tarvittavalla tarkkuudella koko seurantaverkostossa. Seurattiin luonnontilassa olevia ja kuormitettuja alueita. Näytteet otettiin 4 kertaa vuodessa eri vuodenaikana. Vuodesta 1995, kun rahoitus jyrkästi oli supistunut, seurantatoiminta oli lopetettu melkein kokonaan. Nykyään seurantatoiminta jatkuu hyvin rajoitetun asemamäärän puitteissa, noin 10 näytettä (asemaa) vuodessa. Vastaavasti työn laatu ja lopputulokset kärsivät.

Vuoden 1995 perusteella voidaan todeta, että luonnontilaisten havaintopaikkojen pohjavesien laatu pysyy samana, muutoksia huonompaan tai hyvään suuntaan ei ollut.

Aunuksen alueella, missä on suuri vedenottamo ja kuormitusta, pohjavesien laatu on huonontunut. Veden tyyppi on siirtynyt kalsium-hydrokarbonaattiluokasta natrium-kloridi -luokkaan. Mineraalisuolojen pitoisuus nousi 0,2–1,1 g/l. Se viittaa siihen, että gdovin kerrostuman syvällä olevia suolapitoisia paineellisia pohjavesiä lähti liikkeelle ylöspäin, koska vedenottamoa käytetään järjestelmättömästi. Sen lisäksi vedenottamolta pumpataan liian paljon vettä kaupungin eteläpuolella. Vastaava ilmiö havaittiin jo ennen vuotta 1992, kun pumpattiin 3000–3200 m^3/d. Vuoden 1992 jälkeen veden määrä supistettiin 1600–1800 m^3/d ja suolavesien lisäys pieneni ja pohjaveden laatu on vähitellen parantunut.

Nykyisin pohjavedenlaatua seurataan kerran vuodessa Aunuksen vedenottamolla ja kahdella asemalla, missä todettiin pohjavesien saastumista.



ГЛАВА 5

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В РОССИИ И СТРАНАХ ЕС



OSA 5

VESIHUOLLON ONGELMIEN RATKAISUMAHDOLLISUUDET VENÄJÄLLÄ JA EU MAISSA

5.1. ОПЫТ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЗАПАСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

5.1. EUROOPAN MAIDEN PINTA- JA POHJAVESIEN KÄYTTÖKOKEMUKSET

Мировые запасы пресной воды ограничены и распространены неравномерно по территории земного шара. Увеличение водопотребления человечеством сопровождается, особенно в развивающихся странах, усилением опасности для здоровья населения, возрастающими затруднениями в экономической деятельности, возникновением экологических проблем. Относительно состояния дел по водоснабжению и канализации ситуация в новом тысячелетии такова: 1,1 млрд человек остаются без чистой питьевой воды, 2,4 млрд человек не имеют хотя бы удовлетворительно оборудованных туалетов (Water for People, Water for Life, 2003). При этом за последние сто лет численность населения земного шара увеличилась в три раза, а водопотребление возросло в шесть. Для исправления создавшейся ситуации международная общественность поставила в 2002 г. на Верховном заседании ООН, посвященном устойчивому развитию, задачу существенного увеличения числа жителей планеты, обеспеченных в достаточном количестве чистой питьевой водой, а число жителей, имеющих нормальные условия для использования канализации, должно возрасти вдвое.

Целью данного раздела книги является характеристика опыта использования на удовлетворительном уровне поверхностных и подземных вод при организации водоснабжения в странах Европы. С точки зрения водоснабжения природные условия на территории Европы являются относительно хорошими. Но при этом необходимо помнить, что без местной инициативы и международного сотрудничества достичь положительных результатов в организации питьевого водоснабжения и канализации, очистке сточных вод, охране поверхностных, подземных и морских вод, охране окружающей среды, защите от наводнений и засух нельзя. Уместно вспомнить, что еще в начале 19 века, согласно данным Всемирной организации здравоохранения, на территории Европы 110 млн человек страдали от отсутствия питьевой воды хорошего качества.

Несмотря на предпринимаемые меры, до сих пор достаточно полных сведений о состоянии водных

Maailman suolattomat vesivarat ovat rajalliset ja epätasaisesti jakautuneet eri puolilla maapalloa. Ihmisen lisääntyvä veden käyttö näkyy erityisesti köyhissä maissa terveyden vaarantumisena, elinkeinoelämän taantumisena ja ekosysteemien haitallisena muuttumisena. Vesihuollon osalta tilannetta kuvaa vuosituhannen vaihteessa se, että 1,1 miljardilta puuttuu terveellinen juomavesi ja 2,4 miljardin ihmisen käymäläolot eivät ole hyväksyttävästi järjestetty. Taustalla on tieto siitä, että vuosisadassa maapallon väkiluku on kolminkertaistunut ja vedenkäytön määrä kuusinkertaistunut. Tilanteen korjaamiseksi kansainvälinen yhteisö onkin vahvistanut vuoden 2002 kestävän kehityksen huippukokouksessa YK:n vuosituhannen kehitystavoitteeksi puolittaa vuoteen 2015 mennessä niiden ihmisten lukumäärän, joilla ei ole saatavilla turvallista juomavettä eikä kunnollisia käymäläoloja.

Tämän kirjoituksen tarkoituksena on kuvata pinta- ja pohjavesivarojen käyttöä Euroopassa vesihuollon järjestämisessä tyydyttävällä tavalla. Luonnonolosuhteet vesihuollon kannalta Euroopan alueella ovat verrattain hyvät, mutta on muistettava, ettei ilman maakohtaisia ponnisteluja ja kansainvälistä yhteistyötä voida päästä hyviin tuloksiin kokonaisuudessa, mihin sisältyy puhtaan juomaveden hankinta, viemäröinti, jätevesien puhdistus, pinta- ja pohjavesivarojen suojelu, meren suojelu, ekosysteemien suojelu sekä tulvien että liikakuivuuden torjunta. On myös hyvä muistaa, että vielä 1990-luvun alussa Euroopan alueella 110 miljoonaa ihmistä kärsi WHO:n arvion mukaan kunnollisen juomaveden puutteesta. Kovin kattavia ja yhtenäisiä tietoja Euroopan vesioloista ei ole käytettävissä. Kirjoituksessa on tukeuduttu Suomen vesiasiain neuvottelukunnan toimesta laadittuun selvitykseen «Vesihuollon nykytila Suomessa ja viidessätoista muussa Euroopan maassa» (Rautanen, 1995) 1990-luvulla sekä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa tehtyyn julkaisuun «Vesihuollon alueellinen operointi» (Pietilä, Seppälä, 2002). Tietoja on myös ollut tarjol-

объектов на территории современной Европы нет. Данная глава основана на использовании сведений, приведенных в исследовании, выполненном в 1990-х гг. в Финляндии, – «Vesihuollon nykytila Suomessa ja viidessätoista muussa Euroopan maassa» (Rautanen, 1995) («Современное состояние водоснабжения Финляндии и других пятнадцати стран Европы») и издании, подготовленном в высшей технической школе Тампере (Pietilä, Seppälä, 2002). Также были использованы данные, опубликованные в материалах «Improving Water Management: Recent OECD Experience» (OECD, 2003) Третьего Всемирного форума, проходившего в марте 2003 г. в Японии, и издания «The Price of Water. Trends in OECD countries» (OECD, 1999).

5.1.1. УСЛОВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЕВРОПЕ

Почти вся территория Европы расположена в зоне умеренного морского климата, где выпадает достаточно много осадков. Бассейн Средиземного моря является зоной субтропических зимних дождей, что препятствует установлению слишком засушливых периодов. На территории стран ЕС более 1000 мм осадков в год выпадает в Австрии (1 170), Ирландии и Британии. Меньше всего осадков в Финляндии (660 мм). Большая часть озер расположена на севере Европы. Два самых крупных пресноводных водоема Европы – Ладожское и Онежское – в большей своей части находятся в Республике Карелия (Россия). В настоящий момент на территории 15 стран ЕС (рис. 5.1) расположены 86 озер с площадью более 100 км^2. Из них 47 озер находятся в Финляндии и 22 – в Швеции.

Собственные водные ресурсы рассматриваемых стран меньше, чем поступление вод в виде осадков. Больше всего собственных запасов во Франции, далее – в Швеции и Италии. Положение дел значительно меняется, если объемы водных ресурсов соотнести с численностью населения. В пересчете на одного жителя больше всего запасов воды в Финляндии (20 690 м^3/год), Швеции (19 180) и Ирландии (12 970 м^3/год). На четвертом месте – страна с наибольшим количеством осадков – Австрия (6 790 м^3/год) и далее – Голландия (630 м^3/год). Общий объем запасов воды этих стран дополняется за счет поступления ее из соседних регионов в виде речного стока. Больше всего такой воды поступает в Голландию – 80 млрд м^3 в год. Это количество воды могло бы покрыть всю территорию страны слоем в 2 м. Но ни одна из стран ЕС, включая Голландию с поступающими из соседних стран водными ресурсами, не может приблизиться к Финляндии по количеству воды на одного жителя (Kuusisto, 2002).

la The Third World Forum -konferenssiin maaliskuussa 2003 Japanissa valmistellusta raportista «Improving Water Management: Recent OECD Experience» (OECD, 2003) sekä julkaisusta «The Price of Water. Trends in OECD countries» (OECD, 1999).

5.1.1. EUROOPAN VESIHUOLLON OLOSUHTEET

Ilmastollisesti lähes koko Eurooppa kuuluu lauhkeaan vyöhykkeeseen, missä merellinen vaikutus tuo riittävästi sateita. Välimeren alue on osa subtrooppista talvisadealuetta, mikä estää liiallisen kuivuuden. Suurin osa järvistä sijaitsee Euroopan pohjoisosassa. Euroopan kaksi suurinta järveä – Laatokka ja Ääninen – sijaitsevat Karjalan Tasavallassa. Tällä hetkellä 15 EU-maassa (kuva 5.1) on 86 yli sadan neliökilometrin suuruista järveä. Niistä 47 sijaitsee Suomessa ja 22 Ruotsissa. EU-maista yli 1000 millimetriä vuodessa sataa Itävallassa (1170 mm), Irlannissa ja Britanniassa. Vähiten sataa Suomessa (660 mm). Valtion omat vesivarat saadaan vähentämällä haihdunta sadannasta. Eniten omaa vettä on Ranskalla, seuraavaksi eniten Ruotsilla ja Italialla. Tilanne muuttuu kuitenkin selvästi, kun vesivarat suhteutetaan asukaslukuun. Henkeä kohti laskettuna Suomella (20 690 m^3/vuosi), Ruotsilla (19 180 m^3/vuosi) ja Irlannilla (12 970 m^3/vuosi) on runsaimmat vesivarat. Neljänneksi jää sateisin maa Itävalta (6790 m^3/vuosi) ja perää pitää nykyisistä EU-maista Hollanti (630 m^3/vuosi). Valtion kokonaisvesivarat saadaan lisäämällä jokien naapurimaista tuoma vesi. Eniten tätä vierasta vettä virtaa Hollantiin 80 miljardia kuutiometriä vuodessa. Tämä määrä peittäisi maan kahden metrin vesikerroksella. Vaikka vieraat vedet lasketaan mukaan Hollanti tai mikään muukaan EU-maa ei ohita Suomea henkeä kohti laskettujen vesivarojen määrässä (Kuusisto, 2002).

Huomattavia jokia Keski- ja Länsi-Euroopassa ovat Tonava, Rein, Elbe ja Veiksel, jotka virtaavat kahden tai useamman maan halki. Tämä tosiseikka saattaa pitää sisällään joen vesivarojen käyttöön liittyvän ristiriidan. Tonavan pääuoma sivuaa tai halkoo kymmentä valtiota. Lisäksi sen valuma-alueeseen kuuluu ainakin osaksi kahdeksan valtiota. Avoimia ristiriitoja ei kuitenkaan ole kuin Slovakian tasavallan ja Unkarin välinen erimielisyys padon rakentamisesta Tonavan uoman poikki. Reinin valuma-alueeseen kuuluu kahdeksan valtiota. Ainakin Ranska, Hollanti, Sveitsi ja Saksa kiistelevät teollisuuden jätevesikuormituksen aiheuttamista haitoista. Samasta syystä erimielisyyttä on Elbe-Moldaun suhteen Saksan ja Tsekin välillä (Kuusisto, 1998).

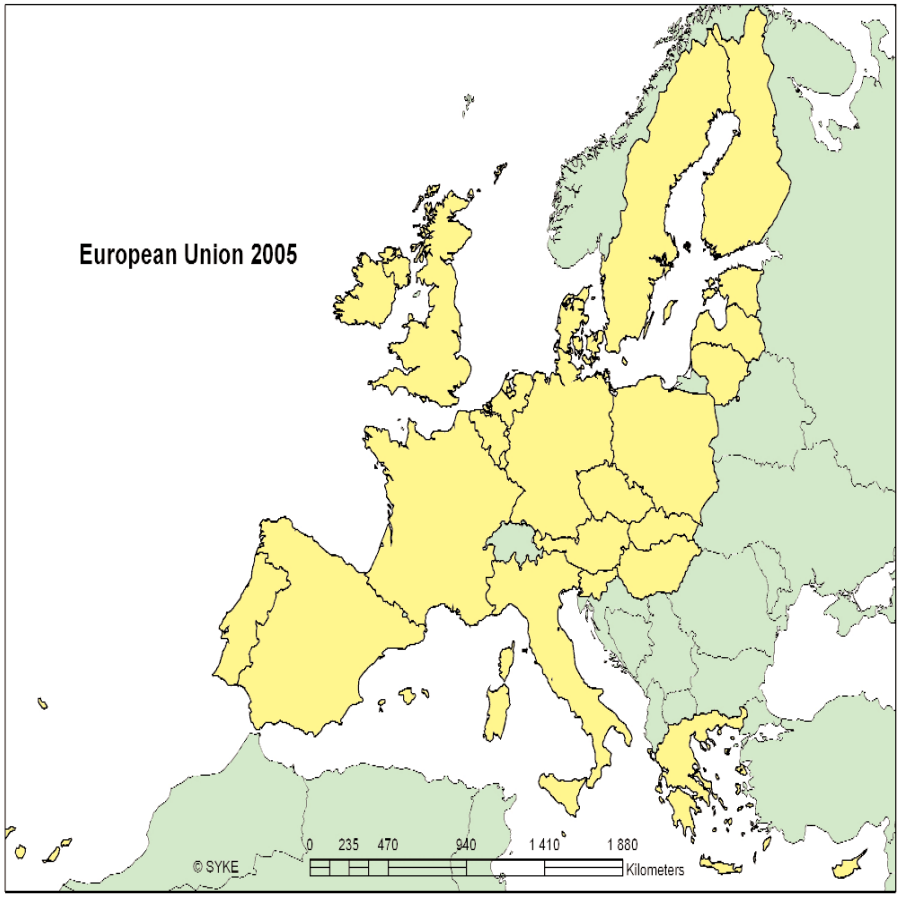


Рис. 5.1. Страны ЕС

Kuva 5.1. EU:n maat



Рис. 5.2. Водосбор Балтийского моря и страны, расположенные в его пределах

Kuva 5.2. Itämeren valuma-alue ja Itämerenmaat

Наиболее крупными реками, протекающими по территории двух и более стран средней и западной Европы, являются Дунай, Рейн, Эльба и Одер. Это обстоятельство может явиться причиной возникновения конфликтов при многоцелевом использовании водных ресурсов этих рек. Основное русло Дуная проходит по территории десяти стран. А его водосборный бассейн расположен на территории еще восьми стран. Однако открытых конфликтов пока не возникало, кроме разногласий между Словакией и Венгрией относительно строительства плотины на Дунае*.

На водосборе Рейна расположено восемь государств. По поводу влияния сброса промышленных сточных вод конфликтовали, по крайней мере, Франция, Голландия, Швейцария и Германия. По той же причине были разногласия между Германией и Чехией относительно Эльбы–Лабы (Kuusisto, 1998).

Помимо поверхностных водных объектов, важный источник воды на территории Европы – подземные горизонты. На территории северной Европы можно использовать подземные воды ледниковых песчано-гравийных отложений, имеющих вид холмистых гряд и краевых образований. В центральной и южной Европе водоносными являются осадочные отложения. Например, значительные запасы подземных вод приурочены к трещиноватым карбонатным породам. Запасы подземных вод возобновляются относительно медленно, поэтому интенсивное их использование для полива вызывает значительное понижение их уровня. Однако это характерно не столько для Европы, сколько для таких стран, как Индия, США и Китай, являющихся основными потребителями подземных вод. В десятку европейских стран по этому показателю входят также Россия, Италия и Германия (Zektser, 1998).

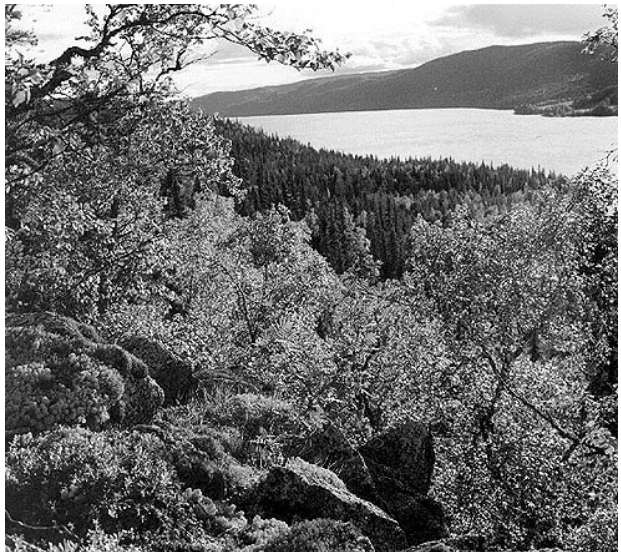
При сравнении запасов воды на различных материках Европа занимает далеко не первое место. Больше всего воды в расчете на одного человека в год в Австралии и Океании – 50 000 м^3, затем в Южной Америке – 28 300 м^3, Северной Америке – 17 500 м^3, Африке – 5 100 м^3, Европе – 4 100 м^3 и Азии – 3 300 м^3. Внутри Европы больше всего воды в расчете на одного человека в год на севере – 30 900 м^3, затем на востоке – 20 900 м^3, юге – 2 500 м^3 и в центральной части – 2 300 м^3 (Kuusisto, 1998).

На большой территории современных стран ЕС сказывается значительное влияние морей. Население в основном сосредоточено в крупных городах и на морском побережье. Примером может быть Голландия, где плотность населения наивысшая в мире. Плотность населения на территории больших открытых морских побережий также высокая, например, в Бельгии,

Pintavesien ohella pohjavedet ovat tärkeä vesilähde Euroopalle. Pohjois-Euroopassa voidaan käyttää jääkauden jälkeensä jättämiä harju- ja reunamuodostumia, jotka ovat hyviä joskin paikallisia pohjavesivarastoja. Keski- ja Etelä-Euroopassa kallioperä on suurelta osalta sedimenttikivilajeja. Esimerkiksi laajat rikkonaiset kalkkikivialueet saattavat toimia suurina pohjavesialtaina. Pohjavedet uudistuvat hitaasti, siksi voimakas kastelukäyttö on alentanut pohjaveden pintaa erityisesti Intiassa, USA:ssa ja Kiinassa, jotka ovat suurimmat pohjaveden käyttäjät. Kymmenen suurimman käyttäjän joukossa ovat Euroopasta Venäjä, Italia ja Saksa (Zektser, 1998).

Maanosien välisessä veden määrän vertailussa Eurooppa ei sijoitu kovin hyvin. Eniten vettä on käytettävissä henkeä kohti vuodessa Australiassa ja Oseaniassa 50 000 m^3, sitten Etelä-Amerikassa 28 300 m^3, Pohjois-Amerikassa 17 500 m^3, Afrikassa 5100 m^3, Euroopassa 4100 m^3 ja Aasiassa 3300 m^3. Euroopan sisällä runsaimmin vettä asukasta kohden on pohjoisessa 30 900 m^3, sitten idässä 20 900 m^3, etelässä 2 500 m^3 ja keskiosassa 2300 m^3 (Kuusisto, 1998).

Nykyisen EU-alueella meren vaikutus on merkittävä laajoilla alueilla. Väestö keskittyy suurkaupunkialueille ja meren rannikoille. Esimerkkinä on Hollanti, jonka väestön tiheys on maailman suurimpia. Väestötiheys on suurimmillaan rannikoiden alavilla alueilla myös mm. Belgiassa, Kreikassa, Italiassa, Espanjassa, Portugalissa, Irlannissa ja Tanskassa. Euroopan maankäytöstä yli puolet on maataloutta. Puhtaan veden saannin kannalta tilanne on laajoilla alueilla hankala, kun rannikoilla pintavedet ovat maatalouden sekä teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesien ansiosta likaantuneet. Monin paikoin tämä on johtanut pohjavesien liialliseen ottoon, mikä vuorostaan on aiheuttanut suolaisen meriveden tunkeutumisen pohjaveteen. Myös



* Серьезные проблемы по использованию вод возникли на Дунае при проведении военных действий на Балканах в конце прошлого века.

Греции, Италии, Португалии, Испании и Дании. Больше половины территории Европы используется для сельского хозяйства.

Получение чистой питьевой воды во многих местах Европы проблематично, поскольку в прибрежных зонах водных объектов воды загрязнены в результате поступления сельскохозяйственных, промышленных и бытовых сточных вод. Во многих местах это приводит к необходимости интенсивного использования подземных вод, что, в свою очередь, вызывает приток соленых морских вод в подземные водоносные горизонты. Для населения, проживающего вне зоны плотно населенных городов, возникают свои специфические проблемы водоснабжения. В странах Европы размеры коммун обычно небольшие, поэтому возможности их ограничены. В Финляндии положение еще более сложное в связи с высокой степенью рассредоточенности населения, что осложняет организацию водоснабжения и особенно сбора сточных вод.

5.1.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Организация водоснабжения и структуры, занимающиеся им в странах ЕС, исследованы и описаны в отчете «Региональное обеспечение водоснабжения», подготовленном в Высшей технической школе Тампере (Pietilä, Seppälä, 2002). В этой работе показано, что повсеместно ответственными за водоснабжение, особенно за обеспечение чистой питьевой водой, включая ее забор, водоподготовку и распределение, являются администрации коммун (местные власти). Поскольку количество коммун в странах Европы большое, а территориально они маленькие, региональное сотрудничество по становлению водоснабжения развивалось долго.

Структура исполнительных учреждений, занимающихся организацией водоснабжения в странах ЕС, показана в табл. 5.1, в которой предприятия водоснабжения подразделены на коммунальные, районные или межкоммунальные, общественные, акционерные или общественно-частные и полностью частные. Из таблицы видно, что большая часть населения стран ЕС – 371 млн человек (65%) – обслуживаются предприятиями водоснабжения, которые полностью подчиняются общественному управлению.

Коммунальные предприятия обеспечивают водоснабжение в Ирландии и Люксембурге на 100%, Швеции – на 98, Австрии – на 90 и Финляндии – на 90%. Сотрудничество в сфере водоснабжения между коммунами в зависимости от количества населения, согласно данным, представленным в таблице, является обычным для Бельгии (50%), Германии (24%) и Италии (23%). Опосредованное управление передано другим, кроме коммунальных, организациям водо-



tiheään asuttujen seutujen ulkopuolella asuva väestö muodostaa omat ongelmansa. Euroopassa kuntien koko on yleensä pieni ja voimavarat siten rajallisia. Suomessa tilanne on sikäli kärjistynyt, että asutus saattaa olla hyvinkin hajallaan vaikeuttaen yhteisen vedenhankinnan ja erityisesti jätevesihuollon järjestämistä.

5.1.2. VESIHUOLLON ORGANISOINTI

Vesihuollon instituutioita ja organisointia EU:n jäsenmaissa on äskettäin selvitetty Tampereen teknillisessä korkeakoulussa Vesihuollon alueellinen operointi -raportissa (Pietilä, Seppälä, 2002). Lähes poikkeuksetta raportissa todetaan vastuun viime kädessä vesihuollon – erityisesti puhtaanveden hankinnan, käsittelyn ja jakelun – osalta olevan kunnilla ja paikallisviranomaisilla. Koska kuntien lukumäärä Euroopan maissa on suuri ja ne ovat siten alueellisesti pieniä, on myös vesihuollon alueellinen yhteistyö pitkälle kehittynyttä.

Vesihuollon toimeenpanoa EU:n jäsenmaissa selventää oheinen taulukko 5.1, missä laitokset on jaettu kunnallisiin, ylikunnallisiin, julkisten yhteisöjen hoitamiin, yksityisille yhteisöille delegoituihin ja kokonaan yksityisiin laitoksiin. Taulukosta 1 selviää, että valtaosaa (65 %) EU:n 371 miljoonan ihmisen väestöä palvelevat kokonaan julkisen vastuun alaiset vesihuoltolaitokset.

Kunnalliset vesilaitokset ovat selkeästi vastuussa vesihuollosta Irlannissa (100 %), Luxemburgissa (100 %), Ruotsissa (98 %), Itävallassa (90 %) ja Suomessa (90 %). Vesihuollon ylikunnallinen yhteistyö on väestömäärällä mitattuna yhteenvetotaulukon mukaan ollut yleisintä Belgiassa (50 %), Saksassa (24 %) ja Italiassa (23 %). Epäsuorasti muille julkisille toimijoille kuin kunnille delegoitu alueellinen vesihuollon operointi on ollut yleisintä Hollannissa (94 %), Belgiassa (40 %), Saksassa (31 %) ja Kreikassa (29 %). Yksityiselle sektorille delegoitu vastuu vesihuollosta on yleisintä Ranskassa (75 %) ja Espanjassa (37 %). Taulukon mukaan yksi-

Таблица 5.1. Структура исполнительных учреждений, занимающихся организацией водоснабжения в странах ЕС, %

Taulukko 5.1. Vesihuollon toimeenpanoa EU:n jäsenmaissa, %

Страна – член ЕС	Количество жителей (10^3 человек)	Прямое подчинение (коммунальные предприятия водоснабжения)	Межкоммунальные	Непрямое (передача ответственности) общественное подчинение	Передача ответственности (частные или общественно-частные предприятия водоснабжения)	Прямое частное подчинение (частные предприятия водоснабжения)
EU-jäsen valtio	Asukas luku (10^3 asukas)	Suora julkinen vastuu (kunnalliset vesilaitokset)	Ylikunnalliset vesilaitokset	Epäsuora (delegoitu) julkinen vastuu	Delegoitu vastuu (yksityinen tai julkinen-yksityinen)	Suorayksityinen vastuu (yksityiset vesilaitokset)
Бельгия Belgia	9 958	5	50	40	5	–
Испания Espanja	40 460	39	12	12	37	–
Голландия Hollanti	15 493	6	–	94	–	–
Ирландия Irlanti	3 526	100	–	–	–	–
Великобритания Iso-Brittania	57 897	3	–	9	–	88
Италия Italia	57 280	72	23	1	4	–
Австрия Itävalta	8 030	90	10	–	–	–
Греция Kreikka	10 269	61	10	29	–	–
Люксембург Luxemburg	407	100	–	–	–	–
Португалия Portugali	9 865	93	–	6	1	–
Франция Ranska	56 576	23	–	2	75	–
Швеция Ruotsi	8 838	98	–	–	2	–
Германия Saksa	81 800	27	24	31	18	–
Финляндия Suomi	5 117	90	–	–	10	–
Дания Tanska	5 228	67	–	33	–	–
Всего относительно количества жителей Yhtensä asukasluvun mukana painotettuna	370 744 100	138 652 37	44 471 12	60 970 16,5	75 702 20,5	50 949 14

снабжения, общественным исполнителям в Голландии (94%), Бельгии (40), Германии (31) и Греции (29%). Частный или общественно-частный сектор занимается водоснабжением во Франции на 75%, а в Испании – на 37%. В Англии и Уэльсе частные региональные предприятия водоснабжения обеспечивают подачу чистой воды на 100%, а в Шотландии и Северной Ирландии предприятия водоснабжения остаются в общественном подчинении.

В последние годы доля частного сектора и межрегионального сотрудничества в организации водоснабжения в странах Западной Европы увеличилась. Предполагается, что предоставление услуг по водоснабжению частными фирмами возросло в тех странах, где в законодательстве нет для этого препятствий.

В Англии и Уэльсе частные предприятия владеют сооружениями и отвечают за предоставление услуг по водоснабжению. И хотя действующей системы получения разрешений нет, центральная администрация

tyiset vesilaitokset ovat vesihuollon järjestämisvastuussa ainoastaan Isossa-Britanniassa. Kuitenkin niin, että Englannissa ja Walesissa yksityiset alueelliset vesilaitokset hoitavat 100 % puhdasvesihuollosta, kun taas Skotlannissa ja Pohjois-Irlannissa vesilaitokset ovat edelleen julkisessa omistuksessa.

Yksityisten operaattorien osuus vesihuoltopalvelujen tuottamisessa Länsi-Euroopan maissa on viime vuosina lisääntynyt samoin kuin alueellinen yhteistyö on lisääntynyt. On oletettavissa, että vesihuoltopalvelujen tuottaminen alueellisten yksityisten yhtymien toimesta lisääntyy niissä maissa, joissa lainsäädäntö ei aseta esteitä palvelujen delegoinnille yksityiselle sektorille.

Englannissa ja Walesissa yksityiset yritykset omistavat vesihuollon fyysiset rakenteet ja ovat vastuussa vesihuoltopalveluista. Vaikka varsinaista toimilupajärjestelmää ei ole, voi keskushallinto lopettaa yrityksen toiminnan, jos se ei tyydyttävästi hoida

может прекратить деятельность предприятия, если оно с их точки зрения не осуществляет ее удовлетворительно. Формирование частного сектора по предоставлению услуг в сфере водоснабжения началось с 1989 г. в связи с объединением десяти предприятий по водоснабжению, принадлежащих администрациям водных округов. Эти крупные частные компании на своих территориях обеспечивают водоснабжение и водораспределение, сбор и очистку сточных вод. Дополнительно водоснабжением занимаются 22 различные фирмы, но у них нет задач по организации канализации и очистки сточных вод. Одним из факторов, способствующим приватизации этих предприятий, является то, что местные администрации не уделяли достаточного внимания вопросам водоснабжения. При этом предусмотрены различные методы контроля частных предприятий водоснабжения: за их экономической деятельностью, соблюдением норм, за вопросами, касающимися окружающей среды и качества воды, а также необходимостью регулирования (Hukka, Katko, 1999).

Во Франции за организацию водоснабжения на своей территории отвечают коммуны. Законодательство предоставляет им почти полную свободу в решении данного вопроса. Коммуна может предоставлять услуги самостоятельно или передать их общественной или частной организации на основе выдачи разрешения на деятельность или составления договора об аренде. В таком случае инфраструктура водоснабжения остается собственностью коммуны. Преобладающей моделью деятельности является договор с частной фирмой. Такой системой пользуется 80% жителей по водоснабжению и 35% – по канализации и очистке сточных вод (Hukka, Katko, 1999).

В Испании, занимающей третье место среди стран ЕС по количеству частных фирм, работающих в сфере водоснабжения, по законодательству за организацию водоснабжения отвечают коммуны. Обеспечение услуг по водоснабжению, переданных частным фирмам (37% от всего объема), чаще всего организовано по модели: совместное предприятие, разрешение на деятельность и аренда. В Испании, по сравнению с другими странами ЕС, разрешение на деятельность является наиболее популярным методом. В качестве примера можно упомянуть частное предприятие «Aquas da Barcelona», которое занимается водоснабжением Барселоны и имеет договоры с разрешением на деятельность по сотрудничеству с местными предприятиями других стран (Pietilä, Seppälä, 2002).

В Финляндии, согласно вступившему в силу в 2001 г. новому закону о водоснабжении, коммуны могут передать предоставление услуг по водоснабжению и владение необходимой для этого инфраструктурой другой стороне. Согласно законодательству, коммуны ответственны за предоставление услуг

tehtäviään. Yksityistäminen tapahtui vuonna 1989 siten, että kymmenen vesipiirien hallinnassa ollutta laitosta yhtiöitettiin. Nämä suuret yksityiset yhtiöt hoitavat veden hankinnan ja jakelun, viemäröinnin sekä jätevesien käsittelyn alueellaan. Lisäksi toimii 22 erillistä yksityistä vesiyhtiötä, joilla ei ole viemäröintiin tai jätevesien käsittelyyn liittyviä tehtäviä. Yksityistämisen eräs lähtökohta oli se, ettei valtiovallan tarvitsisi sekaantua vesiasioihin yhtä usein kuin vesipiirien aikana. Yhtiöiden talouden, standardien, ympäristökysymysten ja veden laadun valvonnan sekä säätelyn tarve on osoittautunut niin laajaksi, ettei sitä alun perin osattu lainkaan arvioida (Hukka, Katko, 1999).

Ranskassa kunnat ovat vastuussa vesihuollon järjestämisestä alueellaan. Laki antaa kunnille melkoisen vapauden palvelun toteuttamisen suhteen. Kunta voi tuottaa palvelun itse tai delegoida tuottamisen julkiselle tai yksityiselle yhtiölle toimilupaan tai vuokrasopimukseen perustuen. Tällöinkin kunta omistaa vesihuollon infrastruktuurin. Tällainen yksityisten hoitama sopimusperäinen malli on vallitseva. Vedenhankinnan osalta 80 % asukkaista ja viemäröinnin sekä jäteveden käsittelyn osalta 35 % asukkaista kuuluu tällaisen järjestelmän piiriin (Hukka, Katko, 1999).

Espanjassa, missä on kolmanneksi eniten EU-maista yksityistetty vesihuoltoa, lain mukaan vesihuollon järjestäminen kuuluu kunnille. Yksityisille yrityksille delegoitujen vesihuoltopalvelujen (37 % kaikista palveluista) yleisimmät mallit ovat: sekayhtiöt, toimiluvat ja vuokraus. Toimilupamenettely on yleisempää kuin monessa muussa Euroopan maassa. Esimerkkinä mainittakoon yksityinen Aquas da Barcelona -yritys, joka hoitaa Barcelonan vesihuollon ja on saanut toimilupasopimuksia muissakin maissa yhteistyössä paikallisten operaattoreiden kanssa (Pietilä, Seppälä, 2002).

Suomessa vuonna 2001 voimaan tulleen uuden vesihuoltolain mukaan kunnat voivat antaa vesihuoltopalveluiden tuottamisen ja niihin liittyvän infrastruktuurin omistamisenkin ulkopuolisille tahoille. Kunnat pysyvät lain mukaan viime kädessä vastuussa palvelujen saatavuudesta. Laki luo entistä paremmat edellytykset kunnallisten vesilaitosten liikelaitostamiselle ja yksityistämiselle. Laki sallii vesihuoltolaitoksen keräävän maksujen avulla enintään «kohtuullisen tuoton». Tulevaisuus näyttää tyydyttääkö tämä riittävästi yksityisen sektorin tuottovaatimuksia. Kokemukset viimeisen kymmenen vuoden ajalta kehitysmaissa ja Itä-Euroopan siirtymätalouksissa vesihuollon yksityistämisestä eivät ole kovin suotuisia. Samoin huonoja esimerkkejä on viime vuosina saatu eurooppalaisten sähkömarkkinoiden vapautumisesta. Näyttääkin siltä, että eurooppalainen ja vuosisadan koeteltu käytäntö osoittaa

населению. Закон дает лучшие чем прежде возможности для приватизации и развития предпринимательской деятельности коммунальных предприятий водоснабжения. Он разрешает предприятию водоснабжения получать «умеренную прибыль» путем сбора плат за свои услуги. Будущее покажет, удовлетворит ли это производственные потребности частного сектора в достаточной степени.

Опыт развивающихся стран и стран Восточной Европы в переходный период за последние десять лет говорит о том, что приватизация в сфере водоснабжения не очень популярна. Плохие примеры в Европе в последние годы получены также при приватизации сферы электроснабжения. В целом европейская практика за последние сто лет показывает, что сфера водоснабжения является слишком важной естественной монополией, чтобы ее можно было полностью передать частному сектору. Вместо этого водоснабжение должно развиваться на базе общественной, лучше всего коммунальной, собственности, а покупка услуг и техническое оснащение у частного сектора должно проходить на конкурсной основе (Hukka, Katko, 2003).

В Финляндии предприятия водоснабжения широко используют услуги частного сектора. Объем этих услуг различается как по разным предприятиям, так и внутри предприятия в зависимости от времени года. В 2001 г. в Финляндии был проведен опрос крупных предприятий водоснабжения относительно доли услуг, получаемых со стороны. Согласно их оценкам, объем оплаты услуг частного сектора составляет 21–65% от бюджета (в среднем около 50%). Доля участия частного сектора значительно изменяется от года к году. В качестве примера можно привести строительство станции очистки сточных вод в Порво в 2000–2001 гг., когда оплата услуг частному сектору составляла 85%, а годом раньше – только 60% (Pietilä, Seppälä, 2002).

5.1.3. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Исходная вода

Повсеместной целью является получение подземной воды в качестве исходной для водоснабжения. Препятствием этому служат местные природные условия – качество и количество подземных вод. Хотя обычно водоснабжение организовано на базе подземных вод (как в Италии и Дании), для населенных пунктов, нуждающихся в большом количестве воды, дополнительные объемы забираются из поверхностных водоемов (как в Вене и Копенгагене). Из известных поверхностных водоемов – источников исходной воды – можно упомянуть р. Рейн, из которой в 1990-х гг. забиралась вода для водоснабжения 20 млн человек, и оз. Цюрихское, вода которого составляет

vesihuollon olevan aivan liian tärkeä luonnollinen monopoli, jotta sen ydintoimintoja voitaisiin kokonaan antaa yksityisiin käsiin. Sen sijaan vesihuoltoa tulee kehittää julkisen mieluummin kuntien omistuksen pohjalta ja ostaa todellisen kilpailun perusteella palveluja ja tarvikkeita yksityiseltä sektorilta (Hukka, Katko, 2003).

Suomessa vesilaitokset käyttävät runsaasti yksityissektorin palveluja. Palvelujen määrä vaihtelee eri laitoksilla ja vaihtelee myös laitoskohtaisesti vuodesta riippuen. Suomen suurimmilta vesilaitoksilta kysyttiin vuonna 2001 arviota palvelujen ulkoistamisastetta eli laitoksen ulkopuolelta hankittujen palvelujen määrän osuutta. Vesilaitosten arviot yksityissektorille päättyneestä rahavirrasta vaihtelivat välillä 21–65 %. Tutkimuksen mukaan keskiarvon voidaan arvioida olevan noin 50 %. Yksityissektorin osuus saattaa vaihdella voimakkaasti vuodesta toiseen. Esimerkkinä mainitaan Porvoon jätevedenpuhdistamon rakentaminen vuosina 2000–2001, jolloin vesihuoltolaitoksen rahavirrasta 85 % päätyi yksityiselle sektorille, kun aiempina vuosina osuus on ollut 60 % (Pietilä, Seppälä, 2002).



5.1.3. VEDEN HANKINTA

Raakavesi

Pyrkimyksenä on kaikkialla turvautua raakavedenhankinnassa pohjaveteen. Esteeksi muodostuu paikoin pohjaveden laatu ja riittävyys. Vaikka maan vedenhankinta on yleensä järjestetty pohjaveden varaan kuten Itävallassa ja Tanskassa, pitää paljon vettä tarvitsevien Wienin ja Kööpenhaminan vedenhankinnassa lisävettä ottaa pintavesilähteistä. Tunnetuista pintavesilähteistä voidaan mainita Rein, jonka raakavettä 1990-luvulla käytti hyväkseen noin 20 miljoonaa ihmistä, sekä Zürich-järvi, jonka vesi muodostaa pääosan Zürichin vesilaitoksen raakavedestä. Luonnollisesti lukuisat tekoaltaat palvelevat kaupunkien raakavesilähteinä (Rautanen,

основную часть исходной воды, используемой для водоснабжения г. Цюрих. Естественно, в качестве запаса исходной воды для городов используются многочисленные искусственные водоемы-водохранилища (Rautanen, 1995). Можно привести несколько примеров использования подземных вод для водоснабжения:

– В Голландии в начале 1990-х гг. доля подземных вод в водоснабжении составляла почти 80%. Проблемой является снижение уровня подземных вод в результате забора на орошение и загрязнение их пестицидами. Используются также воды рек Рейна, Менсена и Мааса, в которых многократно превышены нормы по биогенным веществам, солям и микробиологии.

– В Бельгии в начале 1990-х гг. доля подземных вод в водоснабжении составляла примерно 75% объема, и ожидалось, что она снизится на половину к концу следующего десятилетия. Важным источником исходной воды для водоснабжения Антверпена и Брюсселя является река Менсен, несмотря на то, что она сильно загрязнена и эвтрофирована. Водоснабжение г. Антверпена полностью организовано на основе поверхностных вод.

– Водные запасы в Испании распределены по территории неравномерно. Проблемой является преобладание осадков в зимний период, активное использование запасов воды в летний период для полива, а также высокое испарение. Существуют различные способы, позволяющие зарегулировать почти треть объема речного стока, такие как системы переброски воды, искусственные водоемы и многочисленные плотины. Данные о количестве подземных вод, используемых в водоснабжении разных районов, различаются, однако можно предположить, что максимальная их доля составляет четвертую часть.

– В Ирландии примерно 20% потребностей водоснабжения обеспечивается подземной водой. Многочисленные озера и реки распределены по территории равномерно, и качество воды в них оценивается как относительно хорошее. Количество воды, необходимое для водоснабжения, при его развитии будет обеспечиваться за счет поверхностных источников.

– В Великобритании запасы воды распределены по территории неравномерно. Доля подземных вод, в расчете от производительности зарегистрированных водозаборов, составляет в Англии и Уэльсе примерно 30%. Остальной объем исходной воды забирается в южной Англии из рек, а в северной – из озер. В Шотландии 80% исходной воды забирается из естественных озер и 12% – из рек, и доля подземных вод здесь незначительна.

– В Италии в начале 1990-х гг. доля подземных вод в водоснабжении составляла половину. Кроме того, имеется информация, что 37% – это родниковая

1995). Pohjaveden osuudesta vedenhankinnassa voidaan poimia muutamia esimerkkejä.

– Hollannissa pohjaveden osuus oli lähes 80 % 1990-luvun alussa. Pohjaveden pinnan aleneminen pohjaveden kastelukäytön takia ja pohjaveden pestisidien pitoisuudet muodostavat ongelman. Maan läntisissä osissa käytetään Reinin, Mensen ja Maasin vesiä, mitkä saattavat moninkertaisesti ylittää normit ravinteiden, suolojen ja hygieniaa mittaavien parametrien osalta.

– Belgiassa pohjaveden osuus oli vedenhankinnassa noin kaksi kolmannesta 1990-luvun alussa ja sen odotettiin putoavan puoleen vuosikymmenen loppuun mennessä. Mense-joki on tärkeä raakavesilähde Antwerpenin ja Brysselin kaupungeille huolimatta siitä, että sitä on kuvattu vakavasti saastuneeksi ja rehevöityneeksi. Antwerpen on kokonaan pintaveden varassa.

– Espanjan vesivarat ovat alueellisesti epätasaisesti jakaantuneet. Ongelmana on myös talveen keskittyvä sadanta sekä kesään keskittyvä vettä kuluttava kastelukäyttö ja suuri haihtuvuus. Veden siirtojärjestelmät, tekoaltaat ja lukuisat padot ovat keinoja, joilla voidaan säännöstellä lähes kolmeneljäsosaa jokien virtaamasta. Arviot pohjaveden osuudesta vedenhankinnassa vaihtelevat, mutta se lienee neljänneksen suuruusluokkaa.

– Irlannissa viidesosa vedenhankinnasta turvautuu pohjaveteen. Lukuisat järvet ja joet ovat jakautuneet tasaisesti ja niiden veden laatu on arvioitu suhteellisen hyväksi. Vedenhankinnan tarvitseman veden määrän kasvaessa on tarkoitus turvautua pintaveteen.

– Iso-Britanniassa veden määrä vaihtelee alueittain. Pohjaveden osuus rekisteröityjen vedenottamoiden tuotosta on noin 30 % Englannissa ja Walesissa. Loput raakavedestä otetaan Etelä-Englannin joista ja pohjoisen järvialueelta. Skotlannissa 80 % raakavedestä otetaan luonnonjärvistä ja 12 % joista, joten pohjaveden osuus on varsin vaatimaton.

– Italiassa 1990-luvun alussa on raportoitu pohjaveden osuudeksi puolet raakavedestä. Sen lisäksi on ilmoitettu, että 37 % käytetystä vedestä on lähdevettä, jota löytyy erityisesti Keski-Italiassa. Viranomaiset eivät pidä lähdevettä tasalaatuisena ja ovat valmiit vedenhankinnassa turvautumaan lukuisiin tekoaltaisiin. Pohjois-Italiassa pohjaveden liikaotto on johtanut vedenpinnan pysyvään laskuun. Torinon ja Ferraran juomavesi joudutaan ottamaan Po-joesta siitä huolimatta, että se on saastunut.

– Itävalta tukeutuu lähes sataprosenttisesti pohjaveteen, josta puolet saadaan ns. karstimaalta eli alueelle tyypilliseltä kalkkikiviylängöltä. Tonavan vettä on rantaimeytetty vähäisessä määrin Wienin vedenhankinnan varmistamiseksi.

вода, обнаруженная в основном на территории средней Италии. Отвечающие за водоснабжение не считают, что качество родниковой воды стабильно, и готовы обеспечить водоснабжение за счет многочисленных искусственных водоемов. Чрезмерный забор подземной воды в северной Италии вызвал постоянное снижение ее уровня. В связи с этим питьевая вода для городов Турин и Феррара забирается из р. По, несмотря на то, что она загрязнена.

– Водоснабжение Австрии обеспечивается на 100% за счет подземных вод, половина которых поступает из закарстованных известняков. Для организации водоснабжения г. Вены используется в небольшом объеме вода Дуная после береговой фильтрации.

– В Греции столица Афины и некоторые другие крупные города вынуждены использовать поверхностные водоемы. В связи с сильным ростом объемов водопотребления вода поступает в г. Афины по длинным трубопроводам. В Греции, так же как и в Испании, во время туристских сезонов возникают проблемы с количеством воды, как на материке, так и в островной части.

– В Португалии в начале 1990-х гг. объем использования подземных вод в водоснабжении составлял более 90%. Крупные города, такие как Лиссабон, вынуждены использовать поверхностную воду, которая накапливается в искусственных водоемах.

– В водоснабжении Франции доля поверхностных вод десять лет тому назад составляла чуть больше трети. Качество подземных вод считалось в общем хорошим. Качество поверхностных вод также улучшается. Речная вода часто накапливается в искусственных водоемах.

– Уровень использования подземных вод в Германии высокий. Подземные воды, в том числе и родниковые, составляют 70% всего объема исходной воды. Кроме того, в данных официальной статистики искусственная подземная вода относится к поверхностным водам. Для сглаживания различий между районами построены искусственные водоемы, и часто проблемы водоснабжения городов решаются путем подачи воды по длинным трубопроводам. В стране имеются хорошие возможности для использования подземных вод. Почти полностью за счет подземных вод организовано водоснабжение в Берлине, Гамбурге, Бремене, Шлезвиг-Гольштейне, Саарбрюккене, Нижней Саксонии и Гессене.

– Геологические условия в Швейцарии позволяют использовать как родниковую воду (40–50%), так и обычную подземную (35–40%). Поверхностные воды там, где это необходимо, проходят химическую обработку или фильтруются через грунты и поставляются в виде искусственной подземной воды. Большая часть исходной воды для Цюриха забирается из одноименного озера.

– Kreikassa Ateena ja jotkut muut suurehkot kaupungit joutuvat turvautumaan pintaveteen. Kulutuksen kasvu on voimakas ja Ateena joutuu tuomaan vettä pitkien siirtomatkojen takaa. Kreikassa kuten Espanjassakin muodostaa turistikauden lisääntynyt vedenkäyttö ongelmia niin mannermaalla kuin saaristossakin.

– Portugalin talousveden hankinnassa oli pohjaveden osuus 1990-luvun alussa yli 90 %. Suuret kaupungit kuten Lissabon joutuvat turvautumaan pintavesiin, joita varastoidaan tekoaltaiden avulla.

– Ranskassa pintavesien osuus oli vuosikymmen sitten hieman yli kolmannes. Pohjavesien laatua pidetään yleensä hyvänä. Pintavesien laatu on myös paranemassa. Jokivedet varastoidaan usein tekoaltaisiin.

– Saksan liittotasavallassa pohjaveden käyttöaste on korkea. Pohjavesi ja lähdevesi muodostavat 70 % raakavedestä. Tilastoissa lisäksi tekopohjavesi luetaan pintavedeksi. Alueellisten erojen tasaamiseksi on rakennettu tekoaltaita ja usean kaupungin vedenhankinta on ratkaistu siirtämällä vettä pitkiä matkoja. Pohjavesien hyväksikäytölle on kuitenkin hyvät mahdollisuudet. Lähes yksinomaan pohjavettä käyttävät Berliini, Hampuri, Bremen, Schleswig-Holstein, Saarland, Alasaksi ja Hessen.

– Sveitsissä geologiset olosuhteet sallivat lähdeveden (osuus 40–50 %) ja tavallisen pohjaveden (osuus 35–40 %) käytön. Pintavesi, missä sitä tarvitaan, käsitellään kemiallisesti tai imeytetään pohjavedeksi. Valtaosa Zürichin raakavedestä otetaan samannimisestä järvestä, joka on vesiensuojelutoimin saatu hyvään kuntoon.

– Tanskan vesihuolto perustuu lähes täysin pohjaveteen. Pohjavesivarat ovat maassa jakaantuneet varsin tasaisesti. Kuitenkin paikoitellen pohjaveden pinta on alentunut uhkaavasti ja Kööpenhaminan vedenhankintaa täydentää kaksi pintavesilaitosta. Voimakas maatalous on huonontanut pohjaveden laatua.

– Norjassa vesilaitosten raakavedestä vain noin 15 % on pohjavedestä peräisin. Pintavesiä vaivaavat humus ja ihmisen aiheuttaman kuormituksen vaikutukset.

– Ruotsin vedenhankinnasta noin puolet perustuu pintavesiin, neljännes pohjaveteen ja loppuneljännes tekopohjaveteen. Kaksi ja puolimiljoonaa asukasta käyttää haja-asutusalueilla yksityisiä kaivoja, joita on noin 800 000. Pohjaveden laatu on yleensä hyvä, mutta maatalouden ravinteet saattavat paikallisesti näkyä myös pohjavesissä.

– Suomen vedenhankintaa on käsitelty aiemmin tässä julkaisussa yksityiskohtaisesti. Vuosituhannen vaihteessa pohjaveden osuus, johon Suomessa luetaan myös rantaimeytetty pintavesi ja tekopohjavesi, on

ного озера, которое находится под защитой хорошо организованной природоохранной программы.

– Водоснабжение Дании почти полностью организовано за счет использования подземных вод. Их запасы распределены по территории страны равномерно. В отдельных районах Дании уровень подземных вод значительно понижен, а система водоснабжения Копенгагена дополнена двумя станциями забора вод из поверхностных источников. Интенсивное сельское хозяйство со временем значительно понизило качество подземных вод.

– На станциях водоснабжения Норвегии используется лишь 15% подземных вод. При этом поверхностные воды содержат много гумуса и подвергаются антропогенной нагрузке.

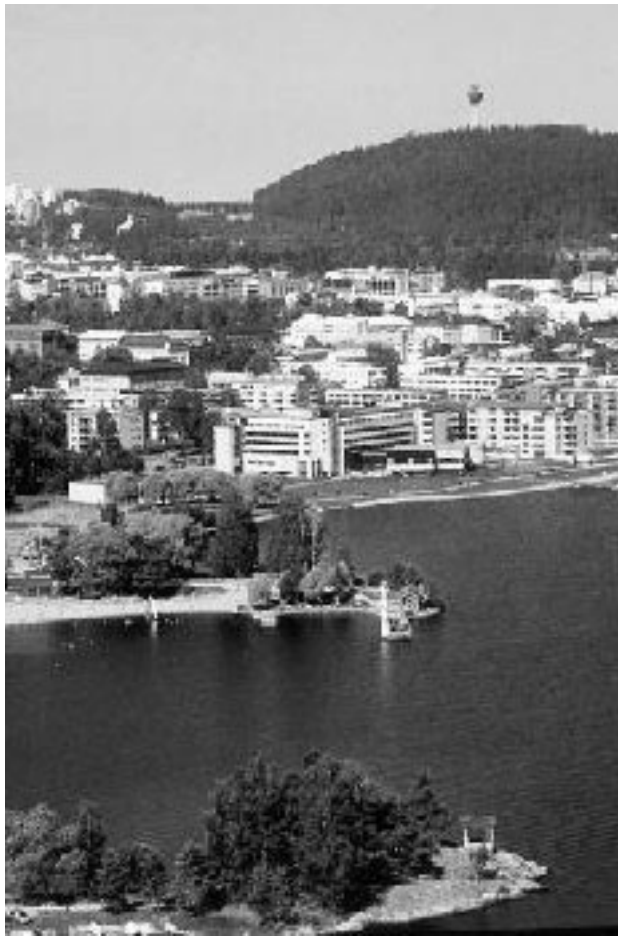
– Водоснабжение Швеции организовано наполовину за счет использования поверхностных вод, четвертая часть – подземные воды и остальное – искусственные подземные воды. Жители рассредоточенных населенных пунктов (2,5 млн человек) используют частные колодцы, которых насчитывается около 800 тыс. Качество подземных вод обычно хорошее, однако локально замечено влияние сельского хозяйства (повышенные концентрации биогенных элементов).

– Водоснабжение Финляндии подробно рассматривалось в данной книге ранее. На рубеже тысячелетий доля использования подземных вод, в число которых входят также искусственные подземные воды и поверхностные воды после береговой фильтрации, составляла примерно 60%. Большими проблемами в организации водоснабжения рассредоточенных населенных пунктов являются количество и качество воды в колодцах. Хотя использование подземных вод в стране можно и далее развивать, очевидно, что и в будущем в городах Хельсинки, Тампере, Турку и некоторых других придется использовать поверхностные воды.

Водопотребление

В странах, входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития (OECD), на нужды промышленности используется примерно 65% от всего объема водопотребления, на орошение – около 30%. Показатели в мире в целом противоположны: в сельском хозяйстве потребляется 69%, в промышленности – 23%.

Крупными индустриальными водопотребителями в Европе являются Австрия, Финляндия и Франция, в которых на долю промышленности приходится более 60% от всего водопотребления (без учета воды, используемой на электростанциях). В сельском хозяйстве значительные объемы воды потребляются в Испании (около 65%), Португалии (59) и Италии (50%).



noin 60 %. Suurimmat puutteet ovat haja-asutusalueiden vesihuollossa, jossa kaivojen kuivumisen ja huonon veden laadun takia esiintyy ongelmia. Vaikka pohjaveden hyväksikäyttöä voidaan edelleen maassa kehittää, on ilmeistä, että Helsingin, Turun ja Tampereen lisäksi myös eräissä muissa kaupungeissa joudutaan turvautumaan pintavesien hyväksikäyttöön myös tulevaisuudessa.

Veden kulutus

OECD-maissa, joiden tilanne melkoisen hyvin kuvaa olosuhteita Euroopan maissa, teollisiin tarkoituksiin kuluu noin 65 % ja maatalouden kasteluun noin 30 % kaikesta makean veden käytöstä. Maailmanlaajuisesti asetelma on päinvastainen maatalouden osuuden ollessa 69 % ja teollisuuden 23 %.

Suuria veden teollisuuskäyttäjiä ovat Itävalta, Suomi ja Ranska, joissa teollisen kulutuksen osuus ylittää 60 % kokonaisvedenkäytöstä, jos ei huomioida voimalaitosten jäähdytysvesiä. Maatalous kuluttaa huomattavan osan vedestä Espanjassa (noin 65 %), Portugalissa (59 %) ja Italiassa (50 %). Valtaosa näiden sektoreiden käyttämästä vedestä otetaan suoraan vesistöistä tai pohjavesilähteistä eikä se käy lävitse

Большая часть воды, используемой в данных отраслях, забирается непосредственно из водоемов или подземных источников и не проходит через процесс водоподготовки, включающей водозабор, очистку и распределение.

Объемы потребляемой воды различаются по странам. Так, в Бельгии потребляется более 40%, Италии и Португалии – около 30% от всех водных ресурсов. По средним показателям объемы водопотребления за последние десять лет в европейских странах несколько снизились.

По данным, собранным Организацией экономического сотрудничества и развития, коммунальное водопотребление в странах западной и средней Европы составляет примерно от 100 до 200 л на человека в сутки. Больше воды потребляют в Италии и Испании, что, очевидно, связано с жарким климатом, а также в Швеции, где хорошо развиты водопроводные и канализационные системы. Самое низкое водопотребление – в Венгрии, Чехии и Португалии, где в последние годы были введены новые тарифы на оплату воды, что и повлияло на объемы водопотребления. В Финляндии в настоящее время коммунальное водопотребление находится в пределах 140 л на человека в сутки.

5.1.4. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД И КАНАЛИЗАЦИЯ

В начале 1970-х гг. количество подключений в сеть канализации в странах Европы значительно увеличилось и достигло к концу 1980-х гг. 70–80% в расчете на количество жителей. Однако значительная часть сточных вод на станции очистки еще не поступает. Можно предположить, что в странах Европы с населением 3 500 млн человек только примерно половина объема сточных вод очищается качественно. Особенно слабо очистка сточных вод развита в странах южной Европы. Такая же ситуация во многих больших европейских городах, таких как Брюссель, в которых очисткой сточных вод занялись слишком поздно. Методы и технологии очистки сильно изменились, о чем имеются разнообразные данные (Rautanen, 1995). Большая часть водоемов, расположенных на территории стран ЕС, очень чувствительна к биогенной нагрузке, которая вызывает их эвтрофирование. Несмотря на то, что с точки зрения охраны вод основными факторами риска являются промышленные и сельскохозяйственные стоки, нельзя недооценивать и влияние коммунальных сточных вод, в том числе от рассредоточенных населенных пунктов. По статистическим данным за последние сто лет, опубликованным OECD в 2003 г., в странах-членах OECD на станции очистки поступает примерно 65% коммунальных сточных вод. Соответствующий показатель в странах ЕС выше.

talousvedelle tarkoitettua vedenotto-, käsittely- ja jakeluprosessia.

Käytettävissä oleva veden määrä vaihtelee maittain. Niinpä Belgia tarvitsee käyttöönsä yli 40 % ja Italia ja Portugali noin 30 % vesivaroistaan. Euroopan maat ovat keskimäärin laskettuna hieman kyenneet pienentämään veden kokonaiskulutusta viime vuosikymmeninä.

OECD:n keräämien tietojen perusteella Länsi- ja Keski-Euroopan maiden kotitalouksien veden kulutus vaihtelee hieman yli sadasta litrasta vähän yli kahteen sataan litraan henkeä kohti vuorokaudessa. Eniten vettä käytetään Italiassa ja Espanjassa, mikä johtunee lämpimästä ilmastosta, sekä Ruotsissa, missä vesikalusteiden runsas käyttö lienee kulutusta lisäävä seikka. Vähiten vettä kulutetaan Unkarissa, Tsekissä ja Portugalissa, joissa viime vuosina omaksuttu uusi veden hinnoittelu on vaikuttanut kulutusta pienentävästi. Suomessa arvioidaan talousveden kulutuksen olevan tällä hetkellä 140 litraa henkeä kohti vuorokaudessa.

5.1.4. JÄTEVEDEN PUHDISTUS JA VIEMÄRÖINTI

Viemärilaitokseen liittyjämäärät Euroopassa alkoivat 1970-luvun alkupuolelta nousta siten, että 1980-luvun lopulla liittyjiä oli 70–80 % väestöstä. Huomattava osa jätevesistä ei kuitenkaan päätynyt jätevedenpuhdistamoon. Voidaan arvioida, että vain noin puolet EU-maiden kolmen ja puolensadan miljoonan asukkaan jätevesistä puhdistettiin asianmukaisesti. Erityisesti Etelä-Euroopan maissa jäteveden käsittely on kehittynyt hitaasti. Sama pätee myös moneen Euroopan suurkaupunkiin kuten Brysseliin, jonka jätevesien puhdistamiseen on ryhdytty myöhään. Puhdistustekniikka on kokenut suuria muutoksia ja sitä koskevat käsitteet ovat tilastoissa kirjavia (Rautanen, 1995). Suuri osa EU-alueen vesistöistä ovat herkkiä ravinnekuormituksen suhteen ja siten alttiita rehevöitymiselle. Vaikkakin teollisuuden ja maatalouden kuormitukset ovat vesiensuojelun kannalta keskeisiä, ei yhdyskuntien ja haja-asutuksen jätevesien vaikutusta tule aliarvioida. OECD:n vuonna 2003 julkaistaman tilaston mukaan, johon on kerätty viimeisin saatavilla ollut tieto, OECD:n jäsenmaissa keskimäärin 65 % väestön jätevesistä johdetaan jäteveden puhdistamoihin. EU-maiden osalta tuo suhdeluku on korkeampi. Pisimmällä jätevesien käsittelyssä eli lähes 100 % tasolla on Hollanti. Sitä seuraavat Iso-Britannia, Saksa, Luxemburg, Tanska, Ruotsi, Suomi ja Itävalta, jotka yltävät vähintään 80 % puhdistusasteeseen. Alhaisin puhdistusaste on

Наиболее высокий уровень объема очищаемых сточных вод (100%) в Голландии. Далее идут Великобритания, Германия, Люксембург, Дания, Швеция, Финляндия и Италия, где достигнут 80-й % уровень. Наиболее низкий показатель в Бельгии, примерно 40%. Также менее половины объема сточных вод очищается в Португалии и Испании. Из анализа статистических данных становится очевидным, что до сих пор очень часто используется только первая ступень очистки – механическая. Большая часть сточных вод проходит биологическую, химическую или смешанную химико-биологическую очистку. В Финляндии из общего объема сточных вод 95% очищаются химико-биологическим способом, 5% сточных вод проходят только химическую очистку. Кроме того, 40% объема сточных вод обрабатываются на станциях, где содержание азота снижается на 60%.

5.1.5. СТОИМОСТЬ ВОДЫ

В стоимость производимой воды включаются производственно-эксплуатационные затраты предприятий водоснабжения и инвестиции, в которые входят затраты на материалы и персонал, выплаты налогов и процентов по кредитам. В настоящее время в области охраны окружающей среды получил широкое одобрение принцип «платежи загрязнителя». В водоснабжении это означает, что водопотребитель в конце концов единолично отвечает за все затраты, в том числе и за ущерб, нанесенный окружающей среде в результате его деятельности. Однако этот принцип в таком понимании ни в одной из стран Европы практически не был использован. С другой стороны, цели водоснабжения, широко одобренные в мире, предполагают обеспечение каждого гражданина водой в достаточном количестве, а дома – оборудованными туалетами. Это означает, что плата за воду должна быть умеренной.

На окончательную цену, оплачиваемую потребителем, влияют несколько факторов, основными из которых являются экономическая поддержка и обеспечение, оказываемые коммуной, учет водопотребления, а также тарифная политика, осуществляемая предприятием водоснабжения.

Экономическое руководство

Обычно руководство водоснабжением со стороны коммуны имеет поддерживающий характер, при котором общими усилиями осуществляются обязательные или желательные проекты, например, за счет предоставления вспомогательных или дешевых кредитов или снижения налогов. Руководство должно быть при этом достаточно жестким. В этом случае нежелательная деятельность становится экономически затруднительной.

Belgiassa noin 40 %. Myös Portugalissa ja Espanjassa puhdistetaan alle puolet jätevesistä. Tilastosta käy myös selville, että pelkästään ensiasteen puhdistusta – käytännössä mekaanista menetelmää – käytetään edelleen varsin paljon. Valtaosa jätevesistä puhdistetaan biologisesti, kemiallisesti tai biologis-kemiallisesti. Suomessa viemäröidyistä jätevesistä 95 % puhdistetaan biologis-kemiallisesti ja pelkästään kemiallisesti 5 %. Lisäksi 40 % jätevesistä käsitellään laitoksissa, jotka poistavat typen vähintään 60 % teholla.

5.1.5. VEDEN HINTA

Tuotetun veden hinta määräytyy vesihuoltolaitosten käyttö-, ylläpito- ja investointikustannuksista, joihin sisältyy materiaali- ja henkilöstökuluja, veroluonteisia maksuja sekä korkomenoja. Nykyisin on yleisesti hyväksytty «likaaja maksaa» -periaate ympäristönsuojelussa. Vesihuollossa se merkitsee sitä, että veden kuluttaja on viime kädessä vastuussa kaikista kustannuksista – myös toiminnan vaikutuksista ympäristölle. Tämä periaate ei missään Euroopan maassa ole sellaisenaan käytännössä toteutunut. Maailman laajuisesti hyväksytyt vesihuollon tavoitteet edellyttävät toisaalta, että kaikilla tulisi olla riittävästi vettä ja kunnolliset käymälät. Tämä merkitsee sitä, että vesimaksut on pidettävä kohtuullisena. Kuluttajan maksaman veden lopulliseen hintaan vaikuttaakin useita tekijöitä, joista tärkeimmät ovat yhteiskunnan tarjoama taloudellinen tuki ja ohjaus, käytetyn veden määrän mittaaminen sekä laitosten vesimaksuihin soveltama tariffipolitiikka.

Taloudellinen ohjaus

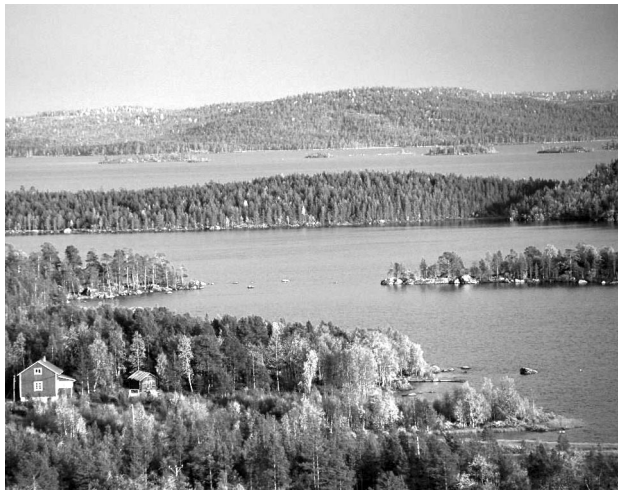
Yhteiskunnan harjoittama ohjaus vesihuollossa on tavallisesti kannustavaa, jolloin yhteisin varoin tuetaan välttämättömiä tai toivottavia hankkeita esimerkiksi avustusten tai edullisten lainojen, takausten tai verohelpotusten muodossa. Ohjaus voi olla myös rankaisevaa, jolloin ei-toivottu toiminta tehdään veroin tai maksuin taloudellisesti rasittavaksi. Jo pitkään on Euroopassa vesihuoltoa rakennettu verovarojen avulla. Veden käyttäjiltä on kerätty lähinnä vain laitosten ylläpitoon riittävät vesimaksut. Tällä hetkellä pyritään täyteen kustannusvastaavuuteen vesimaksujen suhteen. Euroopan taloudellisesti kehittyneissä maissa yhteiskunnan tuki alkaa olla varsin pieni ja se on pääosin suunnattu haja-asutusalueille, joilla yhteisen vesihuollon järjestäminen muuten olisi taloudellisesti ylivoimaista. Esimerkiksi Suomessa viime vuosikymmenen lopulla vesi- ja viemärilaitosinvestoinnit olivat vuositasolla 250 milj. euroa, josta valtion tuki peitti noin 10 %.

тельной из-за увеличения налогов и плат. Длительное время водоснабжение в Европе обеспечивалось за счет налогов. С водопотребителя взималась плата за воду, которая покрывала только эксплуатационные расходы предприятия. В настоящее время осуществляется попытка увеличить обеспечение затрат за счет плат за воду. В экономически развитых странах Европы размеры государственной поддержки начинают снижаться. В основном она направлена на территории с рассредоточенными населенными пунктами, в которых организация централизованного водоснабжения экономически тяжелая. Например, в Финляндии в конце последнего десятилетия инвестиции в водоснабжение и канализацию находились на уровне 250 млн евро в год, из которых государство покрывало примерно 10%.

Значительная поддержка ЕС развивающимся территориям была предоставлена Ирландии, Португалии, Испании, Греции и Италии. Эти страны в результате присоединения к ЕС смогли воспользоваться поддержкой через фонды Envireg, которые оплачивают всегда до 90% всех затрат по проектам. Во Франции власти могут поддержать инвестициями до 40% затрат проекта. Также власти выдают разрешения и путем выполнения касающихся их обязанностей и санкций стараются обеспечить осуществление проектов (Rautanen, 1995). Даже в Англии и Уэльсе, где водоснабжение принадлежит частному сектору, государство поддерживает их деятельность путем снижения налогов.

Учет водопотребления

Учет количества потребленной воды является широко применяемой методикой для определения размера выставляемого потребителю счета. Относительно воды, подаваемой на нужды промышленности, такой метод в европейских странах является нормой в том случае, когда вода получается с обычного предприятия водоснабжения. Учет воды, используемой в сельском хозяйстве, в пределах Европы происходит редко. Объемы воды, распределяемой обычным предприятием водоснабжения, оцениваются с использованием счетчиков-водомеров, показания которых можно использовать при подсчете общего водопотребления и стоимости воды. Это является общепринятой методикой. Тариф связан с объемом потребляемой воды. В настоящее время во многих странах ЕС частные дома, где проживает одна семья, почти на 100% снабжены водомерами (если дом подключен к общей водопроводной сети). Исключением являются Ирландия и Великобритания. В Ирландии применяется учет подаваемой воды, но эта практика считается неэкономичной. В Великобритании только в южной и восточной частях Англии практикуется расширение учета водопотребления. В последние годы быстрее меняется



EU:n tuki kehitettäville alueille on ollut merkittävä Irlannille, Portugalille, Espanjalle, Kreikalle ja Italialle. Nämä maat ovat liittymisensä myötä käyttäneet hyväkseen EU:n Envireg-, rakenne- ja koheesiorahastojen tukea, mikä on saattanut nousta aina 90 %:iin asti hankkeen kokonaiskustannuksista. Ranskassa vesivirastot voivat tukea investointeja 40 % hanketta kohden. Samalla viranomaisten myöntämät luvat ja niihin liittyvät velvoitteet sekä sanktiot pyrkivät varmistamaan hankkeen toteutumisen (Rautanen, 1995). Jopa Englannissa ja Walesissa, missä vesihuolto on yksityisten vesihuoltolaitosten varassa, on valtio tukenut toimintaa verohelpotuksin.

Veden mittaaminen

Käytetyn veden määrän mittaaminen on yleisesti hyväksytty apukeino määriteltäessä käyttäjälle tulevaa vesimaksua. Teollisuuden käyttöön johdetun veden osalta tämä on normaali käytäntö Euroopassa silloin, kun jakelu tapahtuu yleisten vesilaitosten toimesta. Maatalouteen käytetyn veden mittaaminen Euroopan mittakaavassa tapahtuu harvoin. Yleisten vesilaitosten jakaman talousveden määrän arviointi vesimittareilla, jotta sitä voidaan käyttää kulutuksen seuraamiseen ja hinnoittelun apuvälineenä, on periaatteessa hyväksytty yleisesti. Tärkeä syy tähän on se, että kun tariffit kytketään käytetyn veden määrään, vähentää se selvästi kulutusta. Yhden perheen kiinteistöt ovat nykyisin useimmissa Euroopan unionin maissa lähes 100 prosenttisesti varustettu vesimittareilla, kun ne ovat liittyneet yhteisiin vesilaitoksiin. Selviä poikkeuksia ovat Irlanti ja Iso-Britannia. Irlannissa veden mittaamisen käyttöönottoa on harkittu, mutta sitä pidetään epätaloudellisena. Iso-Britanniassa vain Englannin etelä- ja itäosissa on edistytty veden mittaamisen lisäämisessä. Tilanne Tanskassa on viime vuosina nopeasti muuttumassa. Vuonna 1996 yhden perheen kiinteistöistä 64 % oli veden

обстановка в Дании. В 1996 г. частные дома, в которых проживает одна семья, на 64% были подключены к водомерам. В начале 1999 г. все дома, подключенные к общей водопроводной сети, согласно новому закону (OECD, 1999) должны быть оборудованы водомерами.

В многоэтажных домах, в которых проживает большинство населения европейских стран, обычной практикой является учет воды по отдельному дому. Напротив, учет по отдельным квартирам – редкое явление. По имеющимся сведениям, только в Греции и Испании учет водопотребления является 100%-м. Следующей идет Франция, где аналогичный показатель составляет 50%. По сведениям из Германии, уровень оборудования квартир многоэтажных домов водомерами составляет 10–20%. В других странах учет воды находится на очень низком уровне (OECD, 1999). На практике это означает, что плата за воду, подаваемую по трубопроводу в отдельный жилой район, распределяется на всех жителей и рассчитывается с использованием переменных критериев, таких как площадь квартиры, количество комнат или количество проживающих. Для равномерного и экономичного использования водных ресурсов необходима установка водомеров в каждой квартире. С другой стороны, высокая стоимость счетчиков и затраты, связанные с их обслуживанием, снижают наполовину значение этого мероприятия, о чем свидетельствуют наглядные примеры из некоторых стран Европы.

Плата за воду

Предприятия водоснабжения пытаются придерживаться политики ценообразования, которая эффективна для компенсации затрат и понятна потребителю. Кроме того, плата за воду должна соответствовать нормам законодательства, т. е. нагрузку на население, имеющее низкие доходы, нельзя поднимать сверх меры. Плата за воду должна по своему объему также соответствовать практике, применяемой в районе и в стране в целом. Важным фактором является и тот момент, что при установлении размера оплаты необходимо учитывать схему затрат в сфере водоснабжения. Данной сфере принадлежит капитал, 85% которого – расходы на недвижимость. Так что только 15% от всех затрат изменяются. Из действительных затрат лишь небольшая часть зависит от количества произведенной воды. Однако политика, направленная на экономию воды, все-таки важна по многим причинам, в частности, как инструмент охраны источника исходной воды и ее качества, которое может ухудшаться при сверхизбыточном заборе воды. В частности, изменение объемов сточных вод очень быстро сказывается на затратах. Путем ценообразования осуществляется попытка экономии

mittauksen piirissä. Vuoden 1999 alusta tuli kuitenkin kaikki yhteiseen vesilaitokseen liittyneet kiinteistöt olla uuden lain mukaan varustettu vesimittareilla (OECD, 1999).

Kerrostaloissa, missä huomattava osa Euroopan maiden väestöstä elää, veden määrän mittaus kiinteistökohtaisesti on tavallista. Sen sijaan asuntokohtainen mittaaminen on harvinaista. Vain Kreikka ja Espanja ilmoittavat mittaamisen olevan 100 %. Seuraavana tulee Ranska, missä suhdeluku ilmoitetaan olevan suurempi kuin 50 %. Lisäksi Saksa ilmoittaa kerrostaloasuntojen vesimittareiden määräksi 10–20 %. Muiden maiden osalta mittaaminen on erittäin vähäistä (OECD, 1999). Käytännössä tämä merkitsee sitä, että taloyhtiölle lankeava vesimäärään perustuva vesimaksu jaetaan asukkaiden kesken käyttäen vaihtelevia kriteerejä, kuten asunnon lattiapinta-alaa, huoneiden lukumäärää tai asunnon henkilömäärää. Tasa-arvoon ja vesivarojen säästävään käyttöön perustuvat syyt kannustavat vesimittareiden huoneistokohtaiseen hankintaan. Toisaalta mittareiden kalleus ja niiden seurantaan liittyvät kustannukset puoltavat vaihtoehtona tiedottamista vettä säästävän käytön tarpeellisuudesta, mistä on hyviä esimerkkejä tarjolla muutamista Euroopan maista.

Vesimaksut

Vesihuoltolaitokset pyrkivät kannustavaan hinnoittelupolitiikkaan, joka on sekä kustannustehokas että selkeä kuluttajan kannalta. Lisäksi vesimaksujen tulee olla oikeudenmukaisia ts. alhaisen tulotason omaavan väestönosan rasitus ei saa nousta kohtuuttomaksi. Vesimaksujen tulisi myös suuruusluokaltaan noudatella alueella ja maassa vallitsevaa käytäntöä. Vaikeutena on vielä se, että maksuja asetettaessa vesihuollon kustannusrakenne tulisi ottaa huomioon. Ala on pääomavaltainen ja 85 % kustannuksista on kiinteitä kuluja, eli vain 15 % kustannuksista muuttuu. Todellisista kustannuksista vain pieni osa on riippuvainen tuotetusta vesimäärästä vedenhankinnassa. Vettä säästävä politiikka on kuitenkin monesti tarpeen siksi, että raakavesilähde saattaa ehtyä tai sen laatu huonontua vedenoton suurentuessa. Jätevesien käsittelyn osalta voidaan todeta että, vesimäärän vaihtelu saattaa nopeasti vaikuttaa kustannuksiin. Hinnoittelulla pyritään veden säästöön, mutta elintason nousun tuoma keittiö- ja hygieniakalusteiden lisääntynyt käyttö lisää veden kulutusta.

Kuten edellä on todettu ei missään Euroopan maassa ole päästy vesihuollon osalta täyteen kustannusvastaavuuteen kerättyjen vesimaksujen suhteen. Kyse on poliittisesta päätöksenteosta, koska vesihuoltolaitokset ovat yleensä julkisen vallan omis-

воды, однако бытовое оборудование, повышающее уровень жизни населения, способствует увеличению водопотребления.

Как ранее было сказано, ни в одной стране Европы не достигнуто того, чтобы все затраты водоснабжения покрывались исключительно за счет средств, собранных от платы за воду. Этот вопрос решается на уровне вынесения политических решений. Поскольку предприятия водоснабжения обычно принадлежат государству или контролируются им, оплата должна устанавливаться осторожно. Для ограничения желания поднять цены на воду имеются как исторические, так и социальные, достаточно серьезные причины. Однако положение дел во многих странах меняется, поскольку избыточный забор подземных вод и отсутствие очистки сточных вод требуют увеличения размеров оплаты за воду. В последние годы стало очевидным, что нерационально регулировать инвестиции в водоснабжение за счет бюджетов местных администраций. Также предполагается, что непопулярных социальных осложнений, возникающих за счет повышения оплаты, можно избежать путем внедрения новых подходов.

Структура тарифов в странах Европы очень разнообразна. Некоторые страны, такие как Исландия, Северная Ирландия и Шотландия, используют единый тариф. Другие, например, Чехия и Венгрия, используют меняющийся тариф. Во многих странах применяется смешанная схема тарифа, в которой имеется меняющаяся часть, зависящая от количества потребляемой воды, и постоянная часть, в которую включается, например, налог на добавочную стоимость. Если используется постоянный тариф, то он зависит от величины участка, сада и хозяйства или от размера трубопровода, входящего в дом, и показателей водомера. Определяющими факторами могут быть также количество водопроводных кранов и комнат. Несмотря на то что схемы ценообразования в разных странах различны, в последние годы намечается тенденция перехода на создание тарифа, который экономически более выгоден, является социально направленным и способствует эффективному использованию воды, сохранению водных запасов. Таким образом, счет, выставленный на основе постоянного тарифа, изменяется в зависимости от количества потребленной воды, указанного в нем (OECD, 1999).

Учет количества сточных вод для определения стоимости их очистки осуществить не всегда просто. Может так оказаться, что за канализацию, отвод ливневых вод и очистку сточных вод отвечают разные организации. Дополнительные сложности, естественно, возникают, когда в коммунальную систему канализации отводятся промышленные сточные воды, стоимость очистки которых сильно различается в зависимости от их состава. Для предотвращения загрязнения водоемов – приемников сточных вод и технического

tamia tai valvomia, on niiden harjoittama hinnoittelu ollut varsin varovaista. Syyt ovat ehkä historiallisia ja sosiaalisia sekä riittävän painavia rajoittamaan kunnallisten viranomaisten haluja nostaa vesimaksuja. Monissa maissa tilanne on kuitenkin muuttumassa, koska pohjaveden liiallinen otto ja puutteellinen jätevesien käsittely vaatii vesimaksujen korotusta. Lisäksi hallitusten talousarvioita ei enempää haluta paisuttaa tasapainottamaan vesihuoltoinvestointeja. Ajatellaan myös, että raskaamman hinnoittelun epäsuotuisat sosiaaliset vaikutukset voidaan välttää uudenlaisilla lähestymistavoilla.

Tariffien rakenne Euroopan maissa vaihtelee suuresti. Kun jotkut maat turvautuvat yhtenäistariffeihin kuten Islanti, Pohjois-Irlanti ja Skotlanti, luottavat toiset pelkästään muuttuviin tariffeihin kuten Tsekki ja Unkari. Useimmat maat käyttävät yhdistettyä rakennetta, jossa on vesimäärästä riippuva muuttuva osa ja kiinteä osa, joka sisältää esimerkiksi arvonlisäveron. Jos kiinteitä tariffeja käytetään voidaan niitäkin muunnella riippuen esimerkiksi tontin, puutarhan ja talouden koosta tai talojohdon ja vesimittarin suuruudesta. Määräävinä tekijöinä saattavat olla myös vesihanojen ja huoneiden lukumäärä. Vaikkakin tariffien rakenne vaihtelee eri maissa, on viime vuosina on ollut havaittavissa siirtymistä taloudellisesti tehokkaampaan, sosiaalisesti paremmin kohdistettuun ja veden säästöön kannustavaan hinnoitteluun. Siten kiinteähintainen laskutus on vaihtunut vesimäärän mukaan tapahtuvaan laskutukseen joko yhden yksikköhinnan tai vesimäärän mukaan kasvavan yksikköhinnan mukaan (OECD, 1999).

Jäteveden osuuden määrittely vesimaksun hinnoittelussa ei aina ole yksinkertainen tehtävä. Saattaahan viemäröinnistä, sadevesien johtamisesta ja jäteveden käsittelystä vastata erilliset organisaatiot. Lisävaikeuden luonnollisesti aiheuttaa yleiseen viemäriin johdettavat teollisuuden jätevedet, joiden käsittelykustannukset saattavat suuresti erota toisistaan. Vastaanottovesistön pilaantumisen estäminen ja halu varautua jätevedenkäsittelylaitteistojen kehittämiseen on useissa maissa johtanut jätevesimaksujen korotuksiin. Kuitenkin jätevesimaksut on useimmissa maissa suorassa suhteessa sidottu kotitalouksien käyttämään talousveden määrään. Lisäksi tariffeihin on lisätty kiinteä osuus, kuten useimmiten on asianlaita myös puhdasvesimaksun suhteen. Tilastot osoittavat, että niissä maissa, missä jätevesihuolto on pisimmälle kehittynyt ja missä on pyritty todellisten käsittelykustannusten kattamiseen, jätevesimaksun suuruus ylittää selvästi puhdasvesimaksun rahallisen arvon.

Verojen lisäksi tariffeihin saattaa sisältyä erilaisia erityismaksuja kuten vedenottoon kytketty maksu Saksassa ja Hollannissa. Viimeksi mainitussa maassa

развития оборудования для очистки – в некоторых странах были вынуждены прибегнуть к повышению тарифов на очистку стоков. Однако плата за очистку во многих странах находится в прямой зависимости от объема водопотребления в домашнем хозяйстве. Дополнительно тариф включает в себя постоянную часть, которая чаще всего также зависит от объема потребления чистой воды. Статистические данные показывают, что в странах, где имеется развитое канализационное хозяйство и где стремятся к действительному покрытию прямых затрат на очистку сточных вод, объем платы за сточные воды стабильно превышает величину стоимости чистой воды.

Кроме налогов, в тариф включены различные специальные платежи, такие как, например, плата за подключение к водозабору подземных вод в Германии и Голландии. Типичный налог, включенный в плату за воду, – налог на добавочную стоимость, который самый высокий в северных странах (в Дании и Швеции – 25%, Норвегии и Финляндии – 22%). Противоположным примером является Великобритания, где этот налог отсутствует. В остальных странах ЕС величина налога на добавочную стоимость находится в пределах 5–10%. Согласно статистическим данным OECD, в Голландии в 1990-х гг. налоги были повышены с 6 до 17,5%. И только в Ирландии проблемы, связанные с ценообразованием, исключены, так как начиная с 1997 г. средства, необходимые для водоснабжения, собираются вместе с налогами от доходов.

На конец последнего десятилетия в странах Европы цена на воду, в которую внесена плата как за получение чистой воды, так и за отвод сточных вод, была в пределах от одного до трех долларов за кубический метр. Наиболее дорогая вода была в Дании, Голландии и Франции, наиболее дешевая – в Чехии и Венгрии. Близки к нижней границе цены на воду были в Италии, Испании и Греции. В Финляндии в 1999 г. средняя цена на потребляемую воду составляла 0,86 евро/м^3 и за отвод сточных вод – 1,36 евро/м^3. За последние годы наиболее сильный подъем цен на воду наблюдался в Шотландии (16,1%), Республике Чехия (14,8) и Дании (5,0%). В это же время в Англии и Уэльсе цены снижались. OECD попыталась провести сравнение цен на воду, используемую в домашнем хозяйстве, относительно имеющихся доходов или других расходов. Согласно расчетам, из стран ЕС доля платежей за воду относительно всех расходов была наименьшей в Италии – 0,7%. Наиболее дорогой в данном отношении страной была Португалия – 1,6%. Из других стран Европы можно отметить Венгрию (2,1%) и Польшу (около 2,3%). Средние соотношения доходов и расходов, имеющихся в домашнем хозяйстве, не отражают действительного объема нагрузки в группах населения с разными доходами. Более точные расчеты показывают, что часть населения, получающая



maksu koskee pohjaveden ottoa. Tyypillinen vero vesimaksuissa on arvonlisävero, joka on korkein Pohjoismaissa (Tanskassa ja Ruotsissa 25 %, Norjassa ja Suomessa 22 %).Toista ääripäätä edustaa Iso-Britannia, missä vero on 0 %. Muissa EU-maissa arvonlisävero vaihtelee 5 ja 10 % välillä. OECD:n tietolähteen mukaan Hollanti nosti 1990-luvulla veroa valikoidusti siten, että yli 60 guldenin edestä vuosittain kuluttavan talouden arvonlisäveroa korotettaisiin 6 %:sta 17,5 %:iin. Veden hinnoitteluun liittyvät vaikeudet on Irlannissa ainoana EU-maana vältetty siten, että vesihuoltoon tarvittavat varat kerätään tuloverotuksen yhteydessä vuodesta 1997 lähtien.

Viime vuosikymmenen loppupuolen tietojen perusteella Euroopan maissa veden hinta, mihin sisältyy sekä puhdas- että jätevesimaksu, vaihteli hieman yli kolmesta dollarista vajaaseen dollariin kuutiometriltä. Kalleinta vesi oli Tanskassa, Hollannissa ja Ranskassa; halvinta Tsekissä ja Unkarissa. Lähellä alarajaa olivat myös Italia, Espanja ja Kreikka. Suomessa vuonna 1999 puhtaan veden kulutusmaksu oli keskimäärin 0,86 euroa ja jäteveden käyttömaksu 1,36 euroa/m^3. Viime vuosien suurimmat vesimaksujen hinnan nousut ovat olleet Skotlannissa (16,1 %), Tsekin tasavallassa (14,8 %) ja Tanskassa (5,0 %). Englannissa ja Walesissa hinnat ovat olleet laskussa. OECD on myös pyrkinyt vertaamaan kotitalouksien vesimaksuja käytettävissä oleviin tuloihin tai muihin kuluihin. Laskelmien mukaan EU-maista vesimaksujen osuus kaikista kuluista oli pienin Italiassa eli 0,7 %. Kallein maa veden osalta on Portugali, missä osuus kohoaa 1,6 %:iin. Muista Euroopan maista mainittakoon Unkari (2,1 %) ja Puola (n. 2,3 %). Keskimääräiset arvot kotitalouksien käytössä olevista tuloista ja menoista eivät kerro totuutta rasituksen suuruudesta eri tuloryhmissä. Käytettävissä olevien tulojen perusteella tehdyt tarkemmat laskelmat osoit-

наименьшие доходы, на оплату счетов за воду использует в Англии и Уэльсе 3,75%, во Франции – 2,18% от своих доходов. Эти цифры означают, что нагрузка в этой группе в 3,1 и 2,5 раза более значительна, чем в группе со средними доходами.

5.1.6. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И РУКОВОДСТВО ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Международное сотрудничество

Страны уже давно начали заключать международные соглашения, касающиеся водных объектов. Первые соглашения были заключены относительно свободы водного транспорта. В 1815 г. на Венском конгрессе была достигнута договоренность о судоходстве по р. Рейн, а в 1856 г. в рамках мирного Парижского договора была создана специальная комиссия по Дунаю для регулирования судоходства. В начале 20-го столетия было заключено несколько двух- и многосторонних соглашений, касающихся сплава леса, строительства на водных объектах, использования воды на орошение и эксплуатации гидроэлектростанций. После второй мировой войны для предотвращения загрязнения водных объектов основное внимание в соглашениях сместилось от регулирования использования к их охране. Например, в начале 1960-х гг. были основаны комиссии по охране рек Мозель и Рейн. Однако большинство договоров по охране водных объектов и морских территорий были заключены в 1972 г. после конференции ООН по окружающей среде, проходившей в Стокгольме (Kuokkanen, 2001).

Значительным для Северной Европы событием было создание комиссии по охране окружающей среды Балтийского моря (HELCOM) и вступление в силу в 1980 г. так называемого Хельсинкского соглашения. В 1988 г. страны-участники соглашения договорились о снижении к концу 1995 г. нагрузки тяжелыми металлами, биогенными и органическими веществами вдвое. Обновленное Хельсинкское соглашение вступило в силу в 2000 г. Оно касается охраны вод, расположенных на водосборе Балтийского моря, на территории которого проживает около 80 млн человек из 13 стран (рис. 5.2).

Решение об охране Ботнического залива, принятое в 1988 г., способствовало усилению внимания к очистке коммунальных сточных вод на территории всех стран, входивших в то время в Европейский Совет. Договор по Средиземному морю (The Mediterranean Strategy and Action Plan, MEDSAP) предусматривал финансирование проектов по развитию водоснабжения и канализации на территории развивающихся

tavat että, alin tulonsaajaryhmä käyttää tuloistaan Englannissa ja Walesissa 3,75 % sekä Ranskassa 2,18 % vesimaksuihin, mitkä luvut tarkoittavat 3,1 ja 2,5 kertaa suurempia rasituksia kuin keskimääräisellä tulonsaajalla.

5.1.6. KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ JA OHJAUS VESIVAROJEN KÄYTÖSSÄ JA HOIDOSSA

Kansainvälinen yhteistyö

Valtiot ovat pitkään tehneet kansainvälisiä vesistöjä koskevia sopimuksia. Ensimmäiset sopimukset koskivat vesiliikenteen vapaata harjoittamista. Vuoden 1815 Wienin kongressissa sovittiin Reinin laivaliikenteestä ja vuoden 1856 Pariisin rauhansopimuksessa perustettiin laivaliikennettä varten erityinen Tonavan komissio. Viime vuosisadan alkupuolella tehtiin useita kahden- ja monenvälisiä sopimuksia, mitkä koskivat uittoa, vesirakentamista, veden johtamista kastelua varten sekä vesivoiman käyttöä. Toisen maailmansodan jälkeen vesistöjen pilaantumiskehityksen edetessä painopiste sopimuksissa siirtyi vesien käytön säätelystä vesiensuojeluun. Esimerkiksi 1960-luvun alussa perustettiin Mosel- ja Rein-joen suojelukomissiot. Kuitenkin vasta Tukholman vuoden 1972 YK:n ympäristökonferenssin jälkeen syntyi useita vesien- ja merensuojelusopimuksia (Kuokkanen, 2001).

Pohjois-Euroopan kannalta merkittävä on ollut Itämeren merellisen ympäristön suojelukomission (HELCOM) perustaminen, mitä tarkoittava ns. Helsingin sopimus tuli voimaan vuonna 1980. Vuonna 1988 sopimusmaat sitoutuivat vähentämään puoleen raskasmetalli-, ravinne- ja orgaanista kuormitusta vuoteen 1995 mennessä. Uudistettu Helsingin sopimus astui voimaan vuonna 2000. Sopimus koskee vesiensuojelua Itämeren valuma-alueella, jolla asuu noin 80 miljoonaa ihmistä 13 maassa (kuva 5.2).

Päätös Pohjanmeren suojelusta vuonna 1988 johti siihen, että yhdyskuntien jätevesien käsittelyyn kiinnitettiin huomiota koko silloisen Euroopan yhteisön alueella. Välimerensopimus, (The Mediterranean Strategy and Action Plan, MEDSAP), rahoittaa vesi- ja viemärilaitoshankkeita kehitysalueilla. Myös EU saattaa olla osapuolena ympäristösopimuksissa. Näin on asianlaita Sofiassa vuonna 1994 tehdyssä Tonavan suojelua ja kestävää käyttöä koskevassa yleissopimuksessa.

Paitsi valtiot keskinäisten sopimustensa perusteella vesivarojen käytön ja hoidon ohjausta tekevät Euroopan alueella useat kansainväliset järjestöt.

стран. Кроме того, ЕС является участником договоров, касающихся охраны окружающей среды, в частности, общего договора, заключенного в Софии в 1994 г. относительно охраны и устойчивого использования Дуная.

Кроме соглашений, заключенных между странами, руководством использования водных ресурсов и их охраной занимаются многие международные организации, функционирующие на территории Европы. Из них следует упомянуть Европейский Совет и Организацию экономического сотрудничества и развития (OECD), а также Европейскую экономическую комиссию (ECE), подчиняющуюся ООН, Программу ООН по защите окружающей среды (UNEP) и Международную организацию здравоохранения (WHO). Эти организации проводят исследования, ставят цели и определяют приоритетные задачи, а также пытаются на основе договоров развивать данное направление каждая в сфере своей деятельности.

Руководство ЕС

Первое соглашение о создании Европейского экономического сообщества было заключено в 1957 г. между Нидерландами, Бельгией, Федеративной Республикой Германия, Францией, Италией и Люксембургом. Этот так называемый Римский договор не содержал вопросов, касающихся окружающей среды. Великобритания, Ирландия и Дания вошли в экономическое сообщество в 1973 г. В том же году экономическим сообществом была одобрена первая пятилетняя программа по охране окружающей среды. В 1981 г. членом Европейского сообщества стала Греция. В 1986 г. к сообществу присоединились Португалия и Испания. В 1987 г. в основной договор были добавлены положения, касающиеся охраны окружающей среды, которые сделали возможным различные способы регулирования в этой области. В 1993 г., согласно вступившему в силу Маастрихтскому соглашению, был создан Европейский Союз, у которого есть мощное политическое влияние, в том числе в сфере развития финансов и обороны. Положения, касающиеся окружающей среды, строго контролируются, так как Совету даны полномочия одобрять выдвигаемые предложения по регулированию в сфере окружающей среды, как правило, большинством голосов. В договоры, заключенные в Амстердаме в 1999 г. и Ницце в 2001 г., были внесены дальнейшие разъяснения по процедурам принятия решений по вопросам окружающей среды, требующим единодушного мнения. В законодательстве по окружающей среде Европейского Союза рассматривается 300 различных постановлений и их изменений. Постановления подразделяются по следующим направлениям: общие вопросы, радиоактивная безопасность, охрана вод и водоснабжение,

Näistä kannattaa mainita mm. Euroopan neuvosto (EC) ja Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (OECD) sekä YK:n alajärjestöt kuten Euroopan talouskomissio (ECE), YK:n ympäristöohjelma (UNEP) ja Maailman terveysjärjestö (WHO). Järjestöt tekevät tutkimuksia, asettavat tavoitteita ja suosituksia sekä pyrkivät sopimusteitse kehittämään alaa kukin omalla sektorillaan.

EU:n ohjaus

Alkuperäinen Euroopan talousyhteisön vuoden 1957 perustamissopimus solmittiin Alankomaiden, Belgian, Saksan liittotasavallan, Ranskan, Italian ja Luxemburgin kesken. Tämä ns. Rooman sopimus ei sisältänyt ympäristömääräyksiä. Iso-Britannia, Irlanti ja Tanska liittyivät Euroopan talousyhteisöön vuonna 1973. Ensimmäisen viisivuotiskauden ympäristöohjelman talousyhteisö hyväksyi samana vuonna. Vuonna 1981 Kreikasta tuli Euroopan talousyhteisön jäsen. Vuonna 1986 myös Portugali ja Espanja liittyivät yhteisöön. Perustamissopimukseen lisättiin vuonna 1987 ns. yhtenäisasiakirjalla ympäristöä koskevat artiklat, mitkä mahdollistavat erillisten ympäristösäädösten eli sekundäärisäädösten antamisen. Vuonna 1993 voimaan tulleella Maastrichtin sopimuksella luotiin Euroopan unioni, jolla on voimakas poliittinen ulottuvuus mm. yhteisen rahan ja puolustuksen kehittämiseksi. Samalla ympäristöartikloita tarkistettiin merkittävästi siten, että neuvostolle annettiin valtuus hyväksyä ympäristösäännöksiä pääsääntöisesti määräenemmistöllä. Amsterdamin sopimuksella vuonna 1999 ja Nizzan sopimuksella vuonna 2001 täsmennettiin edelleen päätöksentekomenettelyä yksimielisyyttä vaativien ympäristöasioiden osalta. Euroopan yhteisön ympäristölainsäädäntö kattaen arviolta 300 erilaista säädöstä ja niiden muutosta. Säädökset ryhmitellään seuraaviin lohkoihin: yleiset asiat, ydinturvallisuus, vesiensuojelu ja vesihuolto, ilmansuojelu, meluntorjunta, kemikaalit, teolliset riskit ja biotekniikka, luonnon- ja maaseutuympäristö sekä luonnonvarat, jätehuolto ja kansainvälinen yhteistyö (Kuokkanen, 2001).

Vuoden 1995 alusta unionia täydennettiin kolmella uudella jäsenellä nykyisen suuruiseksi, kun Suomi, Ruotsi ja Itävalta liittyivät jäseniksi. Seuraava suuri muutos kohtaa unionia jo vuoden 2004 toukokuun alusta, jolloin kymmenen uutta maata (Viro, Latvia, Liettua, Puola, Tsekki, Slovakia, Unkari, Slovenia, Kypros ja Malta) liittyvät jäseniksi (kuva 5.1). Tällöin EU:n väestömäärä lisääntyy 75 miljoonalla hengellä. Suurin osa tulevista jäsenmaista on sosialistisen hallinnon jättäneitä siirtymätalouksia, joiden on pakko huonon taloustilanteen takia turvautua pitkiin

охрана воздушной среды, защита от шума, химические реагенты, промышленные риски и биотехнология, природная окружающая среда и окружающая среда сельской местности, а также природные ресурсы, отходы и международное сотрудничество (Kuokkanen, 2001).

В начале 1995 г. Союз пополнился новыми странами, такими как Финляндия, Швеция и Австрия. В 2004 г. его членами стали еще десять стран (Эстония, Латвия, Литва, Польша, Чехия, Словакия, Венгрия, Словения, Кипр и Мальта) (см. рис. 5.1). В результате этого количество населения, проживающего на территории ЕС, увеличилось на 75 млн человек. Экономика большей части стран – новых членов ЕС является последствием бывшего социалистического уклада, поэтому в связи с плохим состоянием экономики обязательно обеспечить на длительный срок переходного периода реализацию природоохранных мероприятий.

Вступление Финляндии в Европейский Союз вызвало необходимость внесения значительных изменений в национальное природоохранное законодательство. Работы в этом направлении начались заранее, уже в 1980-е гг., с приведения определенной части постановлений в соответствие с постановлениями ЕС и введения новых, например, закона о химических реагентах. Одновременно с одобрением Договора о вступлении в Европейский экономический союз в 1992 г. Финляндия обязалась поддерживать приложение к договору, касающееся окружающей среды, в котором содержится 32 постановления. Договор способствовал в том числе ускорению принятия закона об оценке влияния на состояние окружающей среды, а также закона, касающегося добровольного участия промышленных предприятий в системе управления и контроля за состоянием окружающей среды.

В результате вступления в ЕС в 1995 г. Финляндия обязана выполнять остальные постановления по окружающей среде, действующие на территории Союза, большая часть из которых касается охраны природы. Наиболее значительным изменением в законодательстве за время пребывания в ЕС можно считать объединение постановлений по охране окружающей среды и водного законодательства Финляндии. Предпосылкой для этого была Директива ЕС, направленная на объединение мероприятий по предотвращению и снижению загрязнения окружающей среды (Integrated Pollution Prevention Control, IPPC). Согласно Директиве, исследование нагрузок на компоненты окружающей среды, а именно: воду, воздух и почву – должны проводиться одновременно. В результате в 2000 г. был издан новый Закон об охране окружающей среды, который стал общим законом, предотвращающим загрязнение природы. Закон о воде был преобразован в общий закон по водохозяйственным вопросам.

siirtymäaikoihin ympäristönsuojelun toteuttamisessa.

Suomen liittyminen Euroopan yhteisöön aiheutti huomattavia muutoksia kansalliseen ympäristölainsäädäntöön. Työ aloitettiin vapaaehtoisesti jo 1980-luvulla harmonisoimalla tietyltä osin säädöksiä EY:n säädöksiä vastaaviksi ja säätämällä esimerkiksi uusi kemikaalilaki. Euroopan talousaluetta koskevan sopimuksen hyväksymisen yhteydessä vuonna 1992 Suomi sitoutui mm. noudattamaan sopimuksen ympäristöä koskevan liitteen sisältämää 32 säädöstä. Sopimus vauhditti mm. ympäristönvaikutusten arviointia koskevan lain syntyä samoin kuin lakia teollisuusyritysten vapaaehtoisesta osallistumisesta ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmään.

EU-jäsenyyden myötä vuonna 1995 Suomen tuli panna täytäntöön loput yhteisön ympäristösäädöksistä, jotka suurelta osin kohdistuivat luonnonsuojeluun. Jäsenyyden aikana tehdyistä lainsäädäntömuutoksista merkittävimpänä voidaan pitää Suomen ympäristönsuojelu- ja vesilainsäädännön kokonaisuudistusta. Tähän aiheen antoi EY:n direktiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi (Integrated Pollution Prevention Control, IPPC). Direktiivin mukaan ympäristöelementteihin eli veteen, ilmaan ja maaperään kohdistuvia päästöjä on tarkasteltava samanaikaisesti. Tuloksena oli uusi ympäristönsuojelulaki vuonna 2000, josta tuli ympäristön pilaantumisen torjunnan yleislaki. Vesilaista muodostui vesitalousasioita koskeva yleislaki. Uudistuksen yhteydessä lakkautettiin vesioikeudet siirtämällä niiden tehtävät hallinnollisille lupavirastoille.

Tällä hetkellä ajankohtainen on vuonna 2000 voimaan tullut vesipolitiikan puitedirektiivi, joka aiheuttaa lisämuutoksia ympäristölainsäädäntöön. Sen tarkoitus on ohjata jäsenmaiden vesipolitiikkaa kymmeniksi vuosiksi eteenpäin. Direktiivin päätavoitteena on parantaa vesien ekologista tilaa, edistää vesivarojen kestävää käyttöä sekä vähentää vaarallisten aineiden päästöjä vesiin. Uuden puitedirektiivin myötä huomattava osa nykyisistä paristakymmenestä vesialan direktiivistä kumoutuu erikseen määritellyn aikataulun mukaisesti. Direktiivin edellyttämät tutkimus-, suunnittelu- ja seurantatoimet sekä kehittämistoimenpiteet tulee tehdä vesistöalueittain, jotka muodostavat järkevän kokonaisuuden. Toiminnan aikajänne ulottuu vuoteen 2015, jolloin prosessille asetetut tavoitteet tulisi olla saavutettu.

Vesihuollon kannalta on tärkeää, että vesipolitiikan puitedirektiivissä vaaditaan jäsenvaltioita kehittämään sellaista veden hinnoittelupolitiikkaa, jossa kaikki käyttäjät osallistuvat asianmukaisesti kustannusten kattamiseen. Hinnoittelujärjestelmän

Вместе с этими изменениями были закрыты водные суды, а их обязанности переданы административным структурам, которые занимаются выдачей лицензий.

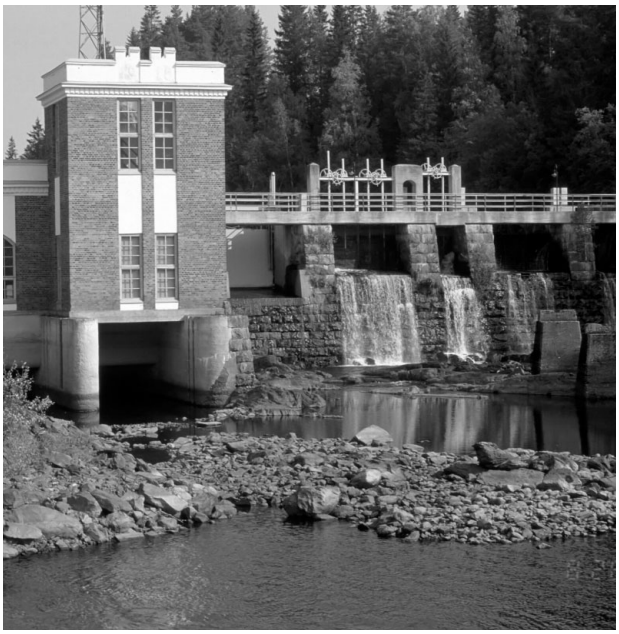
Вступившая в силу в 2000 г. Рамочная Директива по водной политике потребовала введения дополнительных изменений в законодательство по окружающей среде. Главная ее цель – руководство водной политикой стран-членов ЕС в течение следующих десяти лет. Основная задача Директивы – улучшить экологическое состояние водоемов, способствовать устойчивому использованию водных ресурсов, а также снизить поступление вредных веществ в водные объекты. Положительным моментом новой Рамочной Директивы следует считать то, что значительная часть существующих в настоящее время более двадцати различных водных директив выполняются по единому графику. Предполагаемые Директивой исследования, планирование, мониторинг, а также мероприятия по развитию необходимо проводить по водосборам, которые являются определенными целостными территориями. Данная деятельность продлится до 2015 г., когда поставленные цели должны быть достигнуты.

В Рамочной Директиве по водной политике от стран-членов ЕС требуется развивать такую политику ценообразования на воду, при которой все потребители участвуют, соответственно своим возможностям, в покрытии затрат. В системе ценообразования должны быть учтены физические, социальные, институциальные и политические особенности различных территорий. Кроме того, необходимо выяснить распределение затрат по различным секторам потребителей и срок, на который вводятся в плату за воду инвестиционные затраты, предназначенные для модернизации водоснабжения. Важным является и то, что страны-члены ЕС должны провести инвентаризацию всех водных объектов, из которых забирается или будет забираться вода для использования населением. При необходимости эти водные объекты обеспечиваются охранными зонами. Сведения передаются в специальный реестр данных, который должен быть готов в 2004 г. Для тех объектов, из которых забирается более чем 100 м^3 воды в сутки, необходимо организовать постоянный мониторинг. После специальной водоподготовки качество водопроводной воды должно соответствовать, согласно Директиве по питьевой воде, нормам, установленным в 1980 г. и измененным в 1998 г.

Методы руководства, которые практикует ЕС, естественно, не всегда имеют абсолютное признание. Это подтверждается статистическими данными ООН о судебных заседаниях, касающихся нарушений природоохранного законодательства. Например, в период 1983–1990 гг. каждая страна-член ЕС приглашалась в суд, по крайней мере, один раз, и общее число нарушений было равно 80 (Rautanen, 1995).

tulee ottaa huomioon alueen fyysiset, sosiaaliset, institutionaaliset ja poliittiset puitteet. Lisäksi on selvitettävä eri käyttäjäsektoreiden kustannusten jako ja se, miten pitkän aikavälin investointikustannukset vesihuoltolaitteisiin sisällytetään vesimaksuihin. Vesihuollon kannalta on tärkeää myös se, että direktiivi edellyttää jäsenvaltioiden inventoivan kaikki ne vesimuodostumat, joista otetaan tai tullaan ottamaan vettä ihmisten käyttöön. Tarvittaessa näille vesimuodostumille voidaan muodostaa suojavyöhykkeitä. Tiedot on vietävä erilliseen rekisteriin, minkä tulisi olla valmis jo vuonna 2004. Vesimuodostumille, joista otetaan vettä enemmän kuin sata kuutiometriä vuorokaudessa, tulee järjestää jatkuva seuranta. Asianmukaisen käsittelyn jälkeen tulee vesilaitosten veden laatu täyttää vuonna 1980 annetun ja vuonna 1998 muutetun juomavesidirektiivin määräykset.

EU:n harjoittama ohjaus ei luonnollisesti ole aina varauksettomasti saanut tunnustusta. Sitä osoittaa tilastot EY:n tuomioistuimessa käsitellyistä ympäristölainsäädännön rikkomuksista. Esimerkiksi vuosina 1983–1990 jokainen jäsenmaa oli ollut tuomioistuimessa ainakin kerran ja rikkomuksia käsiteltiin yhteensä 80 kappaletta (Rautanen, 1995). Ympäristönsuojelun tulokset myös vaihtelevat maittain. Voidaan myös ennustaa, että laajentuvassa yhteisössä ei kaikkien uusien jäsenmaiden voimavarat riitä täysimääräisiin ponnistuksiin ympäristön- ja vesiensuojelun alalla. Suomen kokemukset ovat voittopuoleisesti myönteisiä. Maassa nähdään, että ympäristöasioista huolehtiminen säädöksiä kehittämällä parantaa maan itsestään antamaa kuvaa ja on paitsi ympäristön kannalta myös taloudellisesti merkittävä seikka, mikä parantaa teollisuuden ja elinkeinoelämän kansainvälistä kilpailukykyä.



Результаты природоохранной работы различаются по странам. Можно также сказать, что в расширенном Союзе не у каждой новой страны-члена ЕС хватает сил для решения проблем охраны окружающей среды и водных ресурсов. Опыт Финляндии в этом направлении весьма положительный. В стране сложилось мнение, что решение проблем окружающей среды путем развития законодательства приводит к улучшению имиджа самой страны и, кроме улучшения самой окружающей среды, является важным с экономической точки зрения, поскольку способствует повышению конкурентоспособности промышленности и сельского хозяйства на международном уровне.

5.1.7. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ПО ВОДОСНАБЖЕНИЮ В ФИНЛЯНДИИ

Большая часть населения Финляндии пользуется услугами централизованного водоснабжения. К водопроводной сети подключено 90%, а к канализационной – 80% жилого фонда. Станций водоподготовки, обслуживающих более чем 50 жителей, насчитывается свыше 1 300, а станций по очистке сточных вод такого же объема – более 600. Организация водоснабжения жилья, а также хозяйственных и рекреационных помещений осуществляется на основе законодательства по водоснабжению.

Вступление в силу нового закона о водоснабжении от 01.03.2001 г. означает, что за последние 20 лет в законодательстве в данной сфере произошли большие изменения. В новый закон о водоснабжении по сравнению с законом 1970-х гг. внесены поправки по станциям водоподготовки и очистки сточных вод, а также по оплате за очистку сточных вод. Целью закона о водоснабжении является гарантия такого обеспечения водой, при котором население могло бы получать по умеренной стоимости качественную воду в достаточном количестве без каких-либо проблем, а также гарантия квалифицированного приема и очистки сточных вод, безопасных в отношении здоровья населения и состояния окружающей среды.

Водоснабжение и обязательное обслуживание

В законе указано, что водоснабжение – обязательная услуга. В странах ЕС такого рода услуги называются также общественно полезными. Власти могут обязать их выполнение. Получение питьевой воды безупречного качества и профессиональная очистка сточных вод являются для современного общества и жителей любого населенного пункта обязательными элементами повседневной жизни, хозяйственной деятельности и досуга. Поэтому цель законодательства –



5.1.7. SUOMEN VESIHUOLLON LAINSÄÄDÄNTÖ

Valtaosa Suomen kotitalouksista käyttää vesihuoltolaitosten palveluja. Vesijohtoverkostojen piirissä on 90 % ja viemäriverkostojen piirissä 80 %. Useampaa kuin 50 asukasta palvelevia vesilaitoksia on yli 1300 ja viemärilaitoksia yli 600. Asutuksen sekä siihen rinnastuvan elinkeino- ja vapaa-ajantoiminnan vesihuollosta säädetään vesihuoltolaissa.

Vesihuoltolain voimaantulo 01.03.2001 merkitsi laajinta vesihuoltolainsäädännön uudistusta pariin vuosikymmeneen. Vesihuoltolaki korvasi yleisistä vesi- ja viemärilaitoksista sekä jätevesimaksusta 1970-luvulla säädetyt lait. Vesihuoltolain tavoitteena on turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemäröinti.

Vesihuolto on välttämättömyyspalvelu

Vesihuoltolaissa vesihuoltoa pidetään välttämättömyyspalveluna. EU:ssa tällaisia palveluja kutsutaan myös yleishyödyllisiksi palveluiksi. Viranomaiset voivat asettaa niille erityisiä julkisen palvelun velvoitteita. Laadultaan moitteettoman talousveden saanti ja asianmukainen viemäröinti ja jätevesien puhdistus ovat nyky-yhteiskunnan, sen asukkaiden jokapäiväisen elämän sekä elinkeinojen ja vapaa-ajantoimintojen harjoittamisen kannalta välttämättömyyksiä. Siksi lailla on haluttu varmistaa vesihuollon palvelujen saatavuus ja laatu.

Palvelujen saatavuuden kannalta on keskeistä myös se, että lain mukaan vesihuollosta perittävien maksujen on oltava kohtuulliset ja tasapuoliset.

гарантия предоставления услуг по водоснабжению и их высокое качество.

Очень важно, что плата, взимаемая согласно законодательству за услуги по водоснабжению, должна быть умеренной и сбалансированной. Плата за водоснабжение должна быть такой, чтобы за длительный период времени можно было бы обеспечить инвестиции затрат на работу станций водоподготовки. В плату может также входить умеренный доход по капиталовложениям.

В Финляндии деятельность в сфере водоснабжения все больше переходит к частным фирмам. Интерес коммун к осуществлению коммерческой и кооперативной деятельности растет. Обеспечение качественных услуг по водоснабжению, а также умеренная и равномерная плата за них не зависят, однако, от того, кто их обеспечивает: предприятие или частная фирма. Требования законодательства одинаковы для всех производителей услуг по водоснабжению, независимо от того, являются ли они отделом администрации коммуны, коммерческим предприятием, частной компанией или кооперативом.

Кто отвечает за водоснабжение?

Согласно законодательству, ответственность за организацию и обеспечение водоснабжения распределяется между коммуной, предприятием по водоснабжению и владельцем недвижимости. Владелец недвижимости, которая подключена к сети предприятия по водоснабжению, отвечает за водоснабжение своей недвижимости до места подсоединения к сети предприятия. Недвижимость, расположенная на территории действия предприятия по водоснабжению, должна быть подключена к сети данного предприятия, если не получено разрешение на освобождение от обязательства по подключению, которое выдает отдел по охране окружающей среды администрации коммуны. Обязанность по подключению является двухсторонней, так что предприятие водоснабжения обычно заинтересовано в подключении недвижимости к сети. Отдел по охране окружающей среды администрации коммуны, однако, может освободить владельца недвижимости от обязанности ее подключения к сети, если выполняются установленные предпосылки законодательства.

Задачей предприятия водоснабжения является обеспечение водоснабжения на охватываемой им территории в соответствии с необходимостью развития коммуны. Коммуна утверждает территорию, на которой будет действовать предприятие по водоснабжению. На разных участках конкретной территории цели предприятия могут быть различными. Поэтому в постановлении конкретизируются территории, относящиеся к водопроводной, канализационной и ливневой сетям предприятия. В постановлении также ука-

Vesihuollon maksujen tulee olla sellaiset, että pitkällä aikavälillä voidaan kattaa vesihuoltolaitoksen investoinnit ja kustannukset. Maksuihin saa sisältyä enintään kohtuullinen tuotto pääomalle.

Vesihuoltolaitostoiminta on Suomessa muuttumassa yritysmäisemmiksi. Kuntien kiinnostus liikelaitostamiseen ja yhtiöittämiseen kasvaa. Vesihuollon palvelujen saatavuus ja laatu sekä maksujen kohtuullisuus ja tasapuolisuus eivät kuitenkaan saa riippua siitä, tuottaako palvelut julkinen laitos vai yksityisoikeudellinen yhtiö. Siksi lain vaatimukset ovat yhdenmukaiset riippumatta siitä, onko vesihuoltolaitos kunnan virasto-organisaation osa, liikelaitos tai yksityisoikeudellinen osakeyhtiö tai osuuskunta.

Kuka vastaa vesihuollosta?

Vesihuoltolain mukaan vastuu vesihuollosta on jaettu kunnan, vesihuoltolaitoksen ja kiinteistön omistajan kesken. Kiinteistön omistaja vastaa kiinteistönsä vesihuollosta. Laitoksen verkostoon liitetyn kiinteistön omistaja tai haltija vastaa edelleen kiinteistönsä vesihuoltolaitteistosta liittämiskohtaan saakka. Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella oleva kiinteistö on liitettävä vesihuoltolaitoksen verkostoon, ellei kunnan ympäristönsuojeluviranomainen myönnä vapautusta tästä liittämisvelvollisuudesta. Liittämisvelvollisuus on molemminpuolinen, joten laitoksen on yleensä myös sallittava kiinteistön liittäminen. Kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen on kuitenkin laissa säädettyjen edellytysten täyttyessä vapautettava kiinteistö liittämisvelvollisuudesta.

Vesihuoltolaitoksen tehtävänä on huolehtia vesihuollosta toiminta-alueellaan yhdyskuntakehityksen tarpeita vastaavasti. Kunta hyväksyy laitokselle toiminta-alueen. Vesihuollon järjestämisen tarpeet voivat toiminta-alueen eri osissa olla erilaiset. Siksi hyväksymispäätöksessä on yksilöitävä laitoksen vesijohtoverkoston piiriin saatettavat alueet, laitoksen jätevesiviemäriverkoston piiriin saatettavat alueet sekä laitoksen hulevesiviemäriverkoston piiriin saatettavat alueet. Hyväksymispäätöksessä on asetettava tavoitteellinen aikataulu toiminta-alueen eri osien saattamiselle verkostojen piiriin. Tämä antaa laitoksen investoinneille ajallista joustoa.

Kunnalla on vesihuoltolain perusteella vesihuollon järjestämisvelvollisuus, kun suurehkon asukasjoukon tarve taikka terveydelliset tai ympäristönsuojelulliset syyt sitä vaativat. Toisin sanoen kunnan tulee tällöin huolehtia siitä, että ryhdytään toimenpiteisiin tarvetta vastaavan vesihuoltolaitoksen perustamiseksi, vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen laajentamiseksi tai muun tarpeellisen vesihuollon palvelun saatavuuden turvaamiseksi. Sen

зывается график работ согласно целям каждого получателя услуг предприятия, подключенных к сети. Это предоставляет предприятию возможность регулировать инвестиции.

Коммуна, согласно закону о водоснабжении, обязана организовать водоснабжение на своей территории в том случае, когда большинство жителей коммуны в этом нуждаются или имеются причины, связанные со здравоохранением или охраной окружающей среды. Другими словами, в этом случае коммуна должна позаботиться, согласно имеющимся требованиям, о создании предприятия по водоснабжению, расширении территории действия предприятия или о других мероприятиях, способствующих предоставлению услуг по водоснабжению. Это, однако, не означает, что коммуна должна проводить данные мероприятия самостоятельно, если имеется другая организация, например, водный кооператив, которая могла бы их осуществить.

Деятельность коммун по развитию водоснабжения

Коммуны отвечают за развитие общественного водоснабжения на своей территории. Закон о водоснабжении обязал коммуны составить до конца 01.03.2004 г. план развития водоснабжения. Из плана должно быть ясно, на какой территории и когда будут проводиться мероприятия по развитию водоснабжения. Другими словами, в плане развития водоснабжения должны быть подробно представлены все территории, входящие в зону действия предприятия по водоснабжению. В плане также должны быть освещены задачи по развитию водоснабжения рассредоточенных населенных пунктов.

В плане развития водоснабжения должны быть указаны территории коммуны, которые будут подключаться к водопроводным и канализационным сетям предприятия по водоснабжению, и график строительства дополнительных участков этих сетей. Эти сведения необходимы для планирования деятельности администрации коммуны и предприятия по водоснабжению, а также владельцам недвижимости. На основе составленного плана можно оценить размеры инвестиций, необходимые для развития водоснабжения.

В масштабах района необходимость развития водоснабжения можно оценить на основе общих планов по развитию этого вида услуг, в которых содержатся сведения о потребности многих коммун, представленные в виде планов по развитию территорий. Закон о водоснабжении обязывает коммуны участвовать в осуществлении общего плана развития водоснабжения района, если такой имеется. Целью является участие всех коммун в общем плане, если в этом с точки зрения района имеется необходимость.

ei kuitenkaan vaadita itse toteuttavan näitä toimenpiteitä, jos joku muu – esimerkiksi vesiosuuskunta – ottaa ne hoitaakseen.

Kunnat kehittävät vesihuoltoa

Kunnalla on vastuu myös vesihuollon yleisestä kehittämisestä alueellaan. Vesihuoltolaki velvoittaa kunnat laatimaan 01.03.2004 mennessä vesihuollon kehittämissuunnitelman. Kehittämissuunnitelmasta tulisi ilmetä, millä alueilla ja milloin kunnan vastuu vesihuollon järjestämisestä toteutuu. Toisin sanoen vesihuoltolaitosten toiminta-alueisiin sisällytettävät alueet tulisi esittää kattavasti kehittämissuunnitelmassa. Suunnitelmassa tulisi olla myös tavoitteet haja-asutusalueilla sijaitsevien kiinteistöjen vesihuollon kehittämiseksi.

Kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelmasta tulisi ilmetä, mitkä alueet kunnassa tulevat vesihuoltolaitosten vesijohtoverkostojen ja viemäriverkostojen piiriin ja millä aikataululla verkostot rakennetaan. Tämä palvelee paitsi kunnan ja laitosten toiminnan suunnittelua myös kiinteistön omistajia. Suunnitelmien perusteella voidaan arvioida vesihuollon parantamiseksi tarvittavia investointeja.

Alueellisesti vesihuollon kehittämistarpeita voidaan arvioida myös usean kunnan alueelle ulottuvien vesihuollon alueellisten yleissuunnitelmien pohjalta. Niillä tarkoitetaan usean kunnan kattavaa suunnittelua. Vesihuoltolaki asettaa kunnalle velvollisuuden osallistua vesihuollon alueelliseen yleis-suunnitteluun, jos tällainen suunnittelu on käynnissä. Tarkoituksena on, että kaikki kunnat saadaan mukaan yleissuunnitteluun aina, kun siihen on tarvetta alueellisesta näkökulmasta.

Vesihuollon alueellisia yleissuunnitelmia on Suomessa tehty jo usean vuosikymmenen ajan. Suunnitelmissa selvitetään vesihuollon alueelliset ratkaisuvaihtoehdot, jotta vesihuoltolaitosten vedenhankinta ja jakelu sekä viemäröinti ja jätevesien käsittely voidaan järjestää parhaalla mahdollisella tavalla. Niissä otetaan huomioon myös varautuminen häiriö- ja poikkeustilanteisiin sekä usein myös haja-asutuksen vedenjakelun ja jätevesien käsittelyn kehittämistarpeet. Suunnitelmissa voidaan tarkastella myös kuntien ja vesihuoltolaitosten alueellisia yhteistyömuotoja ja organisaatiomalleja. Tarvittavat investoinnit esitetään 5–10 vuodeksi. Suunnitelmien pohjalta kunnat ovat toteuttaneet alueellisia yhteistyöhankkeita, joissa myös valtio on ollut mukana.

Kuka maksaa vesihuollon?

Vesihuoltolakia valmisteltaessa pyrittiin ottamaan huomioon myös joulukuussa 2000 voimaan tulleen

Общие планы развития водоснабжения района составляются в Финляндии уже в течение нескольких десятков лет. В плане анализируются альтернативные возможности развития водоснабжения на территории района, для того чтобы предприятие по водоснабжению могло организовать подачу и распределение воды, сбор и очистку сточных вод самым лучшим из возможных способом. В планах учитываются также непредвиденные и аварийные ситуации, а также мероприятия по организации подачи воды и сбора сточных вод на территориях рассредоточенных населенных пунктов. В плане определяются способы организации совместной работы и методы сотрудничества коммун и предприятий по водоснабжению. Необходимые инвестиции определяются на 5–10 лет. На основе составленных планов коммуны осуществляют региональные проекты по сотрудничеству, в которых принимает участие и государство.

Кто платит за водоснабжение?

При подготовке закона о водоснабжении была осуществлена попытка принять во внимание принципы покрытия затрат, указанные в рамочной директиве ЕС по водной политике, вступившей в силу в декабре 2000 г. Данный принцип лежит в основе механизма ценообразования. Согласно этому принципу, в законе о водоснабжении основным правилом является то, что инвестиции предприятия водоснабжения и все затраты покрываются платой, взимаемой с клиентов.

Плата за водоснабжение должна быть такой, чтобы можно было покрыть инвестиции и все затраты предприятия по водоснабжению. Поддержка водоснабжения за счет общественных фондов, несмотря на принцип покрытия затрат, в некоторых случаях необходима для того, чтобы взимаемая оплата в сфере водоснабжения оставалась умеренной и равномерной. Таким образом, водоснабжение можно поддерживать за счет средств, выделяемых коммунами, государством и Европейским Союзом. Это необходимо учитывать в размерах взимаемой оплаты.

Доля государства в финансировании водоснабжения в Финляндии составляет в год примерно 250 млн евро. В виде инвестиций в прошедшие годы выделялось в среднем примерно 10%. На региональном и местном уровнях доля финансовой помощи от государства может быть значительно выше, чем средние показатели. Такая поддержка очень часто имеет решающее значение, например, при осуществлении общих планов развития водоснабжения коммун.

Мероприятия по развитию водоснабжения поддерживаются государством из средств бюджета, EY:n vesipolitiikan puitedirektiivin mukainen kustannusten kattamisen periaate. Siinä tarkoituksena on aiheuttamisperiaatteen sisällyttäminen veden hinnoittelumekanismeihin. Aiheuttamisperiaatteen mukaisesti vesihuoltolaissa on pääsääntönä, että vesihuoltolaitosten investoinnit ja kaikki kustannukset katetaan asiakkailta perittävillä maksuilla.

Vesihuollon maksujen tulee olla sellaiset, että pitkällä aikavälillä voidaan kattaa vesihuoltolaitoksen investoinnit ja kustannukset. Vesihuollon tukeminen julkisista varoista on tästä kustannusten kattamisen periaatteesta huolimatta eräissä tapauksissa tarpeen, jotta vesihuollosta perittävät maksut pysyisivät kohtuullisina ja tasapuolisina. Niinpä vesihuoltoa voidaan tukea kunnan, valtion ja Euroopan yhteisön varoista. Tuki on otettava huomioon maksuissa.

Valtion rahoitustuen osuus Suomen vesihuollon vuosittaisista noin 250 miljoonan euron investoinneista on viime vuosina ollut keskimäärin vain noin 10 %. Alueellisesti ja paikallisesti valtion rahoitustuen merkitys voi kuitenkin olla huomattavasti keskimääräistasoa suurempi. Tuella onkin usein ratkaiseva merkitys esimerkiksi useiden kuntien yhteisten vesihuoltosuunnitelmien toteutuksen käynnistymisessä.

Vesihuoltotoimenpiteitä tuetaan valtion talousarviossa tarkoitusta varten myönnettävin määrärahoin. Tuesta päättävät alueelliset ympäristökeskukset. Toimenpiteitä voidaan tukea myöntämällä niiden toteuttamiseen avustusta taikka toteuttamalla niitä kokonaan tai osaksi valtion työnä. Tuki rahoitetaan tarkoitusta varten myönnettävistä erityismäärärahoista sekä lisäksi työllisyysvaroista ja Euroopan yhteisön varoista.

Valtion tukea tarvitaan erityisesti alueellisen yhteistyön parantamiseen, vesihuollon turvaamiseen erityistilanteissa sekä vesihuollon parantamiseen maaseutuyhdyskunnissa ja vesihuoltolaitosten verkostojen ulkopuolelle jäävillä haja-asutusalueilla samoin kuin asutuksen jätevesistä ympäristölle aiheutuvan kuormituksen vähentämiseksi. Tyypillisiä tuettavia toimenpiteitä ovat vesilaitoksen syöttövesijohdon, kahden vesilaitoksen välisen yhdysvesijohdon sekä haja-asutusaluetta palvelevan merkittävän runkovesijohdon tai jätevesien keskitettyä käsittelyä ja poisjohtamista palvelevan siirto-, purku- tai kokoojaviemärin rakentaminen.

Vesihuoltoverkostoja on tarpeen vielä laajentaa

Vesihuoltolaitosten verkostojen kattavuus on Suomessa varsin korkea, kun otetaan huomioon se, että asutus on suuressa osassa maata hyvin harvaa.

предназначенных для экономической сферы. Решение о поддержке мероприятий принимают региональные центры окружающей среды. Мероприятия можно поддержать выделением средств на их проведение или осуществить их полностью или частично как государственную работу. Средства на поддержку развития водоснабжения выделяются из специальных фондов, а также дополнительно за счет фонда занятости и фондов Европейского Союза.

Поддержка государства особенно важна для развития регионального сотрудничества, обеспечения безопасности водоснабжения при аварийных ситуациях, а также обеспечения водоснабжения и снижения нагрузки от сточных вод на окружающую среду в рассредоточенных населенных пунктах, расположенных в сельской местности, которые остались вне зоны действия сетей предприятий водоснабжения. Типичными примерами мероприятий поддержки являются строительство подающих водоводов, трубопроводов, связывающих два предприятия водоснабжения, а также магистральных водоводов до рассредоточенных населенных пунктов, организация централизованной очистки сточных вод и строительство канализационных сооружений для перемещения, удаления и сброса стоков.

Водопроводные сети необходимо дополнительно расширять

Степень покрытия территории Финляндии водопроводными сетями довольно высокая, учитывая тот факт, что плотность населения низкая. На территориях сельскохозяйственных коммун имеется еще довольно большое количество рассредоточенных населенных пунктов, которые необходимо подключить к сетям предприятий водоснабжения с целью как организации подачи чистой воды, так и профессиональной очистки сточных вод. Вода из имеющихся колодцев может быть некачественной вследствие гигиенических проблем или в результате наличия повышенных концентраций железа, марганца или фтора.

В сельской местности еще много людей проживает вне зоны действия централизованного водоснабжения коммун: 40 000 жителей без водоснабжения и 200 000 – без канализации. Расширение сетей на территории рассредоточенных населенных пунктов сельской местности является фактором улучшения региональной конкурентоспособности. Это предпосылка для повышения уровня жизни и развития экономической деятельности.

Засушливый сезон 2002 г. в Финляндии способствовал повышению заинтересованности к расширению сетей на территории рассредоточенных пунктов проживания. Кроме населенных пунктов от недостатка воды пострадали животноводческие хозяйства. Haja-asutusalueilla ja maaseutuyhdyskunnissa on kuitenkin vielä huomattava määrä sellaista pysyvää asutusta, joka olisi niin puhtaan veden saannin turvaamiseksi kuin myös asianmukaisen jätevesien käsittelyn varmistamiseksi tarkoituksenmukaista saattaa vesihuoltolaitosten verkostojen piiriin. Kaivovesi voi olla hygieenisesti huonolaatuista tai esimerkiksi rauta-, mangaani- ja fluoridipitoisuudet voivat olla liian korkeita.

Myös yhdyskunnissa maaseudun keskustaajamien ulkopuolella asuu vielä runsaasti ihmisiä vesihuoltoverkostojen ulkopuolella. Vesijohtoverkostojen ulkopuolella asuu taajamissa 40 000 asukasta ja viemäriverkostojen ulkopuolella peräti 200 000 asukasta. Verkostojen laajentaminen maaseudulle ja haja-asutusalueille on myös alueen kilpailukykyä parantavana tekijä. Se vaikuttaa olennaisesti elämisen laatuun ja elinkeinotoiminnan kehittymisedellytyksiin.

Suomessa vuonna 2002 alkanut kuivuus on entisestään lisännyt kiinnostusta verkostojen laajentamiseen haja-asutusalueille. Pysyvän asutuksen lisäksi erityisesti karjatilat ovat kärsineet vesipulasta. Karjatilojen puhtaan veden saannin merkitystä korostaa tilojen yksikkökoon ja vedenkulutuksen voimakas kasvu. Varautumista poikkeuksellisiin vesioloihin ja muihin erityistilanteisiin voi olla tarpeen vielä turvata myös lainsäädännön keinoin.

Vaikka vesihuoltolaki onkin selventänyt kuntien velvollisuuksia, myös asukkaiden omatoimisuutta tarvitaan edelleen etenkin maaseudun vesihuollon parantamiseksi. Haja-asutuksen vesihuollon parantamiseksi alueelliset ympäristökeskukset ovat yhdessä kuntien ja asukkaiden kanssa toteuttaneet haja-asutuksen vesihuollon kehittämishankkeita, joiden avulla on kehitetty ratkaisuja vesihuoltoongelmien poistamiseksi. Nämä yhteishankkeet ovat osaltaan jouduttaneet uusien vesiosuuskuntien perustamista ja verkostojen laajentamista maaseudulle.



Для снабжения чистой водой животноводческих хозяйств большое значение имеют их размеры, так как это может потребовать значительного увеличения водопотребления. Законодательные меры могут быть необходимы также для предотвращения аварийных и других нестандартных ситуаций с водоснабжением и водной средой.

Несмотря на то, что в законе о водоснабжении прописаны обязанности коммун, для улучшения состояния водоснабжения необходима также и активная позиция населения, особенно в сельской местности. Региональные центры окружающей среды осуществляют с коммунами и населением совместную деятельность, направленную на развитие водоснабжения в сельской местности с рассредоточенными пунктами проживания, участвуя в различных проектах, с целью решения проблем, связанных со снабжением водой. Эти совместные проекты частично направлены на создание новых водных кооперативов и расширение сети в сельской местности.



5.2. ОХРАНА И УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЕС

5.2. EU-MAIDEN POHJAVESIEN SUOJELU JA KESTÄVÄ KÄYTTÖ

Рамочная Директива по водной политике, способствующая интенсификации охраны поверхностных и подземных вод, вступила в силу 22.12.2000 г. Она является частью новой Директивы ЕС по качеству воды, используемой для нужд населения 98/83/EU, принятой 25.12.1998 г. В водной части Рамочной Директивы определены цели и мероприятия по охране вод и их устойчивому использованию. Подготовка аналогичной Директивы, касающейся подземных вод, была начата в марте 2001 г. Ее проект должен был быть готов до конца 2002 г. При составлении Директивы все были готовы к тому, что невозможно усилиями ЕС сразу разработать дочернюю Директиву для предотвращения или ограничения загрязнения подземных вод. Для этого все страны-члены ЕС должны в течение пяти лет до вступления Директивы в силу подготовить необходимые основы для оценки подземных вод и их использования.

Целью Директивы по подземным водам является установка правил по их охране, при применении которых обеспечивается устойчивое и равномерное использование подземных вод хорошего качества в достаточном количестве, а также значительно снижается возможность загрязнения и изменения качества подземных вод. По указаниям Директивы улучшение химических показателей качества подземных вод

Pinta- ja pohjavesien suojelua tehostava vesipolitiikan puitedirektiivi tuli voimaan 22.12.2000. Se on osa EU:n uudesta direktiivistä ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta 98/83/EU, joka tuli voimaan 25.12.1998. Vesipuitedirektiivin avulla luodaan vesiensuojelulle ja vesien kestävälle käytölle tavoitteet ja toimenpiteet. Pohjavesiä koskevan tytärdirektiivin valmistelu oli aloitettu vuoden 2001 marraskuussa ja ehdotuksen direktiiviksi tuli olla valmiina vuoden 2002 loppuun mennessä. Direktiiviä laadittaessa oli valmistauduttu siihen, ettei EU:n taholta säädetäkään tytärdirektiiviä pohjavesien pilaantumisen estämiseksi ja rajoittamiseksi. Siinä tapauksessa on jäsenvaltioiden laadittava kyseiset arviointiperusteet viiden vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta.

Pohjavettä koskevan direktiivin tarkoituksena on luoda pohjavesien suojelulle puitteet, joilla turvataan hyvälaatuisen pohjaveden riittävä saanti kestävää, tasapainoista ja oikeudenmukaista veden käyttöä varten sekä vähentää merkittävästi pohjaveden pilaantumista ja pyrikiä ennallistamaan pohjavesiä. Direktiivin hengen mukaan pohjaveden kemiallisen tilan parantaminen tapahtuu päästöjä hallitsemalla. Asiaan liittyy kansainvälisten sopimusten tavoitteiden saavuttaminen. Tässä yhteydessä pyritään

происходит посредством регулирования поступления загрязняющих веществ. К данному разделу относится и необходимость достижения договоренностей в рамках международного соглашения. В связи с этим осуществляются попытки предотвращения дальнейшего ухудшения состояния водных и наземных экосистем, в том числе болот, от которых зависит качество подземных вод, и создания лучших предпосылок для их охраны и улучшения состояния (параграф 1). На всех территориях формирования подземных вод необходимо, по крайней мере в течение 15 лет со дня вступления в силу Директивы, придерживаться благоприятного количественного и качественного режимов. При определенных условиях этот период может быть продлен еще на 12 лет. Все значительные и возрастающие тренды по поступлению загрязняющих веществ антропогенного происхождения необходимо снизить.

Таким образом, согласно Водной Рамочной Директиве, необходимы срочные мероприятия. Странам-членам ЕС необходимо в течение 4 лет с начала вступления в силу Директивы провести предварительные и дополнительные исследования территорий формирования подземных вод и оценить антропогенное воздействие на них (параграф 5). Одновременно в течение тех же 4 лет нужно вводить данные, полученные в результате исследований указанных территорий, в компьютерную базу. Далее, страны-члены ЕС должны выделить территории формирования подземных вод, на которых производится или планируется забор подземных вод для хозяйственного использования в объеме более 10 м^3/сут или для населения более 50 человек. Территории, на которых осуществляется забор подземных вод в объеме более 100 м^3/сут, для получения надежных данных о состоянии подземных вод, должны находиться под наблюдением.

Уровень контроля за состоянием подземных вод в странах-членах ЕС значительно вырос. Действительно, приятно отметить, что по сравнению с другими странами Финляндии не за что стыдиться. Многие мероприятия, предлагаемые Рамочной Водной Директивой, здесь уже осуществляются. В водном законодательстве уже в начале 1960-х гг. существовали весьма серьезные правила, касающиеся загрязнения подземных вод, запреты на изменения их качества, а также система разрешений на забор подземных вод. В дальнейшем эти правила обновлялись несколько раз.

Количественные показатели месторождений подземных вод в Финляндии в среднем удовлетворительные. Это является следствием того, что в стране уже длительное время для организации водозабора, рассчитанного на максимальный забор объемом 250 м^3/сут, или если отбор воды приводит к изменению режима подземных вод, требуется получать разрешение. Согласно правилам, при получении положительного разрешения необходимо проверить, чтобы не

estämään myös pohjavesistä riippuvien vesi- ja maaekosysteemien ja kosteikkojen tilan edelleen huononeminen ja luomaan paremmat edellytykset niiden suojelulle ja tilan parantamiselle (artikla 1). Kaikissa pohjavesimuodostumissa tulee vallita hyvä määrällinen ja kemiallinen tila viimeistään 15 vuoden kuluttua direktiivin voimaantulosta. Tätä määräaikaa voidaan jatkaa tietyin edellytyksin yhteensä 12 vuotta. Kaikki merkittävät ja pysyvät kasvavat likaantumistrendit, jotka johtuvat ihmisen toiminnoista, on käännettävä laskuun (artikla 4).

Arvioinnit ovat siis vesipuitedirektiivin näkökulmasta erittäin kiireellisiä. Jäsenvaltioiden tulee suorittaa pohjavesimuodostumien ominaispiirteiden alku- ja lisätarkastelut ja arviot ihmistoiminnan vaikutuksista neljän (4) vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta (artikla 5). Samoin tulee pohjavesimuodostumia koskevat tiedot tallentaa ATK -rekisteriin tai rekistereihin neljän (4) vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta (artikla 6). Edelleen jäsenvaltioiden tulee yksilöidä pohjavesiesiintymät, joista otetaan tai tullaan ottamaan pohjavettä talousvesikäyttöön yli 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai yli 50 hengelle. Pohjavesimuodostumia, joista otetaan vettä yli 100 kuutiometriä vuorokaudessa, tulee tarkkailla (artikla 7). Muitakin pohjavesimuodostumia tulee tarkkailla, jotta saataisiin luotettava kuva pohjavesien tilasta (artikla 8).

Pohjavesiasioiden hoidon taso EU:n jäsenvaltioissa vaihtelee tuntuvasti. On ilahduttava tosiasia, että Suomen ei tässä vertailussa tarvitse hävetä. Monet puitedirektiivin edellyttämät toimenpiteet on meillä jo toteutettu. Vesilakiin sisällytettiin jo 1960-luvun alussa sangen merkityksellisiä säännöksiä, erityisesti pohjaveden pilaamis- ja muuttamiskiellot sekä pohjaveden ottoa koskeva lupajärjestelmä. Sen jälkeen näitä säännöksiä on uudistettu useampaan otteeseen.

Pohjavesimuodostumien määrällinen tila on meillä keskimäärin hyvä. Tämä johtuu siitä, että meillä on jo pitkään vaadittu lupa, jos pohjavedenottamo on suunniteltu yli 250 m^3/d suuruiseen ottoon tai otto on aiheuttanut pohjaveden muuttamiskiellon vastaisia seurauksia. Luvan myöntämistä harkittaessa on säännönmukaisesti tarkistettu, ettei pohjavesimuodostuman antoisuutta ylitetä. Eräissä Keski-Euroopan maissa tilanne on tältä osin paljon huonompi. Pohjavettä on otettu liikaa, mikä on johtanut pohjavedenpinnan jatkuvaan laskuun ja rannikolla meriveden imeytymiseen pohjaveteen.

Pohjavesien kemiallisen tilan suhteen tilanne on epämääräisempi sikäli, ettei selkeää hyvän kemiallisen tilan määritelmää ole vielä käytettävissä. On mahdollista, ettei sellaista täysin saadakaan tai se tulee olemaan suomalaisittain katsoen liian väljä. Eräissä keskieurooppalaisissa valtioissa, joilla on

было превышения допустимого объема забора подземных вод. В некоторых странах центральной Европы положение дел гораздо хуже. Забор подземных вод производится в больших объемах, что приводит к постоянному снижению их уровня и инфильтрации морских вод в береговой зоне.

Относительно состояния качества подземных вод положение менее ясное, поскольку в практике нет достаточно приемлемого определения данного понятия. Возможно, полное определение и невозможно или с точки зрения Финляндии оно будет слишком свободным. В некоторых странах центральной Европы подземные воды подвергаются значительному загрязнению, и это сказывается на определении «хорошее качество». С другой стороны, государственный запрет на загрязнение подземных вод в Финляндии, очевидно, останется надолго практическим руководством для охранных мероприятий. Водная Рамочная Директива потому и называемой рамочной, что у стран-членов ЕС есть право придерживаться, согласно своим правилам, и более жесткой линии, чем предполагается ею.

Картирование и классификация территорий формирования подземных вод в Финляндии были начаты в 1970-е гг., и данные поэтапно пополнялись до полного завершения работ в середине 1990-х гг. С точки зрения практики Директивы эта работа имеет огромное значение, поскольку она отвечает, пожалуй, самой важной задаче, предусмотренной в ней, – предварительному исследованию характеристик месторождений подземных вод. В этом смысле положение Финляндии значительно лучше, чем у других стран, где подобная работа еще и не начата.

В Финляндии в начале 1990-х гг. стали составляться и осуществляться планы охраны территорий формирования подземных вод, в которые включаются также результаты гидрогеологических исследований, оценка факторов риска, рекомендации по проведению мероприятий и предупреждению аварийных ситуаций. Когда началось их составление, вряд ли кто-либо мог предполагать, что Европейское Сообщество десять лет спустя будет требовать от стран-членов ЕС дополнительного контролирования состояния территорий формирования подземных вод и оценки загрязнения в результате антропогенной деятельности на так называемых территориях риска, что приблизительно соответствует практическому содержанию финских планов охраны. Система, таким образом, создана и проверена на практике. Однако остался один вопрос – достаточно ли быстро проходит составление этих планов? Оно основано на добровольном желании коммун и станций водоподготовки. Региональные центры окружающей среды выступают в данном случае как исполнитель, наставник и помощник. В настоящее время планы охраны территорий формирования подземных вод составлены для более чем 500 объектов.

yhteisössä melkoisesti painoarvoa, ovat pohjavedet päässeet pahoin likaantumaan, ja tällä saattaa olla vaikutusta hyvän kemiallisen tilan määritelmään. Toisaalta Suomen kansallinen pohjavesien pilaamiskielto tulee meillä todennäköisesti käytännössä ohjaamaan pohjavesien suojelutoimintaa varsin pitkälle. Vesipuitedirektiivihän on ns. minimidirektiivi eli jäsenvaltioilla on oikeus noudattaa harkintansa mukaan tiukempaakin linjaa kuin direktiivi edellyttää.

Suomen pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus käynnistettiin jo 1970-luvulla ja sitä on täydennetty vaiheittain, kunnes se saatiin päätökseen 1990-luvun puolivälissä. Tällä työllä on direktiivin toimeenpanon kannalta sangen suuri merkitys, sillä se vastaa varsin tarkoin direktiivissä edellytettyä pohjavesimuodostumien ominaispiirteiden alkutarkastelua. Tässä suhteessa Suomen tilanne onkin hyvä verrattuna eräisiin muihin valtioihin, joissa tätä työtä ei ole vielä aloitettukaan.

Maassamme ryhdyttiin 1990-luvun alussa laatimaan ja toimeenpanemaan pohjavesialueiden suojelusuunnitelmia, joihin kuuluu mm. pohjavesialueen hydrogeologinen tarkastelu, riskien arviointi, toimenpidesuosituksien laatiminen ja varautuminen vahinkotilanteisiin. Kun näiden suunnitelmien laadinta käynnistyi, tuskin kukaan osasi arvata, että Euroopan yhteisö tulisi kymmenen vuotta myöhemmin edellyttämään jäsenvaltioilta ns. riskialueilla pohjavesimuodostuman ominaispiirteiden lisätarkastelua ja ihmistoiminnan vaikutusten arviointia, joiden asiasisältö on liki yhteneväinen suojelusuunnitelman kanssa. Järjestelmä on siis luotu ja käytännössä testattu. Enää onkin vain kysymys siitä, sujuuko suunnitelmien laadinta riittävän ripeästi. Suojelusuunnitelmien laadinta on perustunut kuntien ja vesilaitosten vapaaehtoisuuteen. Alueellisten ympäristökeskusten osuus on ollut toimia aloitteen tekijänä, ohjaajana ja avustajana. Suojelusuunnitelmia on tällä hetkellä laadittu yli 500:lle pohjavesialueelle.

Pohjavesialueita koskevat tiedot on meillä tallennettu pohjavesitietojärjestelmään (POVET), joten direktiivin vaatimukset on tältä osin jo täytetty.

Pohjavesiä koskevan seurannan osalta tilanne on hieman vaihtelevampi. Pohjavesitarkkailua on meillä jo pitempään suoritettu velvoitetarkkailuna pohjaveden oton yhteydessä, mutta tämä tarkkailu on koskenut vain oton vaikutuksia eikä niinkään suojelutarpeita. On tarkkailtu pohjaveden pinnan korkeuksia sekä viime vuosina lisääntyvässä määrin myös oton vaikutuksia pohjaveden laatuun. Muutoin laaduntarkkailu ei ole ollut kovin perusteellista. Lisäksi pohjaveden laatua on tutkittu koepumppausten ja pohjaveden likaantumistapausten yhteydessä. Yleisin

В Финляндии все сведения о территориях формирования подземных вод заносятся в базу данных о подземных водах (POVET), так что требования Директивы по данному разделу выполнены.

Положение с мониторингом подземных вод несколько другое. В Финляндии он проводится уже давно как обязательный контроль при заборе подземных вод для водоснабжения. Однако мониторинг касается только контроля изменений, имеющих отношение к водозабору, и не ставит природоохранных целей. Контролируется высота уровня подземных вод, а в последние годы добавился еще один показатель – влияние забора воды на ее качество. В других случаях контроль качества воды не является основным моментом. Кроме того, качество воды исследуется во время опытных откачек и в случаях загрязнения. Обычно контроль качества воды для водоснабжения проводится в виде санитарно-эпидемиологического, что недостаточно для целей охраны подземных вод.

Для составления планов охраны и организации мониторинга крайне необходимы изменения на уровне законов и постановлений. Кроме того, необходимы рекомендации, в том числе региональным центрам окружающей среды и администрациям коммун. Основной проблемой было отсутствие четкого определения понятия «хорошее качество воды», что, по всей вероятности, будет ликвидировано при вступлении в силу дочерней Директивы.

Исполнение Водной Рамочной Директивы в Финляндии по подземным водам поручается рабочей группе, назначенной Министерством окружающей среды, руководителем которой в настоящее время является дипломированный старший инженер Тапани Суомела. В рабочую группу также входят представители Министерства сельского и лесного хозяйства, Центра окружающей среды Финляндии, Геологического исследовательского Центра, Союза губерний Финляндии, Объединения водоснабжения и очистки сточных вод, региональных отделов Управления окружающей среды.

laaduntarkkailun muoto on ollut terveysviranomaisten ohjaama talousveden laadun tarkkailu, mikä ei riitä kattamaan pohjaveden suojelun tarpeita.

Erityisesti suojelusuunnitelmien laadinnan ja tarkkailun järjestämisen suhteen tarvitaan muutoksia laki- ja asetustasolla. Lisäksi tarvitaan ohjeistusta mm. alueellisille ympäristökeskuksille ja kunnille. Pääasiallisena ongelmana on ollut hyvän kemiallisen tilan selkeän määritelmän puuttuminen, mikä puute toivottavasti poistuu, kun tytärdirektiiviehdotus valmistuu.

Vesipuitedirektiivin toimeenpanoa Suomessa pohjavesiasioiden kannalta on valmistellut ympäristöministeriön nimeämä työryhmä, jossa DI, yli-insinööri Tapani Suomela on toiminut puheenjohtajana. Työryhmässä on lisäksi ollut edustus maa- ja metsätalousministeriöstä, Suomen ympäristökeskuksesta, Geologisesta tutkimuskeskuksesta, Suomen kuntaliitosta, Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksestä sekä ympäristöhallinnon aluehallinnosta.



5.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ*

5.3. MAASEUDUN VESIHUOLLON KOKEMUKSET

Около 90% населения Финляндии проживает в домах, подключенных через водопроводную систему к станциям водоснабжения. Станций водоснабжения, снабжающих населенные пункты с числом жителей,

Suomen väestöstä noin 90 % asuu rakennuksissa, jotka on liitetty vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkostoon. Tällaisia vesihuoltolaitoksia, joiden kokoluokka on yli 50 asukasta, on kaikkiaan yli 1400. Suurimmat ovat kaupunkien ja kuntien omistamia, ja ne toimivat joko osana kunnan teknisten palvelujen organisaatiota, erillisenä kunnan liikelaitoksena tai kunnan kokonaan tai pääosin omistamana osakeyhtiönä.

* На русском языке имеется достаточно много публикаций на эту тему. См., например, «Вода на садовом участке» И. Н. Сидоров. СПб., 2002. 381 с.

превышающим 50 человек, насчитывается более 1 400. Наиболее крупные из них принадлежат городам и коммунам. Они функционируют как часть отделов технического обслуживания при администрациях коммун, как самостоятельные коммунальные организации или как акционерные предприятия, полностью или в большей части принадлежащие коммуне. Небольшие станции водоснабжения принадлежат жителям (обычно в виде водного кооператива). Их в общей сложности насчитывается около 900.

На территории, где нет водопроводной системы, население о своем водоснабжении заботится самостоятельно. Таким образом, в сельской местности с рассредоточенным населением жители должны индивидуально или совместно с несколькими соседями позаботиться об обеспечении себя питьевой и хозяйственно-бытовой водой. Однако в некоторых районах страны водопроводные системы городов и коммун распространяются и до сельских населенных пунктов, особенно там, где хозяйства и поселки располагаются на одной линии недалеко друг от друга. Такое расположение жилья способствует также образованию водных кооперативов.

Самостоятельное водоснабжение чаще всего основано на использовании подземных вод путем строительства собственного шахтного колодца на глубину в несколько метров. В Финляндии некоторые наиболее старые используемые до сих пор шахтные колодцы построены методом укрепления стен камнями. Их называют «каменными колодцами». Иногда встречаются колодцы, построенные путем укрепления стен деревянной опалубкой. До середины 1990-х гг. были обычными колодцы, построенные с использованием бетонных колец. Почти все колодцы, выкопанные в 1950-е гг., были оборудованы такими кольцами.

Данные колодцы обычно строятся для предотвращения осыпания грунта, когда он представлен песком, гравием или моренным материалом, или в случаях, когда в процессе строительства не требуется выкапывать слишком большое углубление. Колодец может построить специалист по земляным работам без использования особого оборудования, поскольку в большинстве случаев глубина колодца составляет всего лишь 3–5 м. При строительстве колодца в песчано-гравийном грунте часто необходимо использовать технологию так называемых фильтрационных колодцев, которая применяется обычно на станциях водоподготовки. Однако строительство фильтрационных колодцев требует специальных навыков и оборудования. Поэтому в Финляндии этим занимаются лишь несколько фирм. Глубина фильтрационных колодцев может быть от нескольких до 50 м.

Pienimmät laitokset ovat asukkaiden itse omistamia, yleensä vesiosuuskuntia, joita on kaikkiaan noin 900.

Vesihuoltolaitosten toiminta-alueiden ulkopuolella verkostojen ulottumattomissa on asukkaan itse vastattava vesihuollon järjestämisestä. Harvaan rakennetulla maaseudulla on siis yleensä hoidettava juomaveden ja muun talousveden hankinta omatoimisesti tai yhdessä muutaman naapurin kanssa. Kuitenkin osassa maata on kaupunkien ja kuntien vesijohtoverkostot ulotettu palvelemaan myös maaseutua, varsinkin jos maatilat ja muu asutus on sijoittunut nauhamaisesti lähelle toisiaan. Sellainen asutuksen sijoittuminen helpottaa luonnollisesti myös vesiosuuskuntien muodostamista.

Omatoiminen talousveden hankinta perustuu useimmiten pohjaveden hyödyntämiseen rakentamalla oma kaivo. Maaperässä olevaa pohjavettä saadaan käyttöön rakentamalla muutaman metrin syvyinen kuilukaivo. Suomessa monet vanhemmat, vielä käytössä olevat kuilukaivot, on rakennettu reunustamalla kaivanto kivillä. Tällaista kaivotyyppiä kutsutaan kivikehäkaivoksi. Jonkin verran kaivoja on rakennettu myös tukemalla kaivanto puisin rakentein. Sellaiset eivät kuitenkaan ole olleet kovin pitkäikäisiä ratkaisuja. Jo ennen 1900-luvun puoliväliä yleistyivät betonirenkaista tehdyt niin sanotut rengaskaivot, jollaisia ovat lähes kaikki viimeisten 50 vuoden aikana rakennetut kuilukaivot. Jäljempänä tekstissä käytetään edellä kuvatuista kaivotyypeistä yleisnimitystä rengaskaivo.

Rengaskaivoja käytetään yleisesti, kun maaperä on hiekkaa, soraa tai moreenia ja muulloinkin, kun työn aikaista kaivantoa ei tarvitse sortumisvaaran takia tehdä kovin laajaksi. Rengaskaivon voi rakentaa ammattitaitoinen maarakennusurakoitsija ilman erikoiskalustoa, sillä tarvittava syvyys on useimmiten vain 3–5 metriä. Sora- ja hiekkamailla joudutaan usein käyttämään niin sanottua siiviläputkikaivoa, jollaisia vesihuoltolaitokset käyttävät yleisesti vedenhankinnassaan. Siiviläputkikaivon rakentaminen vaatii kuitenkin erityisosaamista ja erikoiskalustoa, joten niitä tekevät Suomessa vain muutamat urakoitsijat. Siiviläputkikaivojen syvyys vaihtelee muutamasta metristä 50 metriin asti.

Pohjaveden luonnollisia maanpintaan purkautumispaikkoja eli lähteitä on niitäkin perinteisesti hyödynnetty maaseudun vedenhankinnassa. Joskus lähde on vain katettu siten, että roskat ja eläimet eivät pääse lähteeseen. Toisissa tapauksissa betonirenkaat on upotettu lähteeseen siten, että lähde on jäänyt kokonaan renkaiden sisään ja ylivuoto on johdettu putkella pois. Parempi ratkaisu kuin suosuoraan lähteeseen rakentaminen on tehdä rengaskaivo lähteen läheisyyteen. Nykyisin luonnontilaiseen lähteeseen kajoaminen rakentamalla ei olekaan enää sallittua.

В сельской местности также традиционно используются для водоснабжения естественные выходы подземных вод на поверхность или родники. Иногда родники лишь каптируются, для того чтобы мусор и животные не попадали туда. В других случаях в место, где расположен родник, опускаются бетонные кольца. Тогда сам родник находится внутри колец, а излишек воды выливается по трубам наружу. Лучшим вариантом является строительство колодца вблизи родника. Но в настоящее время проведение земельно-строительных работ на территории природного родника не разрешается.

На некоторых территориях вблизи крупных песчано-гравийных образований можно обнаружить напорные подземные воды. Их можно получить очень просто путем опускания трубы через слой глины до залегающего ниже слоя песка, и вода будет подниматься под действием своего давления. В таком случае необходимо предусмотреть отвод избытка самоизливающихся вод в подходящее место.

Если водоносные рыхлые отложения отсутствуют или из них нельзя получить достаточного количества подземной воды, можно построить скважину в скальных породах. Ее глубина может быть от 20 до 150 м. Строительство такой скважины осуществляется профессиональными строителями и требует специального оборудования. Частично оборудование для бурения размещается на платформах грузовых машин, иногда на специальных тягачах, на которых можно добраться до труднодоступных мест. Часто при бурении для увеличения дебита скважин в скальных породах производят дополнительные трещины.

До того, как строительство колодцев в сельской местности стало обычным делом, население использовало для питьевых и хозяйственных нужд воду из поверхностных водоемов. Озерная вода хорошего качества и до сих пор используется, но вследствие риска ухудшения качества, ее не рекомендуют применять для хозяйственных нужд без предварительной очистки. В Финляндии примерно 450 тыс. дач, в которых озерная или речная вода используется для хозяйственных нужд (сауны, стирка, мытье), а питьевая вода берется из колодцев. Также поверхностную воду, вследствие большого объема водопотребления, широко применяют на животноводческих фермах. Но она не может использоваться там, где требуется высокое качество воды. Поверхностная вода обычно пригодна для полива, поскольку ее легко получить.

Сбор дождевых вод в большом количестве и использование их для хозяйственных нужд – в Финляндии явление редкое. Обычно оно лишь на прибрежных и островных территориях, где получение подземных вод затруднено. Кроме того, сбор дождевых вод и их использование для полива иногда осуществляется в частных домах и на дачах.

Joillakin alueilla, lähinnä suurten harjualueiden liepeillä, on saatavissa paineellista pohjavettä. Se on hyödynnettävissä yksinkertaisesti työntämällä savikerroksen alapuoliseen hiekkakerrokseen ulottuva putki, johon vesi nousee paineen vaikutuksesta. Tällaisissa tilanteissa ylimääräinen paineellinen vuotovesi tulee johtaa paikkaan, jossa siitä ei ole haittaa.

Mikäli irtomaakerroksia ei ole lainkaan tai niistä ei ole saatavissa riittävästi vettä, voidaan tehdä kallioporakaivo. Se ulotetaan yleensä syvälle kallioperään. Syvyys vaihtelee välillä 20–150 metriä ja rakentamiseen tarvitaan ammattitaitoinen urakoitsija ja erikoiskalustoa. Porauslaitteistoista osa on rakennettu kuorma-auton alustalle, osa on telavetoisia laitteita, joilla päästään poraamaan vaikeaankin maastoon. Porauksen yhteydessä tehdään usein niin sanottu vedenpainehalkaisu, jolla saadaan lisätyksi kaivon antoisuutta.

Ennen kaivojen yleistymistä maaseudun asutus käytti yleisesti pintavettä juoma- ja muuna talousvetenä. Hyvälaatuista järvivettä käytetään nykyisinkin, mutta laadullisten riskien takia sitä ei suositella käytettäväksi talousvetenä käsittelemättömänä. Suurimmalla osalla Suomen noin 450 000 loma-asunnosta järvi- tai jokivettä kuitenkin käytetään sauna- ja pesuvetenä, vaikka juomavesi otettaisiin kaivosta. Myös karjatilat käyttävät suuren vedentarpeensa takia jonkin verran pintavettä, mutta se ei kelpaa parasta veden laatua edellyttäviin käyttötarkoituksiin. Pintavesi on luonnollisesti helpon saatavuutensa takia yleisesti käytössä kasteluvetenä.

Sadeveden suora kerääminen ja käyttö talousvetenä on Suomessa hyvin vähäistä. Yleisintä se on sellaisilla rannikko- ja saaristoalueilla, joilla pohjaveden saanti on vaikeaa. Lisäksi sadevettä kerätään ja käytetään kasteluvetenä jonkin verran omakotitaloissa ja loma-asunnoilla.

Kaivon paikan valinta

Kaivon paikan valinta on aina tehtävä huolella. Kaivo on rakennettava paikkaan, jossa on parhaat mahdollisuudet saada riittävästi hyvälaatuista vettä. Suuri osa vanhoista maaseudun kaivoista on sijoitettu aivan pihapiiriin, mikä on ongelmallista suuren likaantumisriskin takia. Nykyinen pumpputekniikka ja putkimateriaalit mahdollistavat hyvän kaivon paikan hakemisen kauempaakin käyttökohteista, mahdollisimman luonnontilaiselta paikalta.

Maakerrosten pohjavettä hyödyntävän rengaskaivon paikkaa voi arvioida silmämääräisesti maastotarkastelulla. Rinteiden alaosien rehevä kasvillisuus ja lähteet kertovat pohjaveden esiintymisestä. Veden saannin voi varmistaa kaivinkoneella tehdyn

Выбор места для колодца

Место для колодца нужно выбирать особенно тщательно. Его надо строить там, где имеются наилучшие возможности получить воду высокого качества в достаточном количестве. Большая часть колодцев, расположенных в сельской местности, находится непосредственно на участке, что является опасным в связи с большим риском их загрязнения. Современное насосное оборудование и материалы для труб позволяют выбрать хорошее место для колодца, расположенное подальше от хозяйственных объектов, по возможности, в естественных условиях.

Место для шахтного колодца с целью использования подземных вод верхнего горизонта можно определить визуально при обследовании местности. О наличии подземных вод свидетельствует пышная растительность и родники, расположенные в нижней части склонов холмов. В возможности получения воды можно удостовериться путем выкапывания пробной ямы экскаватором. Строение грунта, состав и глубину определяют опытным бурением.

Шахтный колодец из бетонных колец следует строить осенью или ранней весной, когда уровень подземных вод самый низкий. В таком случае при наличии воды можно быть почти уверенным в ее достаточном количестве в течение всего года. При строительстве скважины в скальных породах время года не имеет такого большого значения.

Строительство шахтного колодца из бетонных колец

Выбор места и типа колодца еще не гарантирует получение воды хорошего качества в достаточном количестве. Колодец необходимо построить профессионально, тщательно и из подходящих материалов. Предполагается, что строители колодца должны иметь опыт по выбору места его расположения, использованию необходимой техники и обеспечению подходящими материалами.

Шахтный колодец следует строить такой глубины, чтобы можно было получать из него воду даже в засушливые периоды. При выкапывании грунта с использованием простой техники для земляных работ можно достичь глубины 5 м, а специальным экскаватором – 8 м. Поэтому строительство более глубоких колодцев предполагает использование специальной техники. На выбор техники влияет также состав грунта. На дно колодца необходимо уложить слой грунта, хорошо проводящий воду, например, крупный песок. Схема типичного шахтного колодца представлена на рис. 5.3.

koekuopan avulla. Maakerrosten rakennetta, laatua ja syvyyttä voi selvittää myös kairauksilla.

Rengaskaivo kannattaa tehdä syyskesällä tai kevättalvella, jolloin pohjaveden pinta on yleensä alimmillaan. Tällöin vettä löydettäessä voidaan olla melko varmoja sen ympärivuotisesta riittävyydestä. Kallioporakaivojen teossa vuodenajalla ei ole aivan samaa merkitystä.

Rengaskaivon rakentaminen

Kaivon paikan ja kaivotyypin valinta eivät vielä takaa sitä, että vettä saadaan riittävästi ja se on hyvälaatuista. Kaivo on myös rakennettava asiantuntemuksella, huolellisesti ja sopivista materiaaleista. Kaivon rakentajalta edellytetään kokemusta kaivon sijoittamisesta, rakentamisen tekniikasta ja soveltuvista materiaaleista. Varsinaista ammattikoulutusta kaivon rakentamiseen ei ole saatavana.

Rengaskaivosta tulee tehdä niin syvä, että siihen saadaan vettä myös kuivina aikoina. Traktorikaivurilla voidaan rakentaa enintään viiden metrin syvyinen kaivo, mutta varsinaisella kaivinkoneella päästään noin kahdeksaan metriin. Sitä syvemmät kaivot edellyttävät erikoistekniikoiden käyttöä. Tekniikkaan vaikuttaa myös maaperän laatu. Kaivon pohjan tulee osua parhaiten vettä johtavaan eli karkearakeisimpaan maakerrokseen (kuva 5.3).

Kaivoveden laatu ja siihen liittyvät ongelmat

Pohjaveden luontainen laatu riippuu maa- ja kallioperän ominaisuuksista ja vaihtelee huomattavasti. Yleisimpiä ongelmia ovat veden liiallinen happamuus eli alhainen pH sekä suuret rauta- ja mangaanipitoisuudet. Rauta ja mangaani voivat aiheuttaa makuhaittoja ja värjätä pyykin. Jos veden pH on alhainen ja vesi on lisäksi pehmeää, on vaarana metallisten vesijohtoputkien syöpyminen. Veden liiallinen suolaisuuskin voi aiheuttaa makuhaittojen ohella syöpymisongelmia.

Talousvetenä käytettävän kaivoveden pitää olla terveydelle vaaratonta. Epäterveellisyyttä aiheuttavat erääät maa- ja kallioperän luontaiset ominaisuudet sekä ihmisen toiminnat. Siksi kaivoveden käyttäjiä kehotetaan aika ajoin tutkituttamaan veden laatu, vaikka mitään poikkeavaa ei olisikaan havaittu. Terveysviranomaiset ovat antaneet viimeksi vuonna 2001 asetuksen, jossa esitetyt laatuvaatimukset yksityistenkin kaivojen veden tulee täyttää. Vesinäytteitä tutkivat muun muassa kuntien elintarvike- ja ympäristölaboratoriot.

Качество воды в колодце и влияющие на него факторы риска

Естественное качество подземной воды зависит от особенностей грунта и скальных пород и может значительно изменяться во времени. Обычными проблемами являются повышенная кислотность воды (низкий показатель pH) и высокое содержание железа и марганца. Железо и марганец могут являться причиной изменения вкуса воды и цвета белья при стирке. Если показатель pH воды низкий и вода при этом мягкая, возникает опасность появления ржавчины на металлических частях водоводов. Высокое содержание солей в воде также может приводить к изменению ее вкуса и вызывать коррозию.

Вода из колодца, используемая для питья, должна быть безопасной для человека. Факторами риска для здоровья являются как естественные свойства грунтов и скальных пород, так и деятельность человека. Поэтому периодически необходимо проводить исследования качества воды в колодцах, даже если не отмечено никаких изменений. В 2001 г. органы здравоохранения издали распоряжение, в котором обозначены наиболее простые требования к качеству воды в колодцах, необходимые для контроля. Анализ проб воды также осуществляется в лабораториях по исследованию продуктов питания и окружающей среды при администрациях коммун.

Использование воды и сантехническое оборудование

В домашнем хозяйстве вода необходима для питья, приготовления пищи, мытья, стирки, туалета и уборки помещения. В сельском хозяйстве вода дополнительно необходима для питья животным, уборки за ними и их помещений, мытья доильного оборудования, а также для полива полей в засушливый период. Объемы общего водопотребления зависят от количества водопотребителей, степени использования воды, а также от количества, качества, времени использования и состояния сантехнического оборудования. Старые текущие краны и прочее изношенное оборудование значительно увеличивают объемы утечек.

В Финляндии в домах, где имеются напорный водопровод, туалет, полностью оборудованные техникой кухня и помещения для стирки и мытья, водопотребление составляет обычно 90–160 л на человека в год (в среднем примерно 140 л). В домах, менее оснащенных, и на дачах водопотребление значительно ниже. В сельской местности водопотребление зависит прежде всего от количества домашних животных.

Для подачи воды от водозабора до потребителя необходимы обычно насос, водопровод и емкость для хранения воды. Чаще всего в качестве последней

Veden käyttö ja käyttölaitteet

Kotitalouksissa vettä tarvitaan juomisen, ruuanlaittoon, peseytymiseen, astianpesuun, pyykinpesuun, siivoukseen sekä WC:n huuhteluun. Maataloudessa vettä käytetään lisäksi muun muassa eläinten juottamiseen ja hoitoon, eläintilojen pesuun, lypsylaitteistojen pesuun sekä kuivana aikana viljelysten kasteluun, mitä puutarhaviljelyksessä tarvitaan jatkuvasti. Veden kokonaiskulutukseen vaikuttavat kuluttajien lukumäärä ja heidän vedenkäyttötottumuksensa sekä vedenkäyttölaitteiden määrä, laatutaso, ikä ja kunto. Vanhat vuotavat hanat ja laitteet voivat aiheuttaa hyvin suuren hukkakulutuksen.

Sellaisissa kotitalouksissa Suomessa, joissa on paineellinen vesijohto, WC, täysin varusteltu keittiö ja pesutilat koneineen, vettä kuluu yleensä 90–160 litraa henkilöä kohti vuodessa, keskiarvon ollessa noin 140 litraa. Vaatimattomammin varustetuissa asunnoissa ja loma-asunnoissa, kulutus on selvästi vähäisempää. Maatilojen vedenkulutus riippuu ennen kaikkea eläinten määrästä.

Veden johtamiseen vedenottamolta käyttökohteisiin tarvitaan yleensä pumppu, vesijohdot ja vesisäiliö. Kotitalouksissa säiliönä käytetään useimmiten pientä painesäiliötä, joka voidaan sijoittaa kaivoon, asuinrakennukseen, muuhun rakennukseen tai erilliseen pumppaamorakennukseen. Painesäiliön koko määräytyy pumpun tuoton ja veden kulutuksen perusteella. Pumpun valintaan vaikuttavat tarvittava tuotto ja nostokorkeus sekä saatavissa olevan sähkövirran laatu. Vesijohdot mitoitetaan pienissä kohteissa suurimman hetkellisen vedentarpeen mukaan. Tavallisin putkimateriaali vedenottamolta rakennukseen johtavissa putkissa on muovi. Myös rakennuksen sisäisissä putkissa muoviputket ovat suositeltavia niiden hyvä korroosionkeston takia. Rakennusten sisäisiä vesijohtoja ei pidä tehdä liian suuriläpimittaisista putkista, ettei veden laatu heikkenisi sen seisoessa putkistossa. Maahan kaivetut vesijohdot on sijoitettava roudattomaan syvyyteen tai estettävä jäätyminen muulla tavalla, lämpöeristyksellä tai lämmityskaapeleilla.

Kaivon huolto ja puhdistaminen

Monet kaivoveden laadun ja saatavuuden ongelmat voi ratkaista kaivon huolellisella kunnostuksella. Tavallisimmin lika-aineita pääsee kaivoon, koska kansirakenne on huono, renkaat ovat rikkoutuneet tai liikkuneet pois paikaltaan. Muita yleisiä vikoja ovat pohjan liettyminen ja kaivon yläosan riittämätön lämpöeristys. Kaivo kannattaa kunnostaa aina, kun sen

используются небольшие напорные резервуары. Их можно установить в колодце, жилом помещении, другом помещении или в здании насосной станции. Размеры напорного резервуара определяются в соответствии с мощностью насоса и объемом водопотребления. Выбор насоса определяют требуемая мощность, высота подъема воды, а также имеющееся напряжение тока. Размеры водоводов определяются согласно самому большому мгновенному водопотреблению на самых маленьких участках. Наиболее обычным материалом для магистральных водоводов на участке от водозабора до здания является пластик. Наиболее предпочтительным материалом для внутридомовых водопроводных систем является также пластик вследствие его высокой устойчивости к коррозии. Внутридомовые сети не следует делать из труб большого диаметра, чтобы качество воды не ухудшалось от ее застоя в трубах. Трубы, которые должны находиться в земле, следует укладывать на глубину ниже уровня промерзания грунта или обеспечить их теплоизоляцию специальными материалами или кабелем.

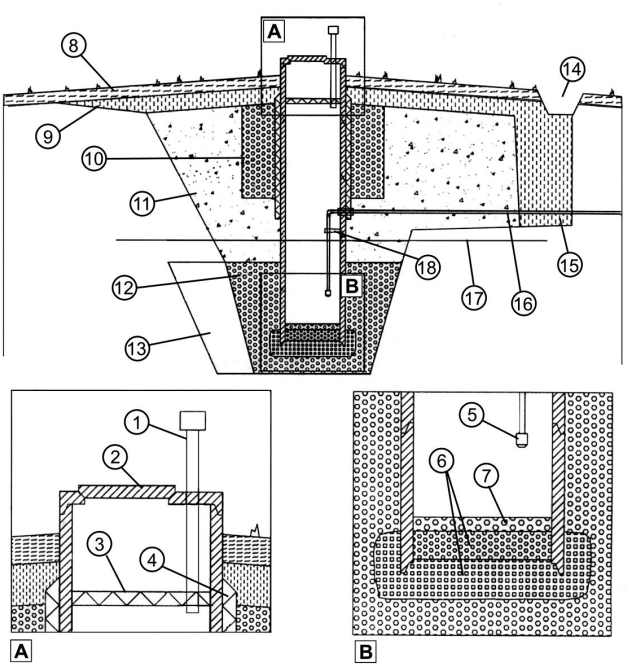
Уход за колодцем и его промывка

Многие проблемы с качеством и количеством воды в колодце можно решить при правильном уходе за ним. Наиболее обычным путем попадания загрязнений в колодец являются плохая крышка, сломанные или смещенные кольца. Другие проблемы – заиленность дна колодца и недостаточная теплоизоляция верхней его части. Ремонт колодца, при условии, что он расположен на хорошем месте, дебит его достаточный, качество воды хорошее, обходится дешевле, чем строительство нового.

Мероприятия по уходу за колодцем и его ремонту требуют определенных навыков, но небольшие и несложные работы можно выполнить самостоятельно. Самыми обычными являются: откачка воды, его промывка и снятие ила. Фирм, специализирующихся на ремонте колодцев, в Финляндии немного, но их профессиональная деятельность быстро расширяется.

Возможности по очистке воды из колодца

Многие проблемы качества воды в колодце можно решить с помощью оборудования для ее очистки. До приобретения такого оборудования колодец необходимо привести в порядок, поскольку проблемы качества воды в колодце, находящемся в плохом состоянии, не следует решать, используя дорогостоящее оборудование. Выбор оборудования для очистки воды должен сделать специалист на основе анализа проб воды и содержания вредных веществ.



1. Вентиляционная труба
2. Съемная и открывающаяся крышка
3. Изоляционная пластина
4. Изоляционный слой от промерзания
5. Донный вентиль
6. Фильтрационные слои из песка и гравия
7. Слой крупного песка / мелких камней при использовании погруженного насоса
8. Покров из травы
9. Изоляционный слой из глины
10. Непромерзающий накопитель
11. Накопитель из земли
12. Слой песка / гравия, увеличивающий водоотдачу
13. Водопроводящий слой
14. Мелиоративная канава (при необходимости)
15. Слой, предохраняющий водопровод от выкапывания
16. Трубопровод
17. Уровень подземных вод
18. Крепежное устройство

1. Kaivon tuuletus
2. Lukittava ja avattava kansi
3. Eristelevy tarvittaessa
4. Routaeristys
5. Pohjaventtiili
6. Suodattavat sora- ja hiekkakerrokset
7. Käytettäessä uppopumppua karkeaa soraa tai pieniä kiviä
8. Nurmetus
9. Savieristys
10. Routimaton täyttö
11. Täyttö kaivumailla
12. Kaivon antoisuutta lisäävä hiekka / sorakerros
13. Vesipesä
14. Ojitus tarvittaessa
15. Johtokaivannon eristys
16. Vesijohto
17. Pohjaveden pinta
18. Tauenta

Рис. 5.3. Схема типичного шахтного колодца

Kuva 5.3. Rengaskaivo

Некоторые проблемы с качеством воды можно решить непосредственно только для объемов, необходимых для питья и приготовления пищи. Для этого можно выбрать оборудование и определить его мощность в зависимости от общего требуемого объема питьевой воды.

Устройства для очистки воды из колодца следует устанавливать в теплом помещении (температура 5–15 °С), например, там же, где установлен напорный резервуар для хранения воды. Все оборудование нуждается в регулярном контроле и уходе, что обязательно нужно учитывать при его выборе. В Финляндии для очистки воды имеется в продаже большой выбор различного оборудования отечественных и зарубежных производителей.

Рекомендации по строительству колодцев и финансирование

Тем, кто собирается строить колодец, необходимо обратиться за советом к местным специалистам. В Финляндии сотрудники отделов по окружающей среде, здравоохранению, контролю за строительством при администрации коммун обычно знают, какие местные фирмы успешно выполняют такие работы, и могут дать вам рекомендации. В отделах здравоохранения имеются данные, на каких территориях вследствие естественных особенностей грунта могут быть проблемы с качеством подземной воды. Такие сведения особенно важны для выбора типа колодца – выкопанного шахтного или пробуренной скважины.

Государство и администрации коммун могут в некоторых случаях оказать содействие в строительстве колодцев. Однако предназначенные для этого финансовые средства небольшие, и они идут на решение в основном проблем с водоснабжением, возникающих в конкретных населенных пунктах.



paikka on hyvä, antoisuus on riittävä, kaivovesi on hyvälaatuista ja kunnostaminen tulee halvemmaksi kuin uuden rakentaminen.

Kaivon huoltotoimenpiteet ja kunnostaminen vaativat taitoa, mutta pienemmät työt voi tehdä omatoimisestikin. Kaivon tyhjennys, sisäpuolinen pesu ja lietteen poisto ovat tavallisimmat kunnostustoimet. Kaivojen kunnostamiseen erikoistuneita yrittäjiä on Suomessa toistaiseksi vähän, mutta ammattimainen toiminta on yleistymässä nopeasti.

Kaivoveden käsittelymahdollisuudet

Monia kaivoveden laatuhaittoja voidaan poistaa vedenkäsittelylaitteilla. Ennen sellaisen hankintaa on kaivo kunnostettava, sillä kaivon huonosta kunnosta aiheutuvia vedenlaatuongelmia ei kannata ryhtyä poistamaan kalliilla käsittelylaitteilla. Käsittelylaitteen valinta on tehtävä asiantuntemuksella ja lähtötietoina tarvitaan aina tuore analyysi veden laadusta ja haitallisten aineiden pitoisuuksista.

Joitakin veden laatuhaittoja voidaan poistaa pelkästään siitä vesimäärästä, joka käytetään juomavetenä ja ruuanvalmistuksessa. Tällöin tarvittava laite voidaan valita ja sen kapasiteetti mitoittaa eri tavalla kuin siinä tapauksessa, että kaikki talousvesi puhdistettaisiin.

Kaivoveden käsittelylaitteet tulee yleensä sijoittaa lämpimään sisätilaan (lämpötila 5–15 °C), esimerkiksi samaan tilaan kuin painesäiliö. Kaikki laitteet vaativat säännöllistä toimivuuden tarkkailua ja hoitoa, mikä on otettava huomioon laitetta valittaessa. Suomessa on myynnissä lukuisia eri koti- ja ulkomaisten valmistajien vedenkäsittelylaitteita.

Kaivojen rakentamiseen liittyvä neuvonta ja rahoitus

Kaivon rakentamiseen ryhtyvän kannattaa kysyä neuvoja paikallisilta asiantuntijoilta. Suomessa kuntien ympäristö-, terveys- ja rakennusvalvontatehtävissä toimivat tietävät yleensä, ketkä paikalliset urakoitsijat ovat menestyksellä tehneet kaivoja. Terveysviranomaisilla on tietoa myös alueista, joilla maaperän ominaisuuksien vaikutuksesta pohjaveden laadussa on ongelmia. Sellaiset tiedot ovat tärkeitä nimenomaan sen kannalta, valitaanko rengaskaivo vai porakaivo.

Valtio ja kunnat ovat joissakin tapauksissa voineet tukea kaivojen rakentamista. Tähän tarkoitukseen käytetyt määrärahat ovat kuitenkin vähäisiä ja niillä on pyritty hoitamaan lähinnä vain olemassa olevan asutuksen vedenhankinnan parantamista ongelmatilanteissa.

5.4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

5.4. VENÄJÄN FEDERAATION JA KARJALAN TASAVALLAN VESIHUOLLON KEHITTÄMINEN

Согласно Конституции Российской Федерации водное законодательство Российской Федерации находится в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов. Основу водного законодательства РФ составляет Водный Кодекс Российской Федерации, принятый Государственной Думой 18 октября 1996 г., а также принимаемые в соответствии с ним на федеральном и региональном уровнях законы и нормативные правовые акты. В частности, водные отношения регулируются уже существующими федеральными законами, например, «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.97 г. № 117-ФЗ, «О плате за пользование водными объектами» от 06.05.98 г. № 71-ФЗ и рядом других.

Целью водного законодательства является регулирование широкого круга отношений в области использования и охраны водных объектов («человек – вода») для обеспечения прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду. Сюда входят такие задачи, как:

– поддержание оптимальных условий водопользования;

– поддержание качества поверхностных и подземных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям;

– защита водных объектов от загрязнения, засорения и истощения;

– предотвращение или ликвидация вредного воздействия вод;

– сохранение биологического разнообразия водных экосистем (С водой на «Вы», 2003).

Одной из важнейших практических задач в сфере водных отношений является решение проблемы организации качественного питьевого водоснабжения. В наше время в условиях новых социально-экономических отношений эта проблема приобрела и новую специфику, и новые возможности решения. Первая попытка ее осмысления в условиях перехода к рыночным отношениям была предпринята при разработке государственного доклада «Вода питьевая» (1994). В докладе были рассмотрены основные проблемы питьевого водоснабжения; даны качественная и количественная оценки состояния водных источников; отражено техническое состояние систем водоподготовки и транспортировки воды потребителям; оснащенность населения централизованным водоснабжением и канализацией; проблемы, связанные с качеством питьевой воды; обеспеченность населения питьевой водой; проблемы, связанные с нерациональным использованием воды; экономические проблемы водоснабжения и канализации; проблемы, связанные с управлением водными ресурсами; проблемы, связанные с информационным обеспечением; проблемы, связанные с подготовкой кадров; проблемы, связанные с научным обеспечением; проблемы, связанные с международным сотрудничеством.

Venäjän perustuslain mukaan vesitalouden lainsäädäntöä kehitetään Venäjän Federaation / keskushallinnon ja osavaltioiden (ns. «subjektien») tasolla. «Vesilaki» (Vesikoodeksi) on hyväksytty Venäjän Federaation Duumassa 18.10.1996. Sen lisäksi vesihuolto- ja muut vesitalouteen liittyvät asiat säädellään muissa federatiivisissa laissa ja paikallisissa normeissa. Esimerkiksi 21.07.1997 on hyväksytty «Vesirakennuskohteiden turvallisuudesta» – federatiivinen laki №117-ФЗ ja 06.05.98 «Vesistöjen käyttömaksusta» -federatiivinen laki №71-ФЗ.

Vesilainsäädännön tavoitteena on vesistöjen käytön ja suojelun suunnittelu ja säännöstely ja ohjaus («ihminen – vesi»). Lainvoimalla pyritään myös takaamaan kansalaisten oikeudet puhtaaseen juomaveteen ja ympäristöön. Siihen kuuluvat seuraavat tehtävät:

– vesitalouden ja vesihuollon olosuhteiden säilyttäminen optimaalisella tasolla;

– pinta- ja pohjavesivarojen laadun säilyttäminen. Laadun on vastattava saniteetti- ja ympäristövaatimuksia;

– vesistöjen suojelu kuormitusta, roskaamista ja pilaantumista vastaan;

– veden haittojen torjunta;

– vesistöjen ekosysteemien biodiversiteetin säilyttäminen (С водой на «Вы», 2003).

Vesitalouden tärkeimpiä tehtäviä on myös hyvälaatuisen juomaveden toimittaminen. Meidän uudessa sosio-taloudellisessa olosuhteissamme vesihuollolla on myös uudet erikoispiirteet ja mahdollisuudet. Ensimmäiset tilanneselvitykset oli tehty vuonna 1996 «Juomavesi» -valtiollisen raportin laadinnassa markkinatalouteen siirtymisvaiheessa. Raportissa esitettiin juomaveden ja vesihuollon ongelmat, vesivarat ja laatuarvot, kuvattiin vesilaitosten kaluston ja verkostojen teknillisiä ominaisuuksia, talousasioita, hallinto- ja valvontajärjestelmiä, lainsäädäntöä ja normiston vaatimuksia. Nykyiset vesihuollon teknilliset ratkaisut esitettiin raportin erikoisotsikossa. Raporttiin pyrittiin listamaan nykyisen negatiivisen tilanteen syitä ja esittämään kriisin ratkaisumalleja (Порядин, 2003).

Seuraavana vaiheena Venäjän hallituksen tehtävästä laadittiin uudet «Vesihuolto» – lain ensim-

щенность фондами, экономический механизм, система управления и контроля снабжения населения питьевой водой; правовая основа и нормативно-техническое обеспечение. Специальный раздел был посвящен современным методам водоподготовки. Были выделены причины сложившейся негативной ситуации, даны предложения по преодолению кризисных явлений в водоснабжении (Порядин, 2003).

Следующим этапом была разработка по поручению Правительства Российской Федерации проекта Закона «О воде и питьевом водоснабжении» и Федеральной целевой программы «Обеспечение населения России питьевой водой». Последняя была принята в конце 1990-х гг. прошлого века и действует в настоящее время. Все три названных документа направлены на решение важнейшей для страны проблемы, связанной с сохранением здоровья, улучшением условий деятельности и повышением уровня жизни населения в результате снижения потребления некачественной питьевой воды.

Главными целями программы являются:

– улучшение обеспечения населения питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве;

– улучшение на этой основе состояния здоровья населения и оздоровление социально-экономической обстановки в Российской Федерации;

– восстановление, охрана и рациональное использование источников питьевого водоснабжения.

Программу предполагается выполнять в несколько этапов:

– 2001–2005 гг.: расширение работ по восстановлению, реконструкции и строительству систем водоснабжения городов и сельских населенных пунктов, а также по охране и улучшению состояния водных объектов – источников питьевого водоснабжения;

– 2006–2010 гг.: завершение наиболее капиталоемких мероприятий, которые позволят обеспечить коренное улучшение водоснабжения населения (Порядин, 2003).

Для достижения указанных целей необходимо:

– строительство и реконструкция водозаборных сооружений и сетей;

– реконструкция систем водоснабжения жилых зданий;

– реконструкция и техническое перевооружение водоочистных станций;

– строительство и реконструкция сооружений по очистке сточных вод;

– сбор и очистка поверхностного стока с селитебных территорий.

Реконструкция и техническое перевооружение водоочистных станций будут проводиться на основе новых современных технологий водоподготовки. В первую очередь предусматривается приступить к

mäiset versiot ja «Venäjän väestön juomavesi» – kehitysohjelma. Viimeinen mainituista hyväksyttiin 1990-luvun loppupuolella ja se on ollut voimassa tähän päivään saakka. Kaikilla edellä mainituilla asiakirjoilla on tarkoitus ratkaista vesihuolto-ongelmia, parantaa väestön terveyttä ja nostaa elintasoa.

Ohjelman tavoitteet ovat seuraavat:

– väestön juomavesihuollon kehittäminen normivaatimusten tasolle ja tarvittavissa määrin;

– venäjän väestön terveyden parantaminen, sosiaalinen ja taloudellinen kehittäminen;

– raakavesivesistöjen kunnostus, suojelu ja järkevä käyttö.

Ohjelman toteuttaminen on jaettu aikajaksoihin:

– vuonna 2001–2005: kaupunkien ja taajamien vesihuoltoverkkojen laajentaminen, korjaaminen ja kunnostus sekä vesistöjen suojelu ja vedenlaatua parantavat toimenpiteet;

– vuonna 2006–2010: kalliimpien vesihuollon toimenpiteiden ja hankkeiden toteuttaminen (Порядин, 2003).

Tavoitteiden saavuttamiseksi on suunniteltu:

– vesihuoltolaitosten ja -verkoston rakentaminen;

– asuintalojen vesi- ja viemäriverkoston kunnostus;

– vesilaitosten laitteiden kunnostus ja uusiminen;

– jätevesipuhdistamoiden rakentaminen ja korjaustyöt;

– taajamien pintavalunnan keräys ja käsittely.

Vesilaitosten korjaamisessa ja uusimisessa on tarkoitus käyttää uusia vesihuollon prosesseja ja teknologioita. Ennen kaikkea työtä tehdään ns. «ongelma-alueilla», joihin myös Karjalan Tasavalta kuuluu. Jätevedenpuhdistamoita rakennetaan ja kunnostetaan ennen kaikkea taajamissa, missä päästöjen ja pintavalunnan vaikutusta on jo havaittu vesihuoltolaitoksilla.

Myös Venäjän eri maaseutualueilla suunnitellaan vesi- ja viemärilaitosten kehitystä «keskitetyn» – mallin mukaan.

Raakavesivesistöjen saniteettivyöhykkeiden suojelutoimenpiteet myös kuuluvat Federatiiviseen tavoiteohjelmaan:

– ensimmäisen saniteettisuojeluvyöhykkeiden selvitykset ja kunnostustyöt;

– jätevarastojen, suurien karjatilojen suotovesien torjuntatoimenpiteet toisessa ja kolmannessa saniteettisuojeluvyöhykkeissä;

– vaarallisten kohteiden (kaatopaikat, tuhka- ja kuonavarastot jne.) poistaminen toiselta ja kolmannelta saniteettisuojeluvyöhykkeeltä;

Ohjelmaan kuuluu myös ylimääräiset toimenpiteet. Esimerkiksi ehdotetaan perustamaan yrityksiä, joiden tavoitteena olisi korkealaatuisen juomaveden pullottaminen turvallisesta pohjavedestä. Ehdotetaan

этим работам в наиболее «проблемных» регионах, в число которых вошла и Республика Карелия. В городах, испытывающих наибольшее негативное влияние сточных вод на качество воды питьевых источников, предусмотрены строительство и реконструкция канализационных очистных сооружений и проведение мероприятий по сбору и очистке поверхностного стока с селитебных территорий.

В различных регионах страны намечается также строительство групповых водопроводов для сельской местности. В тех сельских населенных пунктах, где предполагается сооружение новых централизованных систем водоснабжения, одновременно будут строиться и системы водоотведения с полным комплексом очистных сооружений.

В Федеральной целевой программе также предусмотрены меры по улучшению состояния зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения, включающие:

– проведение обследования состояния первого пояса зон санитарной охраны, их восстановление;

– осуществление работ по предотвращению фильтрации вод из шламохранилищ, накопителей отходов животноводческих комплексов во втором и третьем поясах зон санитарной охраны;

– вынос из пределов второго пояса особо опасных в экологическом отношении объектов: свалок, полигонов жидких и твердых отходов, золо-, шлакоотвалов и т. д.

В качестве дополнительной меры по улучшению обеспечения населения качественной питьевой водой рассматривается возможность создания предприятий по розливу питьевой воды на базе высококачественных и надежно защищенных от загрязнения подземных вод за счет внебюджетных средств. Также предусматривается расширение использования локальных установок глубокой доочистки воды для питьевых целей в местах ее непосредственного потребления (лечебно-профилактические, дошкольные, школьные учреждения, предприятия пищевой промышленности и общественного питания, районы с кризисной экологической обстановкой и т. п.) (Порядин, 2003).

Аналогичные программы были созданы и для субъектов Федерации, в том числе и для Карелии. Для исполнения постановления Правительства Российской Федерации от 6 марта 1998 г. № 292 «О концепции федеральной целевой программы „Обеспечение населения России питьевой водой“ и в целях осуществления первоочередных мероприятий по улучшению водоснабжения населения» была разработана региональная программа «Обеспечение населения Республики Карелия питьевой водой». Она была утверждена постановлением Правительства Республики Карелия от 22 июня 1999 г. № 24-П.

myös juomavesien jälkikäsittelyä eri laitoksissa, esimerkiksi sairaalat, lastentarhat, koulut. elintarviketeollisuus, suurruokalat ja alueet, joissa on todettu huonot ympäristöolosuhteet (Порядин, 2003).

Vastaavat tavoiteohjelmat laadittiin aluetasoilla eli Venäjän Federaation ns. «subjektien» tasolla, mm. Karjalan Tasavallassa. Venäjän hallituksen päätöksen numero 292, 6.3.1998 «Venäjän Federaation väestön vesihuollon kehitysohjelman» -konseptin perusteella laadittiin «Karjalan Tasavallan väestön vesihuollon kehitysohjelma», joka on hyväksytty Karjalan Tasavallan hallituksen päätöksellä numero 24-П, 22.6.1999.

Ohjelman tavoitteena on Karjalan Tasavallan vesihuollon kehittäminen laatu- ja määrävaatimusten tasoille, väestön terveyden parantaminen sekä vesistöjen kunnostus, suojelu ja järkevä käyttö.

Ohjelma sisältää kolme vaihetta:

– vuosina 1999–2000: juomaveden säästäminen, Karjalan Tasavallan kaupunkien ja taajamien juomaveden laadun parantaminen; pohjavesien käytön osuuden nostaminen vesihuollossa; raakavesivesistöjen suojeluvyöhykkeiden lainsäädäntövaatimusten noudattaminen;

– vuosina 2001–2005: Karjalan Tasavallan kaupunkien ja taajamien vesihuoltohankkeiden toteuttaminen, korjaustöiden jatkaminen; raakavesivesistöjen kunnostaminen ja suojelu;

– vuosina 2006–2100: suurta pääomaa vaativien hankkeiden lopettaminen, kun tavoitteena on Karjalan Tasavallan vesihuollon radikaalinen parantaminen.

Ohjelma koostuu kuudesta jaksosta :

1. Kaupunkien ja suurten taajamien vesihuollon kehittäminen.

Tässä osassa on suunniteltu pohjavedenottamoiden rakentamista, vesilaitosten ja verkoston rakentamista ja saneerausta kaupungeissa ja taajamissa, missä on eniten ongelmia (Petroskoi, Aunus, Lahdenpohja, Sortavala, Suojärvi, Belomorsk, Kontupohja, Kalevala, Pindushi, Povenets, Mujezerski, Louhi, Kestenga). Sen lisäksi olemassa olevien pohja- ja pintavedenottamoiden ympärille järjestetään saniteettisuojeluvyöhykkeet ja arvioidaan pohjavesien määrät suurissa taajamissa sekä maaseudulla («Martsialnye vody» -parantolassa, Salmi, Essoila, Matrosy, Kroshnozero).

2. Maaseudun vesihuollon kehitys.

Meliorativnyi, Iljinski, Pypyshkalski, Vedlozero, Salmi ja Porosozero-kylässä rakennetaan tai korjataan vesihuoltojärjestelmiä.

3. Raakavesivesistöjen suojelu ja kunnostus.

Suunnitelmissa on jätevedenpuhdistamon rakentaminen Zolotets-kylään, viemärikokoomaputkiston Petroskoissa, sadeviemärin ja jätevedenpuhdistamon saneeraus Martsialnye-vody kylässä ja muutkin kohteet.

Целью данной программы является обеспечение населения Республики Карелия питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве, улучшение на этой основе состояния здоровья населения, восстановление, охрана и рациональное использование источников питьевого водоснабжения.

Предусматривается три этапа реализации программы:

– 1999–2000 гг.: экономия питьевой воды, улучшение качества воды в городах и сельских населенных пунктах Республики Карелия, расширение использования подземных вод в городах и сельских населенных пунктах Республики Карелия, обеспечение соблюдения режимов зон санитарной охраны и водоохранных зон источников питьевого водоснабжения;

– 2001–2005 гг.: расширение работ по восстановлению, реконструкции и строительству систем водоснабжения городов и сельских населенных пунктов в Республике Карелия, а также по охране и улучшению состояния водных объектов в Республике Карелия – источников питьевого водоснабжения;

– 2006–2100 гг.: завершение наиболее капиталоемких мероприятий, исходя из обеспечения коренного улучшения водоснабжения населения Республики Карелия.

Программа состоит из шести разделов:

1. Развитие системы водоснабжения городов и поселков городского типа.

В разделе предусмотрены строительство водозаборов из подземных источников, строительство и реконструкция водопроводных очистных сооружений и сетей для городских населенных пунктов, имеющих наиболее острые проблемы в организации питьевого водоснабжения (города Петрозаводск, Олонец, Лахденпохья, Сортавала, Суоярви, Беломорск, Кондопога; поселки Калевала, Пиндуши, Повенец, Муезерский, Лоухи, Кестеньга). Также предполагается организация зон санитарной охраны действующих поверхностных и подземных водозаборов с оценкой запасов подземных вод для большинства крупных городских поселений республики и ряда сельских (санаторий «Марциальные воды», поселки Салми, Эссойла, Матросы, Крошнозеро).

2. Развитие систем водоснабжения сельских населенных пунктов.

Предусмотрены строительство, реконструкция и восстановление централизованных локальных систем водоснабжения для сельских населенных пунктов: Мелиоративный, Ильинский, Рыпушкалицы, Ведлозеро, Салми, Поросозеро.

3. Охрана и восстановление водных объектов – источников питьевого водоснабжения.

Запланировано строительство канализационных очистных сооружений в п. Золотец, сооружение

4. Vesistöjen suojelu ja kunnostus.

Vodlozerskoje-järven Vamskin ja Suhovodlinskin vesirakenteiden korjaustyöt; Jushkozerskin järven rantojen vahvistukset.

5. Vesistöjen seuranta.

Pintavesistöjen ja vesitalouskohteiden/järjestelmien seuranta valituissa kohteissa. Aunuksen alueen pohjavesiesiintymän seurannan perustaminen.

6. Ohjelman lainsäädännön ja tieteellis-tekninen tuki.

Analysoidaan vesihuollon nykytilannetta, kartoitetaan kvarttäärikauden kerrostumien pohjavesivaroja, selvitetään ja etsitään tiettyjen soraharjujen pohjavesivaroja (Petroskoi, Nadvoitsa, Prääsä, Mujezerski, Kalevala, Shuiskaja-rautatieasema).

Ohjelmassa kaikkien hankkeiden kohdalla on määritetty niiden kustannusarviot, tehot sekä vaiheet ja rahoituslähteet.

Tässä kirjassa on esitetty Karjalan Tasavallan ja Suomen asiantuntijoiden yhteistyön tulokset edellä mainitun ohjelman toteuttamisessa.

Uudet olosuhteet tuovat ohjelmaan tarvittavat muutokset ja täsmennykset. Valitettavasti ohjelman toteuttamista on jo jarrutettu heikolla rahoituksella tasavallan ja paikallisten budjettien tasolla.

Venäjän lainsäädännön kehitystyö vesialalla jatkuu. Tällä hetkellä on jo laadittu uuden Vesilain / lakikokoelman luonnos, jossa on otettu huomioon muut Venäjän lainsäädännön muutokset sekä uudet sosiaalis-taloudelliset seikat ja Venäjän vesitalouskehitys-kansallisohjelman luonnos.

Vuoden 2002 tammikuussa on astunut voimaan Venäjän hallituksen asetus nro 826, 28.11.2001 «Minimaaliset ja maksimaaliset vesistöjen käyttömaksut joki-, järvi-, merivaluma-alueittain ja talousalueiden mukaan». Asetuksen perusteella käyttömaksut nousevat 2-kertaisesti ja enemmänkin (vesivoimalaitosten kohdalla 6-kertaiseksi).

Vesisektorin normien ja lainsäädännön kehityksen tavoitteena on:

– vesitalouden ja vesikohteiden laillinen tuki ja järjestelyn perusteet;

– selkeä tehtävien ja oikeuksien jako federatiivisten valtioelimien, subjektien viranomaisten, alueviranomaisten ja vedenkäyttäjien välillä ottaen huomioon vesistöjen käyttö, suojelu ja kunnostukset;

– lainsäädännön ristiriitojen poistuminen luonnonvarojen hyväksikäytön ja luonnonsuojelusektorin välillä;

– tarkoituksenmukainen vesimaksujen (vesistöjen käytöstä ja pilaantumisesta) käyttö, vesistöjen kunnostuksen ja kuormitusten torjuntatoiminnan rahoittaminen;

– vesitaloudellista asioista keskustelun / käsittelyn yleisön osallistumismenettelyn lailliset perusteet; vesistöjen suojelun ja käytön yhteisön / kansan yleisön valvonta;

локального канализационного коллектора в г. Петрозаводске, реконструкция ливневой канализации и строительство локальных очистных сооружений в п. Марциальные Воды и ряд других работ.

4. Охрана и восстановление водных объектов.

Предполагается реконструкция Вамского и Суховодлинского гидроузлов на Водлозерском водохранилище и берегоукрепление Юшкозерского водохранилища.

5. Мониторинг водных объектов.

Проведение мониторинга на ряде поверхностных водных объектов и водохозяйственных системах, создание опытно-промышленного полигона мониторинга подземных вод на Олонецком месторождении.

6. Научно-техническое и нормативно-правовое обеспечение программы.

Планировалось и планируется проведение анализа современного состояния питьевого водоснабжения, картирование потенциальных ресурсов подземных вод четвертичных отложений, а также поисково-оценочные работы на подземные воды из песчано-гравийных отложений на конкретных объектах (г. Петрозаводск, поселки Надвоицы, Пряжа, Муезерский, Калевала, ст. Шуйская).

Для всех направлений были определены необходимая мощность сооружений, объем и стоимость работ, этапы реализации проектов, источники финансирования.

В настоящей книге представлены результаты карельско-финляндского сотрудничества по реализации разделов программы обеспечения населения РК питьевой водой, и Вы, читатель, сами можете оценить, что было сделано по реализации этой программы. Что касается научной части, то все планы были перевыполнены благодаря общим усилиям исследователей Карелии и Финляндии.

В процессе реализации программы в нее вносятся необходимые коррективы, определяемые новыми обстоятельствами и потребностями. К сожалению, выполнение программы тормозится нехваткой финансовых ресурсов в республиканском и местных бюджетах.

Работа по развитию и совершенствованию водного законодательства Российской Федерации продолжается. В настоящее время разработан проект нового Водного кодекса Российской Федерации, учитывающий произошедшие изменения в законодательстве РФ и новые социально-экономические реалии, а также проект Национальной программы «Развитие водохозяйственного комплекса России».

С января 2002 г. вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2001 г. № 826 «Об утверждении минимальных и максимальных ставок платы за пользование водными объектами по бассейнам рек, озер, морям и экономи-

– lainsääteisen vesitalousinvestoinnin suojaus ja takuut;

– «valuma-alueperiaatteen» vahvistaminen vesivarojen hallintojärjestelmässä ja vastaavan alueellisten hallintojärjestelmän kehittäminen;

– «valuma-alue-edustuston» statuksen nosto tasolle, jolla se päättää kaikista alueen vesistöjen käytöstä, hallinnasta, kunnostuksesta ja suojelusta. «Valuma-alueen edustusto» päättää myöskin alueen taloudellisesta kehityksestä;

– valuma-alueen neuvoston jäseninä voisi olla kaikkia asiasta kiinnostuneita federatiivisia viranomaisia, myös Federaation subjektin, alueellisia ja paikallisia viranomaisia, vedenkäyttäjiä ja yleisön edustajia;







ческим районам», в соответствии с которыми ставки платы за пользование водными объектами повышаются в 2 и более раза.

Дальнейшее развитие нормативного правового регулирования водных отношений должно обеспечить:

– законодательное закрепление основ организации водного хозяйства и систем обустройства водных объектов;

– четкое разграничение функций, прав и обязанностей федеральных органов государственного управления, органов государственного управления субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и водопользователей в области использования, восстановления и охраны водных объектов;

– устранение имеющихся противоречий в действующем законодательстве о природных ресурсах и охране окружающей среды;

– целевое использование всех средств, поступающих от платежей за использование и загрязнение водных объектов, для их восстановления и охраны, предотвращения вредного воздействия вод;

– законодательное и нормативное закрепление форм и методов участия общественности и граждан в обсуждении водохозяйственных программ, общественном контроле за рациональным использованием и охраной водных объектов;

– правовые гарантии защиты инвестиций в водное хозяйство;

– закрепление бассейнового принципа управления водными ресурсами и соответствующей системы территориальных органов государственного управления водным фондом;

– придание бассейновому водному совету функций «водного парламента бассейна», решающего все вопросы управления, использования, восстановления и охраны водных объектов в бассейне, включая экономические;

– обеспечение участия в бассейновых водных советах представителей всех заинтересованных федеральных органов власти, органов власти субъектов Федерации, органов местного самоуправления, водопользователей и общественности;

– использование поступлений от платы за пользование водными объектами на осуществление политики межбассейнового «выравнивания» возможностей водохозяйственного развития.

– vesitalouspolitiikan kehitys ja vesimaksujen käyttö valuma-alueiden välisten eroavuuksien poistamiseksi.







ЗАКЛЮЧЕНИЕ

LOPPUSANAT

Выполненные за последние 10 лет Институтом водных проблем Севера Карельского научного центра РАН исследования в сотрудничестве с другими организациями Карелии (Институтом геологии КарНЦ РАН, Карельской геологической экспедицией, Республиканской энергетической комиссией), Правительством РК и финскими партнерами из Центра окружающей среды Северная Саво (Куопио), Института вод и окружающей среды (SUKE), фирм «Земля и Вода» и «FInmap» (Хельсинки) при поддержке Министерств окружающей среды и сельского и лесного хозяйства Финляндии позволили существенно повысить гидрогеологическую изученность региона, открыли возможность более широкого использования подземных вод РК, а в ряде районов внедрения полученных знаний для решения практических задач. Впервые были созданы электронный и бумажный каталоги озер и рек РК, информационная база данных о подземных водах, которая постоянно пополняется.

Таким образом, сделан определенный вклад в важную задачу – улучшение питьевого водоснабжения населения. Хочется надеяться, что развитие России будет происходить в направлении, когда не только принятые нормативы качества питьевой воды будут высокими, но и сама вода, потребляемая населением, в действительности будет соответствовать высоким нормам, принятым Российским законодательством, а также соответствовать европейским стандартам качества. В этом случае качество питьевой воды будет способствовать повышению уровня жизни населения, укреплению здоровья людей, развитию туризма в Республике Карелия.

В результате совместных карельско-финляндских многолетних исследований была дана оценка запасов и качества подземных вод четвертичных отложений. Найдены достаточные на сегодня и на перспективу запасы подземных вод высокого качества для снабжения населения Карелии в районе населенных пунктов Суоярви, Поросозеро, Калевала, Пряжа, Лоухи, Надвоицы, Чупа и др., в которых достаточно остро стоит проблема обеспечения водой населения. Для комплексного решения поставленных задач нами оценивалось и состояние водоподготовки, водопроводных сетей, качество водопроводной воды, обсуждены

Viimeisten 10 vuoden aikana Venäjän tiedeakatemian Karjalan tutkimuskeskuksen Vesistöongelmien tutkimuslaitos yhteistyössä Karjalan Tasavallan tutkimuslaitosten (Geologian tutkimuslaitos, «Karjalan geologinen expeditio», tasavallan energiakomissio), Karjalan Tasavallan hallituksen ja suomalaisten partnereiden kanssa – Pohjois-Savon ympäristökeskus, Suomen ympäristökeskus (SYKE), «Maa ja Vesi», «Finnmap» – Suomen ympäristöministeriön ja Suomen maa- ja metsätalousministeriön tuella ovat tehneet mittavat hydrogeologiset tutkimukset. Tulokset mahdollistavat käyttää hyväksi alueen pohjavettä. Useassa tapauksissa vesihuoltoa voidaan jo nyt kehittää käytännön tasolla. Yhteistyön tuloksia ovat Karjalan Tasavallan järvien ja jokien rekisteri ja pohjavesivarojen tietojärjestelmä. Materiaaleja on paperi- ja sähkömuodossa ja rekisterien tietokantaa jatkuvasti täytetään.

Vesihuollon kehittäminen on tärkeä yhdyskunnan tehtävä ja omalla työllämme olimme pyrkineet ratkaisemaan sen ongelmat. Toivomme, että Venäjän kehitys menisi sellaisen tavoitteen suuntaan, milloin ei pelkästään korkeat vedenlaatunormit hyväksytä, vaan myös verkoston juomaveden laatu vastaa sekä Venäjän korkean tason, että Euroopan vaatimukset. Silloin juomaveden laadun kautta nousee myös Karjalan Tasavallan asukkaiden elintaso, terveyshuolto ja turismi kehittyy nopeammin.

Suomen ja Karjalan Tasavallan tutkijat ovat yhdessä arvioineet kvartäärikautisten kerrostumien pohjaveden laatua ja varoja ja löysivät alueita, joiden pohjavesivaroja on tarpeeksi paljon nykytilanteessa ja ottaen huomioon tulevaisuuden vedenkulutuksen. Taajamista mainittakoon Suojärvi, Porosozero, Kaleva, Kizhi, Prääsä, Louhi, Nadvoitsa, Tchupa -joissa vesihuollossa on vaikeuksia ja puutteita. Omassa työssämme pyrittiin katsomaan vesihuoltoa monipuolisesti, arvioitiin vesilaitosten toimintaa, verkoston kuntoa, juomavedenlaatua, desinfiointia ja veden mutageenisuutta. Jokaiselle taajamalle laadittiin kehitysohjelma, jossa on esitetty nykytilanne, arvioitu vedenkulutuksen tarpeet, analysoitu ongelmat ja ehdotettu kehittämisvaihtoehtoja kustannusarvioineen.

Valitettavasti Karjalan Tasavallan vesivaroja käytetään vain vähäisessämäärin. Syynä on rahoituksen

проблемы обеззараживания и мутагенности вод из централизованных источников. Для всех рассмотренных пунктов подготовлены локальные программы развития, в которых показывается современное состояние водоснабжения, оцениваются потребности в воде на перспективу, дается анализ существующих проблем и предлагаются возможные принципиальные варианты, основанные на экономических расчетах.

К сожалению, из-за отсутствия необходимого финансирования в Карелии пока не достаточно используются ресурсы вод региона. Требуются усилия министерств, ведомств, предпринимателей, инвесторов, которые могли бы применить имеющиеся научные знания, опыт для более широкого использования подземных вод с целью обеспечения населения достаточным количеством воды высокого качества.

Меры, предпринимаемые администрацией, наукой, местными органами для снижения риска заболеваемости людей путем улучшения качества питьевой воды с использованием более защищенных подземных вод, весьма оправдывают себя и будут иметь большой положительный эффект для населения Карелии.

Благодаря хорошей изученности запасов и качества поверхностных и подземных вод, успешной реализации научных рекомендаций в ряде населенных пунктов Карелия могла бы стать хорошим примером России и другим странам для решения практических задач, связанных со здоровьем населения, путем внедрения научных знаний.

puute. Jatkossa tarvitaan lisää monien viranomaisten ja ministeriöiden ponnistuksia, liikemiehiä ja investoijia, jotka voisivat käyttää hyväksi tutkimustuloksia ja pohjaveden vesihuollon kokemuksia, jotta paikalliset ihmiset saisivat hyvälaatuista juomavettä.

Aluehallinnon ja tukijoiden on toteutettava vesihuollon kalliit kehitystoimenpiteet. Ne ovat kannattavia kustannuksia, koska esimerkiksi terveysriskit pienevät, jos käytetään pohjaveden hyvälaatuista juomavettä. Pohjavesivarat ovat sen lisäksi suhteellisesti parammin suojattuja pilaantumisesta.

Karjalan Tasavallan pohjavesien varoja ja niiden laatua on tutkittu varsin paljon. Alueella on taajamia, joissa tutkijoiden suositukset vesihuollossa on jo toteutettu. Karjalasta voisi tulla koko Venäjälle esimerkki siitä, miten tutkimukset auttavat viemään eteenpäin vesihuollon käytännön kehitystä. Mainittakoon vielä kerran, että vesihuollolla on selkeä yhteys ihmisten terveyteen.



ЛИТЕРАТУРА
KIRJALLISUUS

Абакумов В. А., Казаков Ю. Е., Свирская И. Л. Гидробиологические последствия антропогенного закисления озер // Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы: Тр. 3-го Междунар. симпоз. Т. 3. Л., 1986. С. 221–225.

Авакян А. Б. О воде с тревогой и надеждой. Екатеринбург, 1999. 172 с.

Авцын А. Н., Жаворонков А. А. Биогеохимические эндемии (микроэлементозы) человека) // Руководство по медицинской географии / Под ред. А. А. Кеплера и др. СПб., 1993. С. 199–212.

Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 442 с.

Бабкин В. И., Колоколов А. Г., Полад-Заде Л. И. и др. Современная природная обеспеченность СССР // Тр. Гос. гидрол. ин-та. 1991. Вып. 352: Исследование условий формирования и расчеты водных ресурсов СССР. С. 3–21.

Беличенко Ю. П., Швецов М. М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. М., 1986. 304 с.

Беляев А. М., Иванюкович Г. А., Куриленко В. В., Хайкович И. М. Радиоэкогеология. СПб., 2003. 324 с.

Берсонов С. А. Водно-энергетический кадастр Карельской АССР. М.; Л., 1960. 406 с.

Бородулина Г. С., Мазухина С. И. Физико-химическое моделирование состава природных вод уран-ванадиевого месторождения // Геоэкология. 2002. № 6. С. 445–454.

Бородулина Г. С., Перский Н. Е. Инженерно-экологические проблемы использования подземных вод для водоснабжения // Инженерная экология. 1998. № 5. С. 57–62.

Бородулина Г. С. и др. Отчет «Комплексная оценка родников, колодцев и скважин в районе г. Петрозаводска как источников хозяйственно-питьевого водоснабжения Петрозаводска». Петрозаводск, 1994 (Фонды ИВПС КарНЦ РАН).

Брилинг И. А. Нитратное загрязнение подземных вод удобрениями. М., 1985. 49 с.

Воропаев Г. В., Благоверов Б. Г., Исмайылов Г. Х. Экономико-географические аспекты формирования территориальных единиц в водном хозяйстве страны. М., 1986. 240 с.

Водоохранные мероприятия в басейне р. Невы для обеспечения водоснабжения Санкт-Петербурга. Предварительные исследования. Заключительный отчет. Планцентр Лимитед. Финляндия. 1994. 84 с.

Водохозяйственный словарь. М., 1974. 764 с.

Возрождение Карелии. Концепция социально-экономического развития Республики Карелия на период 1999–2002–2010 гг. Петрозаводск, 1999. 78 с.

Гашева В. Ф. Некоторые особенности гидрографии КАССР // Сб. работ Ленинградской гидрометеообсерватории. 1967. Вып. 4. С. 103–114.

Гершензон Т. Е. Хозяйственная обстановка в районе водозабора г. Медвежьегорска // Большая губа Повенецкого залива Онежского озера. Петрозаводск, 1992. С. 5–12.

Голубев А. И., Ахмедов А. М., Галдобина Л. П. Геохимия черносланцевых комплексов нижнего протерозоя Карело-Кольского региона. Л., 1984. 193 с.

Гольдберг В. М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М., 1984. 262 с.

Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. 2001 год. СПб., 2002. 112 с.

Государственный водный кадастр Союза СССР (Макет публикуемой части). Проект. Л., 1974. 398 с.

Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Сер. 3. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Т. 1. РСФСР. Вып. 5: Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озер. Л., 1986. 688 с.; Вып. 7: Бассейн рек западного побережья Белого моря. Л., 1987. 220 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1999 году. Петрозаводск, 2000. 214 с.

Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2001 году. Петрозаводск, 2002. 240 с.

Государственный доклад о состоянии водных ресурсов Российской Федерации в 2002 году. М., 2003. 246 с.

Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер Карелии. М.; Л., 1959. 240 с.

Егорова Н. А., Красовский Г. Н., Быков И. И. Гармонизация гигиенических нормативов в проблеме безопасности питьевой воды // II Форум «Питьевые воды России»: Сб. тезисов. М., 2005. С. 24–25.

Закутин В. П. Окислительно-восстановительные состояния хозяйственно питьевых подземных вод // Отечественная геология. 1992. № 9. С. 65–73.

Захарченко М. П., Кошелев Н. Ф., Ромашов П. Г. Гигиеническая диагностика водной среды. СПб., 1996. 247 с.

Зекцер И. С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М., 2001. 328 с.

Иваник В. К., Клименко О. А., Пятницына Р. С. Предпосылки кислотного загрязнения речной воды Волго-Ахтубинской поймы выбросами объектов Астраханского газоконденсатного комплекса // Гидрохимические материалы. Т. 112. 1992. С. 3–12.

Иванов В. В. Основные критерии оценки химического состава минеральных вод. М., 1982. С.

Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 1. М., 1994. 305 с.

Израэль Ю. А., Назаров И. М., Пресман А. Я. и др. Кислотные дожди. Л., 1989. 269 с.

Кадмий // Минеральное сырье: Справочник. М., 1998.

Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Филатова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск, 2001. 289 с.

Кириллова В. А. Морфометрическая характеристика литоральной зоны Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975. С. 15–29.

Климат Карелии: изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы. Петрозаводск, 2004. 224 с.

Ковалевский В. С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод. М., 2001. 331 с.

Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Экология Великих североамериканских озер: проблемы, решения, перспективы // Водные ресурсы. 1993. Т. 20, № 1. С. 113–122.

Константинов А. Ф. Проблемы водохозяйственного освоения Южной Якутии. Якутск, 1986. 134 с.

Коронкевич Н. И., Зайцева И. С. Водные ресурсы России на современном этапе // Использование и охрана природных ресурсов в России. Спецвыпуск № 9-10/2003. С. 83–89.

Крайнов С. Р., Закутин В. П. Геохимическая типизация загрязненных подземных вод // Советская геология. 1991. № 11. С. 78–87.

Крайнов С. Р., Закутин В. П. Загрязнение подземных вод в сельскохозяйственных регионах // Гидрогеол., инж. геология: Обзор / АО «Геоинформмарк». М., 1993. 86 с.

Крайнов С. Р., Швец В. М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М., 1987. 237 с.

Крайнов С. Р., Соломин Г. А., Закутин В. П. Окислительно-восстановительные условия трансформаций соединений азота в подземных водах (в связи с решением геохимико-экологических проблем) // Геохимия. 1991. № 6. С. 822–831.

Кратко о водах России. Екатеринбург, 1997. 88 с.

Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М., 1960. 344 с.

Кудерский Л. А., Румянцев Л. А., Драбкова В. Г. Экологическое состояние водной системы Онежское озеро – Ладожское озеро – река Нева – Финский залив в канун XXI века. СПб., 2000. 78 с.

Куликов Г. В., Жевлаков А. В., Бондаренко С. С. Минеральные лечебные воды СССР. М., 1991. 399 с.

Ладожское озеро. Критерии состояния экосистемы / Под ред. Н. Петровой, А. Тержевика. СПб., 1992. 325 с.

Ладожское озеро / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск, 2000. 489 с.

Ладожское озеро. Прошлое, настоящее, будущее / Под ред. В. А. Румянцева и В. Г. Драбковой. СПб., 2002. 328 с.

Лебедев В. А., Брагин С. В., Старкова В. Г. Оболочка распределенной коллекции знаний по экологии // Тр. Ин-та прикладных математических исследований КарНЦ РАН. Вып. 2. Петрозаводск, 2000а.

Лебедев В. А., Старкова В. Г., Брагин С. В. Система доступа к коллекции знаний по экологии региона // Тр. 2-й Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». Протвино, 2000б.

Литвиненко А. В., Гершензон Т. Е., Карпечко В. И. и др. Комплексное использование водных ресурсов Северного экономического района // Водные ресурсы Карелии и экология. Петрозаводск, 1992. С. 18–35.

Литвиненко А. В., Лозовик П. А., Филатов Н. Н. и др. Водохозяйственный комплекс Карелии и его влияние на экологическое состояние водных объектов // Инженерная экология. 1998а. № 5. С. 47–56.

Литвиненко А. В., Филатов Н. Н., Лозовик П. А., Карпечко В. А. Региональная экология: эколого-экономические основы рационального использования водных ресурсов Карелии // Инженерная экология. 1998б. № 6. С. 3–13.

Лифшиц В. Х. Динамика водных масс Большой губы Повенецкого залива Онежского озера // Охрана и использование водных ресурсов Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 43–56.

Лифшиц В. Х. Физико-географическая характеристика бассейна и некоторые элементы гидрологического режима Петрозаводской губы // Гидробиология Петрозаводской губы Онежского озера. Петрозаводск, 1980. С. 5–10.

Лозовик П. А., Сабылина А. В., Коваленко В. Н. и др. Гидрохимическая характеристика малых озер Карелии // Антропогенные изменения экосистем малых озер (причины, последствия, возможность управления). СПб., 1991. С. 34–37.

Лосев К. С. Вода. Л., 1989. 270 с.

Лось Е. И. Некоторые закономерности формирования подземного стока Карелии (на примере озерно-речной системы Шуи) // Водные ресурсы. 1977. № 1. С. 106–118.

Лукашев В. К. Геологические аспекты охраны окружающей среды. Минск, 1987. С. 26–59.

Лукашов А. Д. Новейшая тектоника Карелии. Л., 1976. 109 с.

Малявкин А. Н. Подземное питание рек Карелии. Петрозаводск, 1966. 112 с.

Медико-географический справочник Карельской АССР. Петрозаводск, 1990. 195 с.

Меншуткин В. В., Показеев К. В., Филатов Н. Н. Физика и экология озер. Т. 2. Экология. 2004. 278 с.

Металлогения Карелии / Отв. ред. С. И. Рыбаков, А. И. Голубев. Петрозаводск, 1999. 340 с.

Моисеенко Т. И., Петрова Н. В. Изменение химического состава поверхностных вод Кольского Севера под влиянием кислых осадков // Эколого-географические проблемы Кольского Севера. Апатиты, 1992. С. 3–12.

Молчанов И. В., Былинкина В. Н., Викулина З. А., Горшунова Т. А. Онежское озеро. Л., 1946. 207 с.

Никаноров А. М. Гидрохимия. Л., 1989. 352 с.

Озиранский С. Л. Проблемы формирования отрасли «Водное хозяйство» // Проблемы водного хозяйства СССР в отдаленной перспективе. М., 1979. С. 526–546.

Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск, 1999. 294 с.

Петрова Н. А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. Л., 1990. 198 с.

Перельман А. И. Геохимия. М., 1979. 423 с.

Пирожкова Г. П. Источники формирования гидрохимического состава Кондопожской губы Онежского озера // Лимнология Кондопожской губы Онежского озера. Петрозаводск, 1985. С. 47–63.

Пирожкова Г. П. Гидрохимический режим озера и его изменение под влиянием антропогенного воздействия // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. С. 95–146.

Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01. М., 2002.

Поленов И. К., Устинов Г. Н. Оценка подземного питания рек Карелии методом расчленения их гидрографов // Сб. работ по гидрологии. Л., 1980. № 15. С. 53–61.

Порядин А. Ф. Развитие водоснабжения в России. XX век. М., 2003. 96 с.

Расплетина Г. Ф. Гидрохимический режим озера и его изменения под влиянием антропогенного воздействия // Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера. Л., 1982. С. 79–101.

Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии / Под ред. А. В. Иешиной, И. К. Поленова и др. Петрозаводск, 1987. 151 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л., 1965. 700 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. Л., 1972. 528 с.

Ручьев А. М. и др. Отчет за первый этап работ по комплексному гидрохимическому и санитарно-гигиеническому обследованию родников, колодцев и скважин в г. Петрозаводске. Петрозаводск, 1993 (Фонды ИВПС КарНЦ РАН).

Сабылина А. В. Тенденция изменения качества вод северной части Повенецкого залива Онежского озера в результате активизации хозяйственной деятельности на водосборе // Большая губа Повенецкого залива Онежского озера. Петрозаводск, 1992. С. 18–33.

Савицкий А. В., Титов В. К., Мельников В. К. Уран, торий, калий в горных породах Карелии и вопросы радиоэкологии // Геология и охрана недр Карелии. Петрозаводск, 1992. С. 99–113.

Сает Ю. А., Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. Геохимия окружающей среды. М., 1990. 335 с.

Самарина В. С., Гаев А. Я. и др. Техногенная метаморфизация химического состава природных вод (на примере эколого-гидрогеохимического картирования бассейна р. Урал, Оренбургская область). Екатеринбург, 1999. 444 с.

С водой на «Вы». М., 2003. 93 с.

Сидоров И. Н. Вода на садовом участке. СПб., 2002. 381 с.

Скакальский Б. Г., Фертман П. Я. Оценка влияния антропогенных факторов на химический состав воды в реках бассейна Балтийского моря // Тр. ГГИ. Вып. 283. 1982. С. 82–111.

Смыслов А. А., Титов В. К. Роль регионального метаморфизма в формировании радиогеологической зональности земной коры // Изв. АН СССР, сер. геол. 1967. № 11.

Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. / Отв. ред. Н. Н. Филатов, Т. П. Куликова, П. А. Лозовик. Петрозаводск, 1998. 188 с.

Соколов А. А. Вода: проблемы на рубеже XXI века. Л., 1986. 165 с.

Токарев А. Н. Основные закономерности формирования природных радиоактивных вод // Закономерности формирования подземных вод. М., 1975. С. 88–100.

Тушинский С. Г. Качество природных вод: наблюдение и прогнозирование / Итоги науки и техники, сер. «Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов». Т. 18. М., 1987. 238 с.

Тюнкинен В. П. Вода и здоровье населения Карелии. Хельсинки; Петрозаводск, 1999. 88 с.

Тютюнова Ф. И. Гидрогеохимия техногенеза. М., 1987. 335 с.

Филатов Н. Н. Гидродинамика озер. СПб., 1991. 191 с.

Филатов Н. Н. Изменения климата Восточной Фенноскандии и уровня воды крупнейших озер Европы. Петрозаводск, 1997. 147 с.

Филатов Н. Н., Лозовик П. А., Литвиненко А. В. Водные системы Карелии // Экологические проблемы Северо-Запада России и пути их решения. СПб., 1997. С. 86–115.

Филатов Н. Н., Литвиненко А. В., Регеранд Т. И. и др. Исследования ИВПС КарНЦ РАН по международному проекту «Улучшение питьевого водоснабжения Республики Карелия за счет использования подземных вод» // Тр. 4-й Междунар. конф. «Акватерра». СПб., 2001. 181 с.

Форш-Меншуткина Т. Б., Шерман Э. Э., Ульянова Д. З. Гидрохимия Онежского озера и его притоков. Л., 1973. С. 130–238.

Фрумин Г. Т. Оценка состояния водных объектов и экологическое нормирование. СПб., 1998. 95 с.

Хохлова Т. Ю., Антипин В. К., Токарев П. Н. Особо охраняемые природные территории Карелии. Петрозаводск, 2000. 312 с.

Чеботарев А. И. Гидрологический словарь. Л., 1978. 308 с.

Черняев А. М. Поэзия и проза воды. Екатеринбург, 1996. 274 с.

Черняева Ф. А. Морфометрические характеристики Онежского озера // Тепловой режим Онежского озера. Л., 1973. С. 7–24.

Четвертичная геология и геоморфология восточной части Балтийского щита. Л., 1972. 127 с.

Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л., 1990. 264 с.

Airaksinen J. U. Maa- ja pohjavesihydrologia. Kustannusosakeyhtiö Pohjoinen, Oulu, 1978. 248 s.

Allan R. J., Ball A. J. An overview of toxic contaminant concentrations in water and sediments of the Great Lakes. NWRI Contribution, 1989. N 89–38.

Antikainen S., Vuoristo H. Suomen pintavesien laatu 1990-luvun puolivälissä. Vesitalous 2/2000. Porvoo, 2000.

Asikainen U. Natural radioactivity of ground water and drinking water in Finland. Inst. Radiat. Protect. Helsinki. STL-A39, 1981. 65 p.

Aurola E. et al. (toim. Rankama, Kalervo). Suomen geologia. Helsinki, 1964.

A water quality assessment of the Former Soviet Union / Ed. V. Kimstach et al. E&FN Spon. London; New York, 1998. 661 p.

Britschgi R., Gustafsson J. (toim.). Suomen luokitellut pohjavesialueet. Suomen ympäristö 55. Helsinki, 1996. 348 s.

Britschgi R., Hatva T., Suomela T. Pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitusohjeet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja B. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki, 1991. 60 s.

Chandler D. C. The St. Lawrence Great Lakes // Verh. Intern. Ver. theor. und angew. Limnol. Bd. 15. 1994. P. 59–75.

Climate of Europe. First European Climate Assessment. ECSN. 1995. 73 p.

Durand P., Lolong F., Neat C. Comparison and significance of annual hydrochemical budgets in three small granltic catechumens with contrasting vegetation (Mont-Lozere, France) // Environ. Pollut. 75, N 2. 1992. P. 223–228.

Ecological information systems in Russian Federation. Estimation of OESR. Paris, 1996. 105 p.

Ekholm M. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarjat. Helsinki, 1993.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23. lokakuuta 2000. yhteisön vesipolitiikan puitteista. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti L327, 2000.

Gustafsson J., Waris R., Rönkä E. Vesipolitiikan puitedirektiiviin perustuva pohjavesivarojen hallinta. Selvitys Lahden ja Nurmijärven alueelta. Suomen ympäristökeskuksen moniste 270. Suomen ympäristökeskus. Helsinki, 2002. 91 s.

Gylden Cl. W. Suomenmaan joet ja järvet. Suomi, II jakso, 1. Helsinki, 1863.

Haimi P. Monitoring of water objects in Republic of Karelia. Pohjois-Karelialan ymaparistokesuksen monisteita. 1996. 56 p. (In Finnish and Russian).

Hakala J. Järvirekisteri. Verkkosivu. Helsinki, 2001.

Hatva T., Hyyppä J., Ikäheimo J. et al. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- rakennusosasto. Tutkimusraportti 1/1993. Helsinki, 1993. 58 s.

Hornbeck James W. Comparative impacts of forest harvest and acid precipitation on soil and streamwater acidity // Environ. Pollut. 77, N 2–3. 1992. P. 151–155.

Hukka J., Katko T. Yksityistäminen vesihuollossa? Kunnallisalan kehittämissäätiö. Helsinki, 1999.

Hukka J., Katko T. Vesihuollon yksityistäminen ei ole ihmelääke. Artikkeli. Suomen Kuvalehti 35/2003.

Hyvärinen V. (toim.). Hydrologian vuosikirja 1994. Hydrological yearbook 1994. Suomen ympäristö 176. Helsinki, 1998.

Hyvärinen V. et al. Hydrologiaa 90 vuotta. Hydrografinen toimisto perustettiin vuonna 1908. Helsinki, 1998.

Järvenpää P. Havaintoja vesiteistä ja vesiliikenteestä. Ajankohtaista ympäristöstä Pohjois-Savossa 2/2000. Kuopio, 2000.

Kite G. Analyzing hydrometeorological time series for evidence of climate change // J. Nordic Hydrology. 1993. N 24. P. 135–150.

Korkkaniemi K. et al. Valtakunnallinen kaivovesitutkimus. Vesi- ja ympäristöhallitus, Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki, 1993. 228 s.

Koskinen S., Waris R. Vedenhankintaa koskeva lupa ja sen määräykset. Ympäristöopas 80. Suomen ympäristökeskus. Helsinki, 2000. 162 s.

Kuokkanen T. EY:n ympäristölainsäädännön vaikutus Suomen lainsäädäntöön. Vesitalous 2/2001. Forssa 2001.

Kuusisto E. International river basins and the use of water resources. Finnish Environment Institute. Helsinki, 1998.

Kuusisto E. Suomi on EU:n vähäsateisin maa // Helsingin Sanomat 14.9.2002.

Kuusisto E. Maailman vesipäivä 19.3.2003. Suomen vesiyhdistyksen seminaariesitelmä.

Kysymyksiä kaivoista – Frågor om brunnar. Ympäristöopas 86. Suomen ympäristökeskus & Edita Oyj. Helsinki, 154 s.

Lahermo P., Ilmasti M., Juntunen R., Taka M. The Geochemical Atlas of Finland. Part I. The hydrogeochemical mapping of Finnish groundwater. Espoo, 1990. 66 p.

Lahermo P., Juntunen R. Radiogenic properties of Finnish soils and ground waters /Symp. on Environmental Geochemistry in Northern Europe. Espoo, 1991. P. 257–269.

Lapinlampi T., Raassinen S. (toim.). Vesihuoltolaitokset 1998–2000. Viemärilaitokset. Suomen ympäristö 542. Helsinki, 2002a.

Lapinlampi T., Raassinen S. (toim.). Vesihuoltolaitokset 1998–2000. Vesilaitokset. Suomen ympäristö 541. Suomen ympäristökeskus. Helsinki, 2002b. 480 s.

Lapinlampi T., Sipilä A., Hatva T. et al. Kysymyksiä kaivoista – Frågor om brunnar. Ympäristöopas 86. Suomen ympäristökeskus & Edita Oyj. Helsinki, 2001. 154 s.

Limnology and Remote sensing. A contempîrary approach / Ed. K. Ya. Kondratyev, N. N. Filatov. London, 1999. 406 p.

Lozovik P., Basova S. Entrance of chemical substances with precipitation in Karelia // Acidification in inland water. 1994. N 188. P. 41–49.

Lozovik P., Raspletina G. Nutrients in lake monitoring in Russia // Peltonen A., Viljanen M. (eds.). Proceedings of a workshop on monitoring of large lakes. University of Joensuu, 1999. Publication of Karelian Institute 126. P. 64–74.

Maa-aineslaki 24.7.1981/555.

Maa-ainesasetus 5.2.1982/91.

MacIsaac H., Grigorovich I. Ponto-Caspian Invaders in the Great Lakes // J. Great Lakes Res. 1999. V. 25, N 1. P. 1–2.

Mälkki E. Ground-water flow velocity as an indicator of the permeability and internal structure of eskers. Finland. Helsinki, 1979. 42 p.

Mälkki E. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki, 1999. 304 s.

Mortsch L., Quinn F. Climate change scenarios for Great Lakes Basin ecosystem studies // Limnol. Oceanogr. 1996. Vol. 41, N 5. P. 903–911.

Niemelä J. (toim.). Suomen sora- ja hiekkavarojen arviointiprojekti 1971-78. Geologinen tutkimuslaitos. Tutkimusraportti N:o 42. Espoo, 1979. 119 s.

Novoselova O. A. Unified State ecological monitoring framework // J. Monitoring. 1995. N 2. P. 5–9 (In Russian).

OECD: The Price of Water. Trends in OECD countries. Paris, 1995.

OECD: Improving Water Management. Recent OECD experience. A Report to the Third World Water Forum. Paris, 2003.

Osiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Suomen säädöskokoelma, 401/2001.

Party S. P., Probst A., Dambrine E., Thomas A. L. Critical loads of acidity to surface waters in the Vosges Massif (north-east of France) // Water, air and soil pollut. 1995. 85, N 4. P. 2407–2412.

Pietilä P., Seppälä O. Vesihuollon alueellinen operointi. Bio- ja ympäristötekniikan laitos. Tampereen teknillinen korkeakoulu 2002.

Purhonen I. Uitto tänä päivänä Suomessa ja erityisesti Kallaveden alueella. Ajankohtaista ympäristöstä Pohjois-Savossa 2/2000. Kuopio, 2000.

Ranta H. (toim.). Ympäristölainsäädäntö 2001. Kauppakamari. Helsinki, 2001. 693 s.

Rautanen S.-L. Vesihuollon nykytila Suomessa ja viidessätoista muussa Euroopan maassa. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki, 1995.

Rönkä E. Drilled wells and ground water in the Precambrian crystalline bedrock of Finland. Publications of the National Board of waters. Finland. 1983. N 52. 57 p.

Särkioja A. Pohjavesivarat Pohjois-Savossa. Pohjois-Savon ympäristökeskus. Ajankohtaista ympäristöstä 2/99, Vesi vanhin voitehista. Kuopio, 1999. 51 s.

Schelske C. L. Silica and nitrate depletion as related to rate of eutrophication in lakes Michigan, Huron and Superior // Great Lakes Res. Divis. Collected Repr. 1976. V. 1/6. P. 160–181.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Suomen säädöskokoelma, 401/2001.

Soveri J. Influence of meltwater on the amount and composition of groundwater in Quaternary deposits in Finland. Publ. of the Water Res. Inst. 63. Nat. Board of Waters. Finland, Helsinki, 1985. 92 p.

Soveri J., Mäkinen R., Peltonen K. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihtelusta Suomessa 1975–1999. Suomen ympäristö 420. Helsinki, 2001. 382 s.

Soveri J., Soveri R. On fluoride and chromium concentrations in groundwater in Finland // Mineral Elements ´80. Proceedings. Part 1. A Nordic Symposium on Soil-Plant-Animal-Man Interrelationship to Human Health. Helsinki, December 1980. 1981.

Sullivan T. J., Charies D. F. et al. Quantification of changes in lakewater chemistry in response to acidic deposition // Nature. 1990. 345, N 6270. P. 54–58.

Suomela T. Vesipuitedirektiivin vaikutukset Suomen pohjavesiasioiden hoitoon. Seminaari 19.3.2003, Maailman vesipäivä. Helsinki, 2003. 4 s.

Suomen ympäristökeskus: Vesien laatu 1994–1997. Moniväriesite. Helsinki, 1999.

Taipale K., Saarnisto M. Tulivuorista jääkausiin. Suomen maankamaran kehitys. Porvoo, 1991.

The book of Canadian Lakes / Ed. R. Allan, M. Dockman, G. Gray, V. Cromie. The Canadian Association on water quality. Mon. Ser. N 3. 1994. 598 p.

The Great Lakes. An Environmental Atlas and Resource Book. US Env. Prot. Ag. And Env. Canada, 1987. 44 p.

The skeptical Environmentalist. Bjorn Lomborg. Cambridge Univ. press. 2002.

Timonen R., Marttunen M. Vesipolitiikan puitedirektiivin täytäntöönpano rakennetuissa ja säännöstellyissä vesistöissä. Vesitalous 2/2001. Forssa, 2001.

Vesipolitiikan puitedirektiivi. Vuoksen kokeilualue. Suunnitteluryhmän yhteenvetoraportti. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen moniste 41. Kuopio, 2002. 37 s.

Vesitalous 2/2000. Porvoo, 2000.

Viljanen M., Drabkova V., Filatov N. (Eds.). Report on Lake Ladoga Research in 1991–1993. Univ. Joensuu. Publ. Karelian Inst. 111. 1994. 165 p.

Vrba J., Zaporozec A. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. Int. Association Hydrogeologists // Hannover. Heise. 1994. V. 16. 131 p.

Water for People, Water for Life – UN World Water Development Report (WWDR). 2003, co published with Berghahn Books, UK. UNESCO Publishing's website: 36 p.

Webb J. R., Cosbi B. J., Galloway J. N., Hornberger M. Acidification of native brook troutstreaming Virginia // Water Resour. Res. 1989. V. 25, N 6. P. 1367–1377.

Ympäristöministeriö: Vesiensuojelun tavoitteet 2005 graafisesti esitettynä. 2 verkkosivua. Helsinki, 1998.

Zektser Z. Groundwater resources of the world and their use. IHP-V Technical Documents in Hydrology 18. UNESCO. Paris, 1998.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПЕРЕЧЕНЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ (по результатам исследований Института водных проблем Севера КарНЦ РАН 1997–2004 гг.)

Все перечисленные участки относятся к месторождениям подземных вод четвертичных отложений области ледниковой аккумуляции (флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения). Водоносные горизонты формируются в разнозернистых песках, безнапорные, залегают на небольшой глубине. Питание подземных вод осуществляется за счет атмосферных осадков, которые формируют естественные ресурсы, являющиеся основой эксплуатационных запасов. В ряде случаев источником пополнения эксплуатационных запасов подземных вод являются привлекаемые ресурсы поверхностных водоемов. Подземные воды не имеют естественной защиты от поверхностных источников загрязнения и требуют защитных мероприятий в пределах рассчитанных поясов зон санитарной охраны.

• ***Суоярви.*** Месторождение находится в 13 км к востоку от города, на правом берегу р. Шуи. Мощность водоносного горизонта 5 ÷ 10 м. Водопроводимость песков меняется от 200 до 800 м^2/сут. Качество воды соответствует нормативам, за исключением пониженного водородного показателя. Естественные ресурсы на площади 1,5 км^2 составляют 1000 м^3/сут. В формировании структуры эксплуатационных запасов месторождения дополнительным источником при работе инфильтрационного водозабора будут служить привлекаемые ресурсы оз. Ваганлампи. Запасы подземных вод в количестве 1 500 м^3/сут по категории C_1 утверждены в ТКЗ. Месторождение подготовлено к опытно-промышленной эксплуатации.

• ***Калевала.*** Оценка запасов подземных вод проводилась на двух участках. Первый участок расположен в 5 км к юго-востоку от поселка на правом берегу руч. Керкиеш. Мощность водоносного горизонта колеблется в пределах 8–12 м. Водопроводимость изменяется от 600 до 900 м^2/сут. Естественные ресурсы подземных вод на площади участка 2 км^2 составляют 2000 м^3/сут. Качество подземных вод соответствует нормативам, за исключением повышенного содержания железа. Запасы подземных вод в количестве 900 м^3/сут по категории C_1 утверждены в ТКЗ. Месторождение подготовлено к опытно-промышленной эксплуатации.

Второй участок расположен на западной окраине поселка на берегу оз. Ср. Куйто. Мощность песков колеблется от 7–8 до 18–20 м. Водопроводимость горизонта 1 500 м^2/сут. Вода характеризуется повышенным содержанием железа и марганца. Запасы подземных вод в количестве 2000 м^3/сут по категории C_1 утверждены в ТКЗ. Месторождение подготовлено к опытно-промышленной эксплуатации.

• ***Поросозеро.*** Месторождение расположено в 7 км к северо-западу от поселка на левом берегу р. Суны. Мощность водоносного горизонта – 8 ÷10 м. Водопроводимость горизонта меняется от 400 до 2000 м^2/сут. Эксплуатационные запасы обеспечиваются естественными ресурсами. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. Запасы подземных вод в количестве 720 м^3/сут по категории C_1 утверждены в ТКЗ. Месторождение подготовлено к опытно-промышленной эксплуатации.

• ***Лоухи.*** Месторождение расположено в 15 км к югу от поселка на берегу оз. Боярского. Мощность водоносного горизонта составляет 8–12 м. Водопроводимость горизонта изменяется от 600 до 900 м^2/сут. Естественные ресурсы на площади 1,5 км^2 составляют 1 500 м^3/сут. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям.

• ***Чупа.*** Месторождение расположено в 6 км к югу от поселка на южном берегу оз. Песчаного. Мощность водоносного горизонта составляет 5–8 м. Водопроводимость горизонта оценивается в 650–750 м^2/сут. Естественные ресурсы подземных вод на участке составляют 250 м^3/сут. Основным источником

восполнения запасов подземных вод являются воды оз. Песчаного. Качество подземных вод отвечает нормативным требованиям.

• ***Пряжа.*** Месторождение находится в 1,5 км к северу от поселка на северо-восточном берегу оз. Пряжинского. Мощность водоносного горизонта достигает 12–17 м. В области разгрузки подземные воды приобретают слабый напор. Проводимость горизонта – не менее 1000 м^2/сут. Естественные ресурсы подземных вод на площади 1,5 км^2 составляют 2 500 м^3/сут. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. Запасы подземных вод в количестве 2000 м^3/сут по категории C_1 утверждены в ТКЗ. Месторождение подготовлено к опытно-промышленной эксплуатации.

• ***Челмужи.*** Мощность водоносного горизонта колеблется от 5–6 до 20 м. Естественные ресурсы в радиусе 1 км от поселка составляют 1 200–1 400 м^3/сут. На всей площади развития подземные воды с глубины 1,0–1,5 м имеют повышенное содержание железа (1–10 мг/л) и заражены сероводородом, поэтому перед подачей потребителю требуют предварительной подготовки.

• ***Кижи.*** Участок расположен на о. Кижи, к западу от д. Ямки. Мощность водоносного горизонта составляет 4 м. Естественные ресурсы на площади 0,3 км^2 в количестве 400 м^3/сут обеспечивают заявленную водопотребность. Качество подземной воды отвечает нормативным требованиям, за исключением повышенных концентраций марганца. На участке построен колодец.

• ***Муезерский.*** Участок расположен в 0,5 км к северу от поселка. Мощность водоносного горизонта около 10 м. Водопроводимость составляет 500–600 м^2/сут. Естественные ресурсы на площади 1 км^2 оцениваются в 1 300 м^3/сут. Качество воды соответствует нормативным требованиям.

• ***Матросы.*** Участок расположен в 0,8 км к востоку от поселка, на правом берегу р. Шуи. Мощность водоносного горизонта в среднем 15 м. Водопроводимость песков – 500 м^2/сут. Естественные ресурсы на площади 0,8 км^2 оценены в 1000 м^3/сут. Качество подземной воды отвечает нормативным требованиям, за исключением повышенной концентрации железа.

• ***Эссойла.*** Участок расположен в 1,5 км к востоку от поселка, на берегу оз. Сямозеро (полуостров Азаннаволок). Мощность водоносного горизонта 14 м. Водопроводимость горизонта составляет 700 м^2/сут. Естественные ресурсы подземных вод на площади 0,8 км^2 оценены в 1 200 м^3/сут. Качество воды соответствует нормативным требованиям.

• ***Олонец.*** Участок расположен в 8 км к юго-востоку от города в районе оз. Ламберо. Мощность водоносного горизонта 15–20 м. Водопроводимость крупнозернистых песков колеблется от 800 до 1 200 м^2/сут. Естественные ресурсы на площади 3 км^2 обеспечивают заявленную водопотребность 3000 м^3/сут. Качество воды соответствует нормативным требованиям.

• ***Лендеры.*** Участок расположен в юго-западной части поселка, на берегу оз. Лендерского. Мощность водоносного горизонта составляет 7 м. Водопроводимость оценивается в 300 м^2/сут. Качество подземных вод соответствует нормативным требованиям. Естественные ресурсы на площади 0,4 км^2 оцениваются в 600 м^3/сут.

• ***Надвоицы.*** Месторождение находится в 3 км к юго-востоку от поселка на берегу залива Узкая Салми. Мощность водоносного горизонта 5–7 м. Естественные ресурсы составляют 300 м^3/сут. В формировании структуры эксплуатационных запасов месторождения при работе инфильтрационного водозабора основным источником будут служить привлекаемые ресурсы залива. Качество подземной воды отвечает нормативным требованиям, за исключением повышенных концентраций железа и марганца.

LIITE 1

HIEKKA- JA SORAKERROSTUMIEN POHJAVESIESIINTYMÄT (Karjalan tiedekeskuksen Pohjoisten alueiden vesistöongelmien tutkimuslaitoksen v. 1997–2004 tulosten mukaan)

Esitetyt pohjavesiesiintymät kuuluvat kvartäärikauden jääkautisiin kerrostumiin (glasifluviaaliset ja järviglasiaaliset). Vettäjohtavat kerrokset koostuvat erirakeisista hiekoista, ne ovat paineettomia ja ovat yleensä matalia. Sateet ovat mainittujen pohjavesien lähteet. Pohjavettä voidaan käyttää vesihuoltotarkoituksiin. Joissakin tapauksissa pohjavesivaroja voidaan lisätä käyttäen pintavesistöjä. Pohjavesillä ei ole luonnollista suojaa ja sen takia vedenottamot vaativat suojeluvyöhykkeiden perustamista.

- ***Suojärvi.*** Pohjavesiesiintymä sijaitsee 13 km kaupungista itään, Shujajoen oikealla rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 5–10 m. Hiekkojen vedenjohtavuus vaihtelee 200 ja 800 m^2/d välillä. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia pH ollessa hieman alhainen. Luonnolliset pohjavesivarat 1,5 km^2 alueella ovat 1000 m^3/d. Mikäli pohjavettä käytetään vesihuollossa voidaan myös käyttää Vaganjärven pintavettä tekopohjavedenottamon raakaveden lähteenä. Pohjavesivarat vastaavat C_1-luokkaa ja on arvioitu 1500 m^3/d tasolle. Esiintymä on jo hyväksytty alueellisen luonnonvarojen komission päätöksellä. Esiintymä on valmis koekäyttöön.
- ***Kalevala.*** Pohjavesivarat arvioitiin kahdella alueella. Ensimmäinen alue sijaitsee 5 km etäisyydellä taajamasta lounaiseen Kerkieshjoen rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 8–12 m. Hiekkojen vedenjohtavuus vaihtelee 600 ja 900 m^2/d välillä. Vedenlaatu vastaa normivaatimuksia, rautapitoisuus on hieman korkea. Pohjavesivarat vastaavat C_1-luokkaa ja ne on arvioitu 900 m^3/d tasolle. Esiintymä on jo hyväksytty alueellisen luonnonvarojen komission päätöksellä. Esiintymä on valmis koekäyttöön.

  Toinen alue sijaitsee taajaman länsipuolella Srednee Kuitti järven rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus vaihtelee 7–8 ja 18–20 m välillä. Hiekkojen vedenjohtavuus on 1500 m^2/d tasoa. Veden raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat kohonneet. Pohjavesivarat vastaavat C_1-luokkaa ja ne on arvioitu 2000 m^3/d tasolle. Esiintymä on jo hyväksytty alueellisen luonnonvarojen komission päätöksellä. Esiintymä on valmis koekäyttöön.
- ***Porosozero.*** Esiintymä sijaitsee 7 km etäisyydellä taajamasta luoteiseen Sunajoen vasemmalla rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 8–10 m. Hiekkojen vedenjohtavuus vaihtelee 400–2000 m^2/d. Luonnollista pohjavettä riittää vesihuoltotarpeisiin. Veden raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat kohonneet. Pohjavesivarat vastaavat C_1-luokkaa ja ne on arvioitu 720 m^3/d tasolle. Esiintymä on jo hyväksytty alueellisen luonnonvarojen komission päätöksellä. Esiintymä on valmis koekäyttöön.
- ***Louhi.*** Esiintymä sijaitsee 15 km etäisyydellä taajamasta etelään Bojarskoje järven rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 8–12 m. Hiekkojen vedenjohtavuus vaihtelee 600–900 m^2/d. Luonnollisia pohjavesivaroja 1,5 km^2 alueella on 1500 m^3/d. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia.
- ***Tchupa.*** Esiintymä sijaitsee 6 km etäisyydellä taajamasta etelään Peschanoje järven rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 5–8 m. Hiekkojen vedenjohtavuus vaihtelee 650–750 m^2/d välillä. Alueen luonnolliset pohjavesivarat on arvioitu 250 m^3/d tasolle. Peschanoje järven vettä suotautuu pohjavettäjohtaviin kerroksiin. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia.
- ***Prääsä.*** Esiintymä sijaitsee 1,5 km etäisyydellä taajamasta pohjoiseen Prjazhinskoje järven koillisrannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on maksimissaan 12–17 m. Pohjavesi purkautuu pienellä paineella. Hiekkojen vedenjohtavuus on ainakin 1000 m^2/d. Luonnolliset pohjavesivarat 1,5 km^2 alueella on arvioitu 2500 m^3/d tasolla. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia. Pohjavesivarat vastaavat C_1-luokkaa ja ne on arvioitu 2000 m^3/d tasolle. Esiintymä on jo hyväksytty alueellisen luonnonvarojen komission päätöksellä. Esiintymä on valmis koe- ja talouskäyttöön.
- ***Tchelmuzhi.*** Vettäjohtavan kerroksen paksuus vaihtelee 5–6 ja 20 m välillä. Luonnolliset pohjavesivarat 1 km^2 alueella on arvioitu 1200–1400 m^3/d tasolle. Koko alueella 1–1,5 m syvyydessä oleva pohjavesi sisältää paljon rautaa (1–10 mg/l) ja sen lisäksi rikkivetyä. Sen takia vesihuollossa tarvitaan talousveden esikäsittelyvaihetta.

• ***Kizhi.*** Esiintymä sijaitsee saarella Jamki-kylästä länteen. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 4 m. Luonnolliset pohjavesivarat 0,3 km^2 alueella on arvioitu 400 m^3/d tasolle, mikä riittää ilmoitettuun vedentarpeeseen. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia, paitsi mangaanipitoisuus on liian korkea. Alueelle on rakennettu kaivo.

• ***Mujezerski.*** Esiintymä sijaitsee 0,5 km etäisyydellä kylästä. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 10 m. Vedenjohtavuus on arvioitu olevan 500–600 m^2/d. Luonnolliset pohjavesivarat 1 km^2 alueella on arvioitu 1300 m^3/d tasolle. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia.

• ***Matroosa.*** Esiintymä sijaitsee 0,8 km etäisyydellä kylästä itään, Shujajoen oikealla rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 15 m. Hiekkojen vedenjohtavuus on arvioitu olevan 500 m^2/d. Luonnolliset pohjavesivarat 0,8 km^2 alueella on arvioitu 1000 m^3/d tasolle. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia, paitsi rautapitoisuus on korkea.

• ***Essoila.*** Esiintymä sijaitsee 1,5 km etäisyydellä kylästä itään, Säämäjärven rannalla (Azannavolok niemi). Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 14 m. Vedenjohtavuus on arvioitu olevan 700 m^2/d. Luonnolliset pohjavesivarat 0,8 km^2 alueella on arvioitu 1200 m^3/d tasolle. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia.

• ***Aunus.*** Esiintymä sijaitsee 8 km etäisyydellä kaupungista kaakkoon Lamberojärven rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 15–20 m. Karkean hiekan vedenjohtavuus vaihtelee 800 ja 1200 m^2/d välillä. Luonnolliset pohjavesivarat 3 km^2 alueella ovat riittävät kattamaan vesihuoltotarpeet eli 3000 m^3/d. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia.

• ***Lendery.*** Esiintymä sijaitsee kylän lounaisalueella Lenderskojejärven rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 7 m. Vedenjohtavuus on 300 m^2/d välillä. Luonnolliset pohjavesivarat 0,4 km^2 alueella on arvioitu 600 m^3/d tasolle. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia.

• ***Nadvoitsy.*** Esiintymä sijaitsee 3 km etäisyydellä kaakkoon kylästä Uzkaja Salmen rannalla. Vettäjohtavan kerroksen paksuus on 5–7 m. Alueen luonnolliset pohjavesivarat on arvioitu 300 m^3/d tasolle. Mikäli pohjavedenottamo rakennetaan, salmesta voidaan pumpata lisää vettä, pohjavesivarojen lisäämiseksi. Vedenlaatu vastaa vaatimuksia, raudan ja mangaanin pitoisuuksien ollessa korkeat.

ANNEX 1

LIST OF GROUNDWATER DEPOSITS IN SANDY SEDIMENTS (based on results of surveys carried out by the Northern Water Problems Institute, KRC of RAS in 1997–2004)

All listed locations are groundwater deposits in Quaternary sediments of the glacial accretion region (glaciofluvial and glaciolacustrine sediments). The aquifers form in multi-grained sands, are unconfined, shallow-bedded. Groundwater is recharged from precipitation, which builds up the natural reserves from which water can be drawn for human purposes. Occasionally, useable groundwater stores are recharged by drawing in surface waters. There exist no natural barriers to groundwater contamination from surface sources, wherefore measures must be taken within properly estimated sanitary protection zones.

• ***Suojärvi.*** The deposit is 13 km east of the town, on the right-hand bank of River Shuja. The aquifer is 5 ÷10 m thick. Hydraulic conductivity of the sands varies from 200 to 800 m^2/day. Water quality conforms to standard requirements with the exception of the hydrogen index. Natural reserves in the 1,5 km^2 area are 1000 m^3/day. An extra source of useable stores for the infiltration water intake facilities will be the water drawn in from Lake Vaganlampi. Regional National Resources Commission (RNRC) certified groundwater stores as 1500 m^3/day of category C_1 water. The deposit is ready for commercial operation in the trial mode.

• ***Kalevala.*** Groundwater stores were estimated in two sites. The first site is 5 km SE of the village, on the right-hand bank of Kerkiesh brook. The aquifer is 8–12 m thick. Hydraulic conductivity ranges from 600 to 900 m^2/day. Natural groundwater reserves in the 2 km^2 area are 2000 m^3/day. Groundwater quality conforms to standard requirements with the exception of the high iron content. RNRC certified groundwater stores as 900 m^3/day of category C_1 water. The deposit is ready for commercial operation in the trial mode.

The second site is situated on the western outskirts of the village, on the shore of Lake Srednee Kuito. The thickness of the sands varies from 7–8 to 18–20 m. The hydraulic conductivity of the aquifer is 1500 m^2/day. The water contains elevated iron and manganese concentrations. RNRC certified groundwater stores as 2000 m^3/day of category C_1 water. The deposit is ready for commercial operation in the trial mode.

• ***Porosozero.*** The deposit lies 7 km NW of the village, on the left-hand bank of River Suna. The aquifer is 8 ÷10 m thick. Hydraulic conductivity varies from 400 to 2000 m^2/day. Useable stores are derived from natural reserves. Groundwater quality conforms to standard requirements. RNRC certified groundwater stores as 720 m^3/day of category C_1 water. The deposit is ready for commercial operation in the trial mode.

• ***Louhi.*** The deposit lies 15 km south of the village, on Lake Boyarskoye shore. The aquifer is 8–12 m thick. Hydraulic conductivity varies from 600 to 900 m^2/day. Natural reserves in the 1,5 km^2 area are 1500 m^3/day. Groundwater quality conforms to standard requirements.

• ***Chupa.*** The deposit lies 6 km south of the village, on the southern shore of Lake Pestchanoye. The aquifer is 5–8 thick. Hydraulic conductivity of the aquifer is estimated at 650–750 m^2/day. Natural groundwater reserves in the site are 250 m^3/day. Groundwater stores are mainly recharged from Lake Pestchanoye. Groundwater quality conforms to standard requirements.

• ***Pryazha.*** The deposit lies 1,5 km north of the village, on the NE shore of Lake Pryazhinskoye. The aquifer is 12–17 m thick. Groundwater in the discharge area is slightly under pressure. Hydraulic conductivity of the aquifer is at least 1000 m^2/day. Natural groundwater reserves in the 1,5 km^2 area are 2500 m^3/day. Groundwater quality conforms to standard requirements. RNRC certified groundwater stores as 2000 m^3/day of category C_1 water. The deposit is ready for commercial operation in the trial mode.

• ***Chelmuzhi.*** The aquifer thickness ranges from 5–6 to 20 metres. Natural reserves within a 1 km radius around the village are 1200–1400 m^3/day. Throughout the area, groundwater from a depth of 1–1,5 m contains elevated iron

concentrations (1–10 mg/l) and is contaminated with hydrogen sulphide, wherefore pre-treatment is required prior to delivery to consumer.

- ***Kizhi.*** The site is situated on Kizhi Island, west of the village of Yamki. The aquifer is 4 m thick. Natural reserves in the 0,3 km^2 area amount to 400 m^3/day and satisfy the official water demand. Groundwater quality conforms to standard requirements with the exception of elevated manganese concentrations. A well was built in the site.
- ***Muezerskiy.*** The site is situated 0,5 km north of the village. The aquifer is ca. 10 m thick. Hydraulic conductivity is 500–600 m^2/day. Natural reserves in the 1 km^2 area are estimated at 1300 m^3/day. Water quality conforms to standard requirements.
- ***Matrosy.*** The site is situated 0,8 km east of the village, on the right-hand bank of River Shuja. The aquifer is 15 m thick on average. Hydraulic conductivity of the sands is 500 m^2/day. Natural reserves in the 0,8 km^2 area are estimated at 1000 m^3/day. Groundwater quality conforms to standard requirements with the exception of elevated iron concentrations.
- ***Essoila.*** The site is situated 1,5 km east of the village, on Lake Syamozero shore (Azannavolok peninsula). The aquifer is 14 m thick. Hydraulic conductivity of the aquifer is 700 m^2/day. Natural groundwater reserves in the 0,8 km^2 area are estimated at 1200 m^3/day. Water quality conforms to standard requirements.
- ***Olonets.*** The site is situated 8 km SE of the town, near Lake Lambero. The aquifer is 15–20 m thick. Hydraulic conductivity of the coarse-grained sands ranges from 800 to 1200 m^2/day. Natural reserves in the 3 km^2 area satisfy the official water demand of 3000 m^3/day. Water quality conforms to standard requirements.
- ***Lendery.*** The site is situated in the SW of the village, on Lake Lenderskoye shore. The aquifer is 7 m thick. Hydraulic conductivity is estimated at 300 m^2/day. Natural reserves in the 0,4 km^2 area are estima-ted at 600 m^3/day. Groundwater quality conforms to standard requirements.
- ***Nadvoitsy.*** The deposit lies 3 km SE of the village, on the shore of the Uzkaya Salmi Bay. The aquifer is 5–7 m thick. Natural reserves are 300 m^3/day. The main source of useable stores for the infiltration water intake facilities will be water drawn in from the bay. Groundwater quality conforms to standard requirements with the exception of elevated iron and manganese concentrations.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОТЧЕТЫ, ПОДГОТОВЛЕННЫЕ В РАМКАХ ПРОЕКТА И ПЕРЕДАННЫЕ РУКОВОДСТВУ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «УЛУЧШЕНИЕ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ»

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КАРЕЛИИ
Предварительный отчет 1
1997 г., Куопио

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КАРЕЛИИ
Резюме отчета
1997 г., Куопио

ОБЩИЙ ПЛАН ВОДОСНАБЖЕНИЯ СУОЯРВСКОГО РАЙОНА
Предварительный отчет 2
1997 г., Куопио

ОБЩИЙ ПЛАН ВОДОСНАБЖЕНИЯ СУОЯРВСКОГО РАЙОНА
Резюме отчета
1997 г., Куопио

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И РАБОТЕ С ОТХОДАМИ В МЕСТНОСТЯХ РАССРЕДОТОЧЕННОГО ПОСЕЛЕНИЯ
Предварительный отчет 3
1997 г., Куопио

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. СУОЯРВИ
1998 г., Куопио

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ о. КИЖИ
1998 г., Куопио

ВОДОСНАБЖЕНИЕ г. СУОЯРВИ
Описание работ и материалов по строительству колодцев на основе использования бетонных колец
1998 г., Куопио

ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ПОИСКУ И ОЦЕНКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ С ЦЕЛЬЮ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ
(г. СУОЯРВИ)
1998 г., Петрозаводск

СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЩЕСТВЕННОГО БИОТУАЛЕТА НА о. КИЖИ

1998 г., Хельсинки
ЗДОРОВЬЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ
1999 г., Хельсинки

ВОДОСНАБЖЕНИЕ о. КИЖИ
Описание плана работ и необходимых материалов
1999 г., Куопио

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД г. СУОЯРВИ
ПРОБНАЯ ОТКАЧКА КОЛОДЦЕВ
1999 г., Куопио

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. КЕСТЕНЬГА
1999 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ДЕРЕВЯНКА
1999 г., Петрозаводск

ВОДОВОД ДО г. СУОЯРВИ. ПЛАН РАБОТ
2000 г., Куопио

ПРОЕКТ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. СУОЯРВИ
2000 г., Куопио

ПЛАН ПО СБОРУ, ХРАНЕНИЮ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НА о. КИЖИ
2000 г., Вааса

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ПОРОСОЗЕРО
(Подсчет запасов по состоянию на 01.07.2000 г.)
2000 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. КАЛЕВАЛА
(Подсчет запасов по состоянию на 01.05.2000 г.)
2000 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ЛОУХИ
2000 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ЧУПА
2000 г., Петрозаводск

РАЗВИТИЕ БАЗЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ. ЭТАП – I

2001 г., Вантаа
РАЗВИТИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ПРЯЖА
РАЗРАБОТКА ТРАССЫ ВОДОВОДА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТНОСТИ
2001 г., Куопио

РАЗРАБРОТКА ПРОЕКТА ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБ
В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ. БИЗНЕС-ПЛАН И ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ
2001 г., Хельсинки

РАЗВИТИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ПРЯЖА
СТАНЦИЯ ПОДЩЕЛАЧИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
2001 г., Куопио

РАЗВИТИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ПРЯЖА
ОРГАНИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ п. ПРЯЖА
2001 г., Куопио

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАННОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ВОДОЗАБОРА
ПЛАН ОХРАНЫ ТЕРРИТОРИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, р. ШУЯ
2001 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ
И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ЧЕЛМУЖИ
2001 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ
И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. НАДВОИЦЫ
2002 г., Петрозаводск

РАЗВИТИЕ БАЗЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ
ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ. ЭТАП – II
2002 г., Вантаа

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ
И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. КАЛЕВАЛА
(Подсчет запасов по состоянию на 01.09.2003 г.)
2003 г., Петрозаводск

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ. ПОИСКИ
И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ п. ПРЯЖА
(Подсчет запасов по состоянию на 01.01.2004 г.)
2004 г., Петрозаводск

LIITE 2

KARJALAN VEDENHANKINNAN KEHITTÄMINEN
RAPORTIT VUOSILTA 1997–2001

KARJALAN VEDENHANKINNAN KEHITTÄMISOHJELMA
Osaraportti 1
1997, Kuopio

KARJALAN VEDENHANKINNAN KEHITTÄMISOHJELMA
Tiivistelmä
1997, Kuopio

SUOJÄRVEN PIIRIN VEDENHANKINNAN YLEISSUUNNITELMA
Osaraportti 2
1997, Kuopio

SUOJÄRVEN PIIRIN VEDENHANKINNAN YLEISSUUNNITELMA
Tiivistelmä
1997, Kuopio

HAJA-ASUTUKSEN VESI- JA JÄTEHUOLLON OHJEISTO
Osaraportti 3
1997, Kuopio

SUOJÄRVEN POHJAVESITUTKIMUSRAPORTTI
1998, Kuopio

KIZHIN SAAREN VEDENHANKINTATUTKIMUSRAPORTTI
1998, Kuopio

SUOJÄRVEN KAUPUNGIN VEDENHANKINTA
Betonirengaskaivojen aine- ja työselitys
1998, Kuopio

KARJALAN TASAVALLAN HIEKKA- JA SORAKERROSTUMIEN POHJAVESIVAROJEN KÄYTTÖ VEDENHANKINNASSA. POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI JA TUTKIMUKSET (SUOJÄRVI)
1998, Petroskoi

YLEISÖKÄYMÄLÄN RAKENTAMINEN KIZHIN KIRKKOSAAREEN ÄÄNISELLÄ
1998, Helsinki

YMPÄRISTÖTERVEYS KARJALAN TASAVALLASSA
1999, Helsinki

KIZHIN SAAREN VEDENHANKINTA
SUUNNITELMASELOSTUS. AINE- JA TYÖSELITYS
1999, Kuopio

SUOJÄRVEN POHJAVESITUTKIMUSRAPORTTI
OTTAMOKAIVOJEN KOEPUMPPAUS
1999, Kuopio

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. KIESTINGA KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
1999, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. DEREVJANKA KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
1999, Petroskoi

SUOJÄRVEN KAUPUNGIN SIIRTOVESIJOHTO
Suunnitelmaselostus
2000, Kuopio

SUOJÄRVEN KAUPUNGIN VEDENOTTAMOIDEN SUUNNITTELU
2000, Kuopio

KIZHIN SAAREN JÄTEHUOLLON KEHITTÄMINEN
2000, Vaasa

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. PORAJÄRVEN KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
(Varojen arviot, tilanne 01.07.2000)
2000, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. KALEVALA KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
(Varojen arviot, tilanne 01.05.2000)
2000, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. LOUHI KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
2000, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. TSUPA KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
2000, Petroskoi

GIS-JÄRJESTELMÄÄN PERUSTUVAN HYDROLOGISEN JA LIMNOLOGISEN TIETOVARANNON KEHITTÄMINEN
2001, Vantaa

PRÄÄSÄN VESIHUOLTO. VESIJOHTOLINJAN LINJAUS JA MAASTOTUTKIMUSOHJE
2001, Kuopio

MUOVIPUTKEA VALMISTAVAN TEHTAAN PERUSTAMINEN KARJALAN TASAVALLTAAN. KANNATTAVUUSSELVITYS
2001, Helsinki

PRÄÄSÄN KAUPUNGIN VESIHUOLLON KEHITTÄMINEN
POHJAVEDEN ALKALOINTILAITOKSEN SIJOITUSVAIHTOEHTOJEN TARKASTELU
2001, Kuopio

PRÄÄSÄN KAUPUNGIN JA ELINTARVIKETEOLLISUUDEN VEDENHANKINTASUUNNITELMA
2001, Kuopio

SUOSITUKSET VEDENOTTAMON SUOJELUVYÖHYKKEEN MUODOSTAMISEKSI SUOJUJOEN POHJAVESIALUEEN SUOJELUSUUNNITELMA
2001, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. TSELMUZHI KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
2001, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. NADVOITSY KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
2002, Petroskoi

GROUNDWATER MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM FOR KARELIAN REPUBLIC, PHASE II. GIS-GROUNDWATER
2002, Vantaa

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. KALEVALA KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
(Varojen arviot, tilanne 01.09.2003)
2003, Petroskoi

KARJALAN TASAVALLAN SUURTEN TAAJAMIEN VEDENHANKINTA JA POHJAVESIVAROJEN ARVIOINTI. PRÄÄSÄN KYLÄN POHJAVESIVAROJEN ETSINTÄ- JA TUTKIMUSTULOKSET
(Varojen arviot, tilanne 01.01.2004)
2004, Petroskoi

ANNEX 2

REPORTS PREPARED WITHIN THE PROJECT AND DELIVERED TO REPUBLIC OF KARELIA AUTHORITIES FOR THE PROGRAMME IMPLEMENTATION «IMPROVEMENT OF DRINKING WATER SUPPLY IN REPUBLIC OF KARELIA»

KARELIAN WATER SUPPLY DEVELOPMENT PROGRAMME
Draft report 1
1997, Kuopio

KARELIAN WATER SUPPLY DEVELOPMENT PROGRAMME
Summary report
1997, Kuopio

GENERAL WATER SUPPLY PLAN FOR THE SUOJÄRVI DISTRICT
Draft report 2
1997, Kuopio
GENERAL WATER SUPPLY PLAN FOR THE SUOJÄRVI DISTRICT
Summary report
1997, Kuopio

METHODOLOGICAL GUIDELINES FOR ORGANIZATION OF WATER SUPPLY AND WASTE MANAGEMENT IN DISPERSED SETTLEMENT AREAS
Draft report 3
1997, Kuopio

GROUNDWATER SURVEYS FOR WATER SUPPLY TO THE TOWN OF SUOJÄRVI
1998, Kuopio

GROUNDWATER SURVEYS FOR WATER SUPPLY IN THE KIZHI ISLAND
1998, Kuopio

WATER SUPPLY TO THE TOWN OF SUOJÄRVI
Logistics of water well construction using concrete rings
1998, Kuopio

RESEARCH ACTIVITIES FOR PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES IN SANDY DEPOSITS WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO COMMUNITIES IN REPUBLIC OF KARELIA (SUOJÄRVI)
1998, Petrozavodsk

CONSTRUCTION OF A PUBLIC BIOTOILET ON KIZHI ISLAND
1998, Helsinki

ENVIRONMENTAL HEALTH IN THE KARELIAN REPUBLIC
1999, Helsinki

WATER SUPPLY IN THE KIZHI ISLAND
Action plan and logistics
1999, Kuopio

RECOMMENDATIONS FOR ORGANIZATION OF THE WATER INTAKE BUFFER ZONE. SHUJA RIVER GROUNDWATER AREA CONSERVATION PLAN
1999, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO KESTEN'GA
1999, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO DEREVYANKA
1999, Petrozavodsk

WATER CONDIUT TO THE TOWN OF SUOJÄRVI. ACTION PLAN.
2000, Kuopio

ENGINEERING DESIGN OF INTAKE FACILITIES FOR THE TOWN OF SUOJÄRVI
2000, Kuopio

WASTE COLLECTION, STORAGE AND PROCESSING PLAN FOR THE KIZHI ISLAND
2000, Vaasa

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO POROSOZERO
(Estimation of stores as of 01.07.2000)
2000, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO KALEVALA
(Estimation of stores as of 01.05.2000)
2000, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO LOUHI
2000, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO CHUPA
2000, Petrozavodsk

COMPILATION OF THE GIS-BASED HYDROLOGICAL AND LIMNOLOGICAL DATABASE. STAGE I
2001, Vantaa

DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY TO PRYAZHA.
WATER CONDUIT ROUTE DESIGN AND METHODS FOR TERRAIN SURVEYING
2001, Kuopio

DEVELOPMENT OF THE PROJECT FOR SETTING UP PLASTIC PIPE MANUFACTURING IN REPUBLIC OF KARELIA. BUSINESS PLAN AND COST EFFICIENCY ESTIMATION
2001, Helsinki

DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY TO PRYAZHA.
GROUNDWATER CAUSTICIZATION STATION
2001, Kuopio

DEVELOPMENT OF WATER SUPPLY TO PRYAZHA.
ORGANIZATION OF WATER SUPPLY TO FOOD INDUSTRY ENTERPRISES IN PRYAZHA
2001, Kuopio

GROUNDWATER SURVEY IN THE TOWN OF SUOJÄRVI.
WELL PUMPING TESTS
2001, Kuopio

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO CHELMUZHI
2001, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO NADVOITSY
2002, Petrozavodsk

COMPILATION OF THE GIS-BASED HYDROLOGICAL AND LIMNOLOGICAL DATABASE. STAGE II
2002, Vantaa

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO KALEVALA
(Estimation of stores as of 01.09.2003)
2003, Petrozavodsk

FINDINGS OF GROUNDWATER PROSPECTING AND ESTIMATION WITH VIEW TO DOMESTIC AND DRINKING WATER SUPPLY TO LARGE SETTLEMENTS OF REPUBLIC OF KARELIA. PROSPECTING AND ESTIMATION OF GROUNDWATER STORES FOR WATER SUPPLY TO PRYAZHA
(Estimation of stores as of 01.01.2004)
2004, Petrozavodsk

Научное издание

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ И ПУТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Опыт карельско-финляндского сотрудничества

Печатается по решению Ученого совета
Института водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН

Редакторы Л. В. Кабанова, М. А. Радостина
Оригинал-макет Г. А. Тимонен
Фото И. Ю. Георгиевского

Серия ИД. Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99 г. Сдано в печать 14.02.06. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times.
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 25,87. Усл. печ. л. 30,22. Тираж 500 экз. Изд. № 69. Заказ № 568.

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
Петрозаводск, пр. А. Невского, 50