

---

---

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ,  
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ**

---

---

УДК 556.55:004.9(470.22)

**АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗЕРА ВЫГОЗЕРО**

© 2014 г. А. В. Литвиненко, Н. Н. Филатов, М. С. Богданова, В. А. Карпечко,  
И. А. Литвинова, **Ю. А. Сало**

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН  
185030 Петрозаводск, просп. А. Невского, 50  
E-mail: aleks-litvinenko@mail.ru.; nfilatov@rambler.ru*

Поступила в редакцию 15.03.2012 г.

Показаны этапы антропогенной трансформации Выгозера. Даны гидрографическая и гидрологическая характеристики Выгозерско-Ондского водохранилища и его водосбора для различных этапов развития. Оценены современное состояние и динамика за 1985–2009 гг. хозяйственного использования водохранилища и водосбора с использованием ГИС-технологий (созданных базы данных и ГИС “Водопотребители Республики Карелия”).

*Ключевые слова:* Выгозерско-Ондское водохранилище, гидрологическая характеристика, антропогенная трансформация, хозяйственное использование, водопотребление, водоотведение, ГИС-технологии.

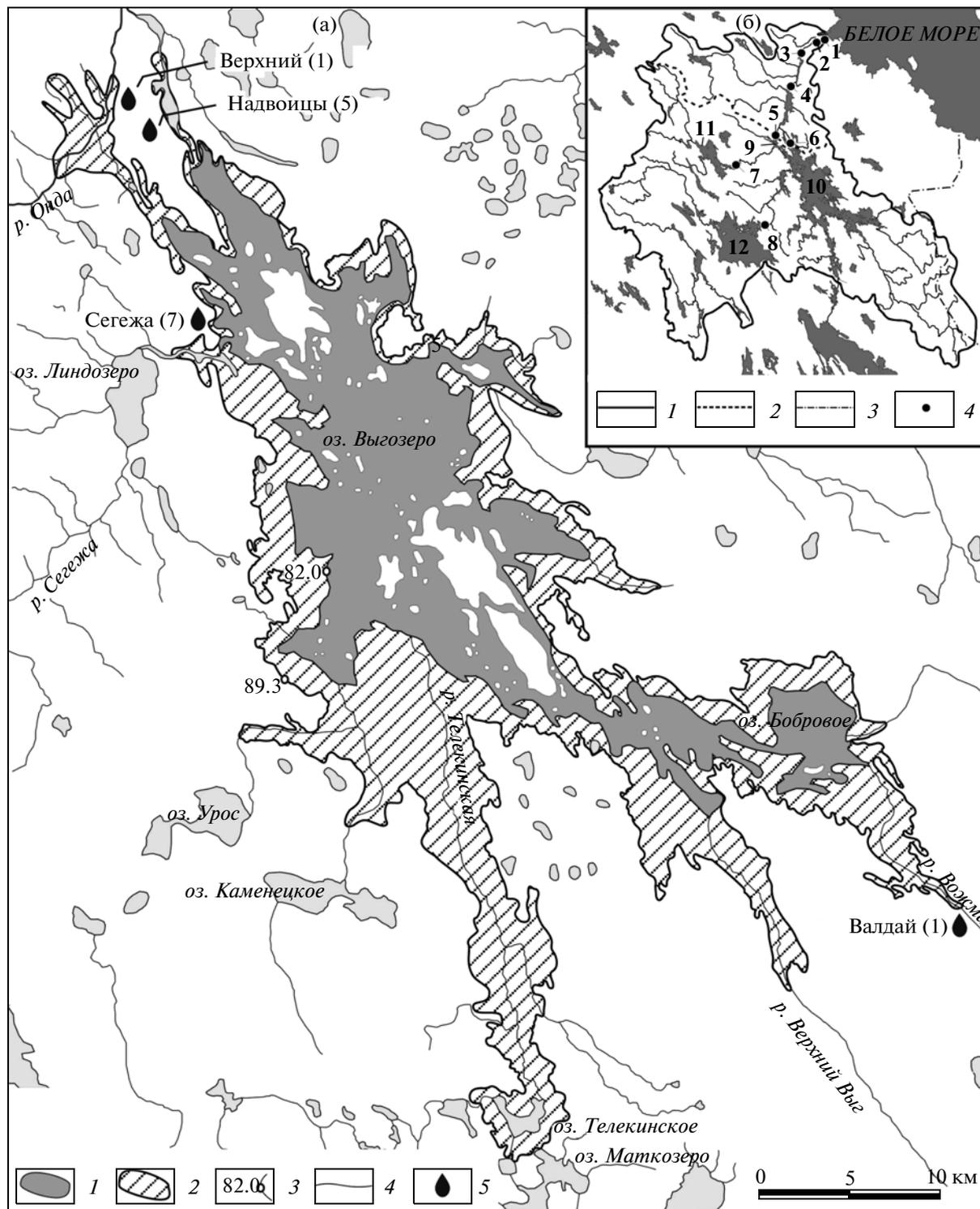
DOI: 10.7868/S0321059614040105

Гидроэнергетическое освоение водных объектов Карелии имеет длинную и интересную историю. Основу гидроэнергетического комплекса республики составляют четыре каскада ГЭС: Сунский, Выгский, Кемский и Ковдинский. Помимо них, в республике действуют еще несколько небольших (1–3 тыс. кВт) станций на реках Китенйоки, Янисйоки, Тулеме, Шуе. Все они построены до 1940-х гг. и расположены на территориях, отошедших к СССР после второй мировой войны. В пред- и послевоенные годы в республике активно строились так называемые сельские или колхозные ГЭС вблизи многих относительно крупных населенных пунктов [8]. В настоящее время развитие энергетики в Карелии возрождается. Поэтому использование имеющегося опыта строительства и эксплуатации гидроэнергетических комплексов в настоящее время очень актуально. В этом плане очень показателен самый крупный в Карелии каскад ГЭС – Выгский и его основа – Выгозерско-Ондское водохранилище.

Выгозеро – крупнейший водоем в бассейне р. Выг и один из самых больших по площади в Карелии – в естественном состоянии существовало до 1931 г. В результате хозяйственного освоения оно дважды претерпело изменения. Первое крупное преобразование связано со строительством в 1932 г. Беломорско-Балтийского канала (ББК), соединившего Белое море с Онежским оз. Выго-

зерское водохранилище, созданное в 1933 г. на базе Выгозера и ряда других более мелких озер путем повышения их уровня Надвоицкой регулирующей плотиной, стало частью трассы ББК (рис. 1).

В 1954 г. началось энергетическое использование водных ресурсов р. Нижний Выг и дальнейшее преобразование гидрографической сети. На р. Онде (притоке Нижнего Выга), в 9.5 км от устья сооружен Ондский гидроузел (г/у), подперший реку до уровня Выгозерского водохранилища. С использованием русла Тимошкина ручья был создан саморегулирующийся, с изменяющимся направлением течения Майгубский канал, соединивший верхний бьеф Ондской ГЭС с Выгозерским водохранилищем. Этот канал работает в двух режимах. В период весеннего половодья на турбины ГЭС поступают воды р. Онды, а воды р. Верхний Выг аккумулируются в Выгозере. В него же по каналу поступают ондские воды, не используемые на Ондской ГЭС. В маловодный период на указанную станцию подаются воды р. Онды и Выгозерского водохранилища, поступающие по каналу [5, 9]. Подобная схема – единственная в отечественном гидроэнергетическом строительстве (рис. 2). Таким образом, Выгозерско-Ондское водохранилище регулирует внутригодовой сток воды в створе Ондского г/у.



**Рис. 1.** Карта-схема водохозяйственного комплекса бассейна ББК: а – Выгозерско-Ондское водохранилище: 1 – Выгозеро в естественном состоянии (фрагмент карты северного района Беломорско-Балтийского водного пути, 1930 г., Национальный архив РК. Ф. 563. Оп. 1. Д. 18); 2 – современные очертания Выгозерско-Ондского водохранилища; 3 – отметка уреза воды; 4 – реки; 5 – современные водопотребители (в скобках – их количество в населенном пункте); б – бассейн р. Нижний Выг (ББК): 1 – границы бассейна; 2 – границы водосбора Выгозерско-Ондского водохранилища; 3 – границы Республики Карелии; 4 – гидротехнические сооружения и водохранилища Выгского каскада (ГЭС: 1 – Беломорская, 2 – Выгостровская, 3 – Маткоженская, 4 – Палокоргская, 5 – Ондская; плотины: 6 – Надвоицкая, 7 – Ондозерская, 8 – Сегозерская; водохранилища: 9 – Ондское, 10 – Выгозерское, 11 – Ондозерское, 12 – Сегозерское).

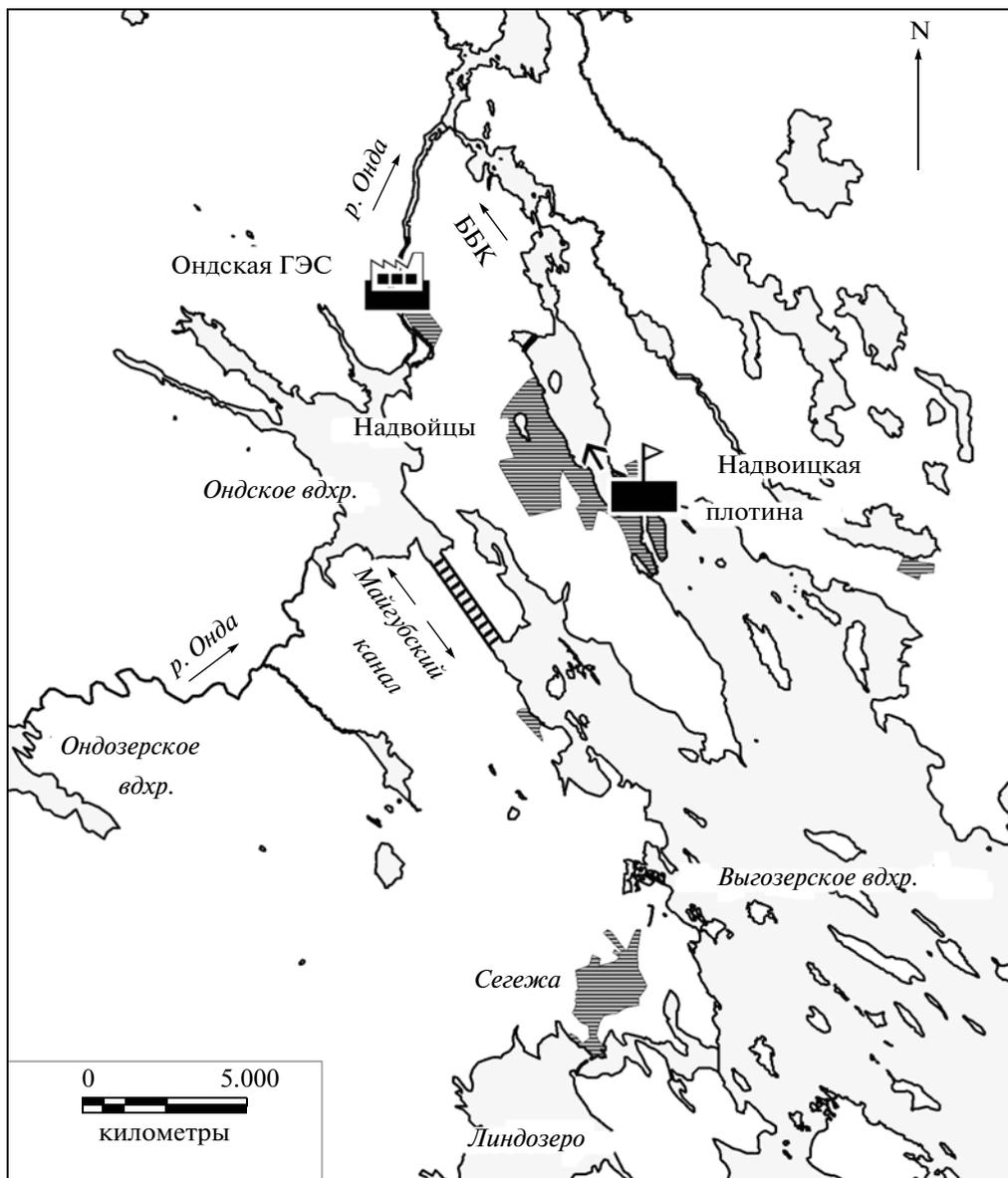


Рис. 2. Гидротехническая схема использования водных ресурсов Выгозерско-Ондского водохранилища.

Одновременно в истоке р. Сегежи, впадающей в Выгозерско-Ондское водохранилище, был сооружен Сегозерский г/у, плотина которого повысила уровень Сегозера на 6.3 м, создано водохранилище многолетнего регулирования стока. Это обеспечило бесперебойную работу каскада ГЭС, построенных в последующие годы на северном склоне ББК.

В результате реконструкции гидрографической сети в бассейне р. Нижний Выг – сооружения девяти гидроузлов – ряд его крупных озер (Выгозеро, Сегозеро, Ондозеро) превращены в водохранилища, образованы новые водоемы – верхние бьефы ГЭС (рис. 1). При этом затоплено

~900 км<sup>2</sup> территории, а озерность бассейна увеличилась на 4%. Уменьшились длины и площади водосборных территорий притоков Выгозера. Для озер, ставших водохранилищами, изменились морфометрия и удельный водосбор. Аккумулирующая способность озер увеличилась, а водообмен в результате аккумуляции дополнительных масс воды уменьшился. Практически весь сток поверхностных вод бассейна р. Нижний Выг зарегулирован [7, 10].

Современный гидрологический режим Выгозерско-Ондского водохранилища установился с 1957 г. Он зависит от режима работы Сегозерского, Надвоицкого, Ондозерского и Ондского г/у.

**Таблица 1.** Основные характеристики водохранилищ [10] с некоторыми уточнениями [4]

Характеристики	Водохранилища		
	Сегозерское	Выгозерское	Ондский бьеф
Гидроузел	Сегозерский	Надвоицкий	Ондский
Озеро, река	оз. Сегозеро	оз. Выгозеро	р. Онда
Год создания	1957*	1933	1956
Повышение уровня воды (подпор у плотины), м	6.0	6.3	26.0
Затопления территории при создании, км <sup>2</sup>	63	703	21
Характерные уровни:			
НПУ, м БС	120.00	89.30	89.30
УМО, м БС	114.85	88.35	87.40
Площадь зеркала, км <sup>2</sup>			
при НПУ	815	1250	21.21
при УМО	760	1150	15.62
Объем водных масс, км <sup>3</sup>			
полный	23.4	9.26	0.068
полезный	4.1	1.14	0.037
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	6640	20800	20800
Приток, км <sup>3</sup> /год	2.3	5.5	6.0
Коэффициент водообмена	0.10	0.59	88.2

\* Начало заполнения.

**Таблица 2.** Основные характеристики Выгозерско-Ондского водохранилища (вдхр) в различные периоды эксплуатации [7]

Название водоема	Период	Средний уровень, м БС	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	Глубина, м		Объем, км <sup>3</sup>
				средняя	максимальная	
оз. Выгозеро	до 1932 г.	82.7	561	6.1	18.0	3.4
вдхр. Выгозерское	1934–1955 гг.	88.8	1196	7.2	25.0	8.7
вдхр. Выгозерско-Ондское	1957–1974 гг.	89.1	1270	7.1	25.0	9.1

Сегозерский и Ондозерский г/у регулируют приточность, Надвоицкий и Ондский – сработку полезной емкости. Характеристика водохранилищ и гидроузлов приведена в табл. 1.

На протяжении 73 лет эксплуатации ББК существенно изменился гидрологический режим Выгозера, впадающих в него рек и озер на приустьевых участках.

В табл. 2 приведены основные гидрологические характеристики Выгозера на трех стадиях его существования [7]. График изменений среднего годового уровня Выгозера для указанных периодов приведен на рис. 3. Для периода естественного режима (1914–1932 гг.) средний уровень был равен 82.71 м Балтийской системы (БС), наибольший средний годовой отмечен в 1929 г. (83.01 м БС),

наименьший – в 1925 г. (82.46 м БС). Площадь водной поверхности Выгозера в этот период составляла 561 км<sup>2</sup> при средней и максимальной глубине 6.1 и 18.0 м соответственно.

После ввода в эксплуатацию Надвоицкой регулирующей плотины уровень воды в Выгозерском водохранилище поднялся в среднем до отметки 88.80 м БС. Площадь зеркала водохранилища возросла до 1196 км<sup>2</sup>, объем воды в котловине водохранилища увеличился с 3.4 до 8.7 км<sup>3</sup>. В течение первого периода регулирования (1932–1955 гг.) средний годовой уровень изменялся в пределах 88.55–89.26 (в среднем – 88.80) м БС. С 1957 г. уровень Выгозерско-Ондского водохранилища поднялся до 88.60–89.35 (в среднем до 89.14) м БС. Площадь водной поверхности и объ-

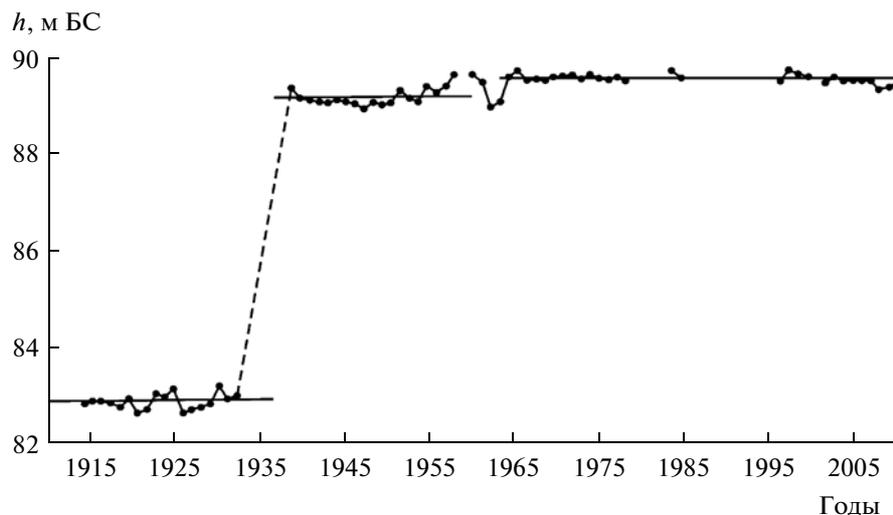


Рис. 3. Изменения среднего годового уровня воды Выгозера – Выгозерско-Ондского водохранилища за 1914–2004 гг.

ем воды в водохранилище увеличились до 1270 км<sup>2</sup> и 9.1 км<sup>3</sup> соответственно.

Схема регулирования водных ресурсов водохранилища, которая предусматривает обеспечение работы каскада Выгских ГЭС, представлена в [11]. В схеме установлены характеристики и условия регулирования уровня воды Выгозерско-Ондского водохранилища: поддержание уровней в диапазоне 89.30 (нормальный подпорный уровень, НПУ) – 88.35 м БС (уровень наибольшей сработки водохранилища перед половодьем – уровень мертвого объема, УМО), наполнение полезной емкости, обеспечение судоходных отметок (минимальный навигационный уровень – 89.15 м БС).

Внутригодовой ход уровня воды в водохранилище также изменился. Если для естественного режима были характерны два периода повышенных уровней воды (май–июнь и ноябрь), то в настоящее время не наблюдается четко выраженный осенний подъем (рис. 4). Вследствие регулирования горизонты воды в июне–декабре поддерживаются в интервале от минимального навигационного до НПУ.

Таким образом, по сравнению с периодом естественного режима средняя отметка уровня воды в водоеме поднялась с 82.71 до 89.06 м БС (средний годовой уровень за 2000–2004 гг.), или на 6.35 м; объем воды в котловине увеличился в 2.7 раза; изменился внутригодовой уровеньный режим водохранилища.

Наибольшее влияние на гидрологический режим приустьевых участков притоков водохранилища, в том числе рек Сегежи и Пезеги, а также Лин-

дозера, оказало существенное изменение площади зеркала объединенного Выгозерско-Ондского водохранилища. Приращение водной поверхности водохранилища (за счет затопления прилегающей территории и устьевых долин малых рек) по сравнению с периодом до 1931 г. составило 690 км<sup>2</sup>. Подпор приустьевой части р. Сегежи привел к выравниванию уровней воды в Выгозерском водохранилище и Линдозере со значительным увеличением площади зеркала последнего. Затопление приустьевых участков пойм малых притоков Линдозера наблюдается вплоть до порога Табой, находящегося в 26 км от устья р. Сегежи. В периоды повышения стока р. Сегежи возможно увеличение превышения уровня в Линдозере по отно-

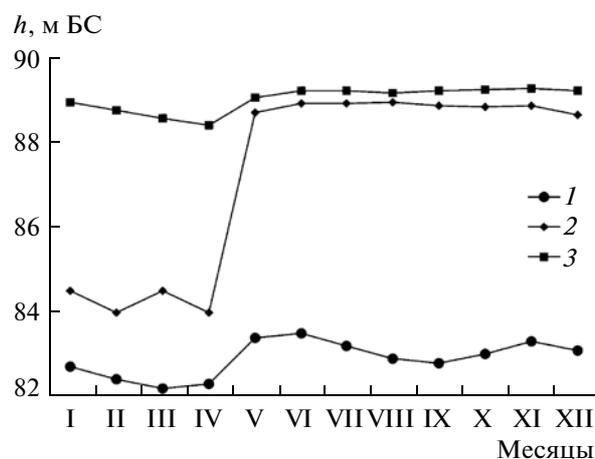


Рис. 4. Осредненный за характерные периоды внутригодовой ход уровня воды в Выгозерско-Ондском водохранилище: 1 – 1916–1917, 2 – 1938–1951, 3 – 2000–2005 гг.

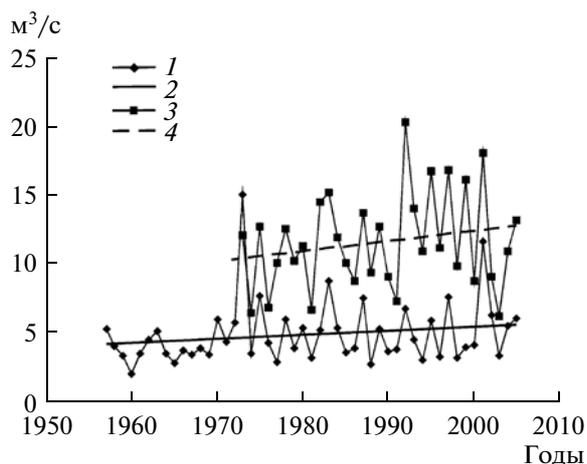


Рис. 5. Многолетняя динамика зимнего стока рек Выгозерского бассейна: 1 — Выг-Огорельши, 2 — линейный тренд Выг-Огорельши, 3 — Волома-Венгигора, 4 — линейный тренд Волома-Венгигора.

шению к Северному Выгозеру. Однако постоянного в течение года уклона водной поверхности р. Сегежи в приустьевой части не наблюдается. На современных топографических картах масштабов 1 : 200000 и 1 : 50000 средние многолетние отметки уровня воды Выгозера и Линдозера одинаковые — соответственно 89 и 89.3 м БС.

Для удовлетворения требований всех водопользователей уровень в Выгозерско-Ондском водохранилище должен поддерживаться в пределах 88.35–89.30 м БС. Наполнение полезной емкости в диапазоне проектных отметок проводится в апреле–мае с учетом прогноза ожидаемого половодья. Результат прогноза зависит от изученности стока, по этому бассейну она недостаточна. В разное время и с разной продолжительностью наблюдений в бассейне действовало почти 30 стоковых гидрометрических постов Гидрометеослужбы и других ведомств. Современная сеть постов освещает 71% площади водосбора. Почти 16% территории расположено ниже гидрометрических створов, 13% приходится на водосборные бассейны неизученных притоков и межбассейновые участки. Учет стока проводится в основном на крупных реках бассейна: Сегеже, Онде, Верхний Выг, Лужме, Воломе.

Реки бассейна отличаются значительной естественной зарегулированностью, обусловленной широким распространением на водосборах озер, болот и лесов. По внутригодовому распределению стока реки относятся к восточноевропейскому типу с высоким половодьем, низкой летней и зимней меженью, повышенным стоком в осенний период. Средний модуль годового стока составляет

10.0 л/(с км<sup>2</sup>), коэффициент вариации годового стока — 0.22–0.27. Для сравнения характеристик режимов рек был выбран период наблюдений с 1972 по 1989 г. — наиболее полно освещенный гидрологическими данными и с водностью, близкой к средней многолетней, вычисленной по рекам бассейна, имеющим большой ряд наблюдений.

Изученные водосборы различаются по физико-географическим условиям, что влияет на величину модуля и сезонное распределение стока рек. Особенно заметно влияет на сток озерность бассейнов. Реки с озерностью водосборов более 10% отличаются наиболее равномерным распределением стока во все сезоны: весной — 36–40, летом и осенью — 40–42, зимой — 18–20% годового стока [4]. На восточных притоках Выгозерско-Ондского водохранилища (р. Верхний Выг с притоком Лекса и р. Ундужа) с озерностью 1–2% доля весеннего стока — 55–61 (наиболее высокая), летнего и осеннего — 31–37, зимнего — 8–10% годового стока. Промежуточное положение занимают реки с озерностью 5–6% (Вожма, Онигма). В период весеннего половодья среднемесячные майские модули стока изменялись на реках бассейна от 22.4 до 51.0 л/(с км<sup>2</sup>). Наибольшие модули отмечаются на малоозерных реках восточной части водосбора. Меньшие значения среднего модуля стока в мае наблюдаются на озерных реках. Среднемесячные минимальные модули стока летней межени составляют от 3.6 до 12, зимней — 1.3–5.6 л/(с км<sup>2</sup>). Наименьший среднемесячный сток летней и зимней межени отмечается на реках Верхний Выг и Ундужа. Анализ динамики сезонного стока по рекам Верхний Выг и Волома показал увеличение водности в последние десятилетия в зимний период (рис. 5) и некоторое уменьшение в летне-осенний. В связи с повышением приземной температуры воздуха в последние десятилетия положительные тренды в динамике зимнего стока рек прослеживаются практически по всей стране [3]. Изменения сезонного стока на реках бассейна Выгозерско-Ондского водохранилища за различные периоды представлены в табл. 3, из которой видно, что за последние десятилетия увеличился зимний и весенний сток, а летне-осенний — уменьшился, но незначительно. Так, для р. Воломы за период 1990–2005 гг. доля зимнего стока в годовом объеме увеличилась на 1.9, весеннего — на 1.2, а летне-осеннего уменьшилась на 3.1% по сравнению с 1972–1989 гг. Сезонные изменения стока в конечном итоге определяют изменения и годового стока. На рис. 6 показаны многолетние колебания годового стока основных незарегулированных рек Выгского бассейна. Линейный

**Таблица 3.** Среднемесячный, сезонный и годовой сток рек за различные периоды (числитель – млн м<sup>3</sup>, знаменатель – %)

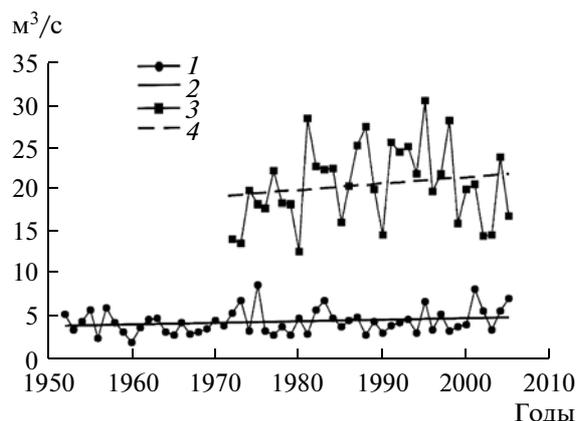
Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
р. Верхний Выг – д. Огорельши													
1952–2005 гг.													
Месяц	$\frac{12.2}{1.6}$	$\frac{8.6}{1.1}$	$\frac{8.3}{1.1}$	$\frac{103}{13.8}$	$\frac{316}{42.4}$	$\frac{46.7}{6.3}$	$\frac{27.6}{3.7}$	$\frac{30.2}{4.1}$	$\frac{43.9}{5.9}$	$\frac{72.5}{9.7}$	$\frac{53.4}{7.2}$	$\frac{23.8}{3.2}$	$\frac{746}{100}$
Сезон, %			7.1			62.4					30.5		100
1957–1989 гг.													
Месяц	$\frac{11.8}{1.6}$	$\frac{8.2}{1.1}$	$\frac{7.9}{1.1}$	$\frac{85.8}{11.5}$	$\frac{330}{44.0}$	$\frac{43.2}{5.8}$	$\frac{28.1}{3.7}$	$\frac{29.0}{3.9}$	$\frac{47.9}{6.4}$	$\frac{77.8}{10.4}$	$\frac{55.7}{7.4}$	$\frac{24.0}{3.2}$	$\frac{749}{100}$
Сезон, %			6.9			61.3					31.8		100
1990–2005 гг.													
Месяц	$\frac{13.2}{1.8}$	$\frac{9.4}{1.3}$	$\frac{9.6}{1.3}$	$\frac{154}{21.0}$	$\frac{276}{37.5}$	$\frac{51.3}{7.0}$	$\frac{26.3}{3.6}$	$\frac{28.4}{3.9}$	$\frac{29.9}{4.1}$	$\frac{59.1}{8.1}$	$\frac{52.3}{7.1}$	$\frac{25.4}{3.5}$	$\frac{734}{100}$
Сезон, %			7.8			65.5					26.7		100
р. Волома – д. Венгигора													
1972–2005 гг.													
Месяц	$\frac{30.7}{4.7}$	$\frac{24.0}{3.6}$	$\frac{24.5}{3.7}$	$\frac{45.2}{6.9}$	$\frac{148}{22.4}$	$\frac{74.8}{11.4}$	$\frac{51.7}{7.9}$	$\frac{49.6}{7.5}$	$\frac{52.3}{7.9}$	$\frac{60.6}{9.2}$	$\frac{54.2}{8.2}$	$\frac{43.3}{6.6}$	$\frac{659}{100}$
Сезон, %			18.6			40.6					40.8		100
1972–1989 гг.													
Месяц	$\frac{28.3}{4.4}$	$\frac{21.3}{3.3}$	$\frac{21.5}{3.3}$	$\frac{37.5}{5.8}$	$\frac{147}{22.9}$	$\frac{72.5}{11.3}$	$\frac{45.8}{7.1}$	$\frac{50.7}{7.9}$	$\frac{56.7}{8.8}$	$\frac{63.1}{9.8}$	$\frac{55.0}{8.6}$	$\frac{42.4}{6.6}$	$\frac{642}{100}$
Сезон, %			17.7			40.0					42.3		100
1990–2005 гг.													
Месяц	$\frac{33.3}{4.9}$	$\frac{27.0}{4.0}$	$\frac{27.8}{4.1}$	$\frac{53.7}{7.9}$	$\frac{148}{21.9}$	$\frac{77.5}{11.4}$	$\frac{58.4}{8.6}$	$\frac{48.3}{7.1}$	$\frac{47.3}{7.0}$	$\frac{57.8}{8.5}$	$\frac{53.4}{7.9}$	$\frac{44.4}{6.6}$	$\frac{677}{100}$
Сезон, %			19.6			41.2					39.2		100

тренд годового стока этих рек не имеет значимых тенденций.

Создание Сегозерского водохранилища в значительной мере изменило естественный режим р. Сегежи. В створе гидроузла минимальные расходы наблюдаются с декабря по май. Сток р. Сегежи в это время заполняет емкость Сегозерского водохранилища. С июня по ноябрь, когда уменьшается естественная приточность с водосбора, сток реки увеличивается за счет растущих попусков из водохранилища. Во внутригодовом распределении стока р. Сегежи наблюдается два максимума в устье: майский, обусловленный естественной приточностью с незарегулированной части водосбора, и более продолжительный с августа по октябрь, обусловленный сбросами из Сегежского водохранилища [10].

Приток в Выгозерско-Ондское водохранилище формируется в основном за счет стока р. Сегежи (50% общего притока). Доли рек Верхний Выг и Вожма составляют по ~25%. Сток р. Сегежи на 80% контролируется Сегозерским г/у.

Средний расход р. Сегежи в устье за 1957–2005 гг. составил 93.5 м<sup>3</sup>/с (2.95 км<sup>3</sup>/год). Воды реки играют основную роль в первичном разбавлении сточных вод Сегежского промузла (ЦБК и городского коммунально-бытового хозяйства), образовании транзитного стокового течения, формировании динамических процессов в северной части водохранилища [7]. Общий приток в Выгозерское водохранилище за этот же период составил в среднем 5.6 км<sup>3</sup>/год. Суммарный приток в Выгозерско-Ондское водохранилище за 1957–2005 гг. в среднем равен 6.8 км<sup>3</sup>/год.



**Рис. 6.** Многолетние колебания годового стока рек Выгозерского бассейна: 1 — Выг-Огорельши, 2 — линейный тренд Выг-Огорельши, 3 — Волома-Венгигора, 4 — линейный тренд Волома-Венгигора.

Сток из Выгозерско-Ондского водохранилища осуществляется в систему ББК на каскад Выгских ГЭС через Ондский (87%) и Надвоицкий (13%) г/у. Средний сток через Ондский г/у за 1957–2005 гг. составил 5.8 км<sup>3</sup>/год.

Внутригодовое распределение притока в Выгозерско-Ондское водохранилище зависит от сочетания режима р. Сегежи и естественной приточности с незарегулированной части водосбора. Максимальное поступление речных вод в водохранилище в апреле и, главным образом, в мае обусловлено стоком малых рек, в другие месяцы основную долю составляет сток р. Сегежи.

В настоящее время накоплены большие объемы информации по водным ресурсам Карелии и их использованию. В Институте водных проблем Севера КарНЦ РАН в программном продукте MapInfo 9.5 создана ГИС “Водные ресурсы Республики Карелии и их использование” [1, 2], состоящая из баз данных: “Водные объекты”, “Водосборные бассейны” и “Водопотребители”. База данных “Водопотребители” формируется для каждого отдельного года, в настоящее время созданы базы по 2002, 2003, 2005, 2007, 2008 и 2009 гг., что дает возможность анализировать динамику водо-

потребления, делать прогнозы развития водного хозяйства и т.д. Для указанной ГИС сформированы цифровые картографические слои: “Водосборные бассейны”, “Водоемы”, “Водотоки”, “Водопотребители”, “Забор воды”, “Сброс сточных вод”, “Химические показатели сточных вод”, содержащие как картографическую, так и атрибутивную информацию. Для работы с ГИС разработана система запросов, которая позволяет оперативно получать необходимую информацию, находить нужные выборки данных за отдельный год или в динамике по годам, создавать отчеты, графики, диаграммы и тематические карты.

ГИС “Водные ресурсы Республики Карелии и их использование” позволила выполнить оценку современного состояния и динамики использования водных ресурсов Выгозерско-Ондского бассейна.

В 2009 г. централизованный забор воды для нужд населения и отраслей экономики в целом по бассейну составил 42.3 млн м<sup>3</sup> (19.1% общего забора по Республике Карелии) (табл. 4). Вся информация по водопотреблению и водоотведению в бассейне, как в целом, так и по отдельным водным объектам, рассчитана по данным Государственной статистики.

Водопотребители распределены по бассейну очень неравномерно (рис. 1). Выделяется только один крупный промышленный центр — г. Сегежа, на который приходится 95% всей забранной по бассейну воды. Водозабор осуществляется из Выгозерско-Ондского водохранилища — Линдозера. В городе сосредоточено все промышленное водопотребление бассейна, которое составляет 36.1 млн м<sup>3</sup> (88% воды, использованной по бассейну в целом). Главный водопотребитель — градообразующее предприятие Сегежский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК), основанный в 1939 г.

Динамика промышленного водопотребления на территории бассейна отражает изменения экономической ситуации в стране и в регионе (рис. 7а).

В 1990-е гг. объем промышленного производства на Сегежском ЦБК резко сократился. К

**Таблица 4.** Структура водопотребления по бассейну Выгозерско-Ондского водохранилища (2009 г.), млн м<sup>3</sup> (здесь и далее собственные хозяйственно-питьевые нужды промышленности включены в промышленное водопотребление)

Водный объект	Забрано воды	Использовано воды всего	Водопотребление	
			коммунально-бытовое	промышленное
оз. Выгозеро	2.1	2.0	1.8	0.1
р. Сегежа	40.1	40.1	4.1	36.0
Итого	42.2	42.1	6.0	36.1

1997 г. выпуск продукции этого предприятия снизился до минимального и составил 11% от максимума, достигнутого в 1988 г. Затем производство расширилось вплоть до 2007 г., когда достигло 49% от уровня наиболее продуктивного 1988 г. Потом производство продукции снова пошло на убыль и к 2009 г. уменьшилось на 18% по сравнению с 2007 г. Объем промышленного водопотребления все это время менялся практически пропорционально объему продукции (рис. 7а).

Централизованное коммунально-бытовое водопотребление на водосборе развито только в нескольких относительно крупных населенных пунктах. Основной водопотребитель – г. Сегежа. Объем этого вида водопотребления на протяжении многих лет менялся слабо (рис. 7а). С 1985 по 2009 г. он снизился примерно на 1 млн м<sup>3</sup>/год.

Сельскохозяйственное водопотребление на территории бассейна в конце XX в. было незначительно и в среднем составляло ~0.3 млн м<sup>3</sup>/год, а с 2000 г. оно практически прекратилось.

В последние годы во многих озерах бассейна активно стало культивироваться искусственное выращивание ценных пород рыб, в связи с чем существенно возросли объемы рыбохозяйственного водопотребления. Уже на сегодняшний день Карелия производит почти 80% товарной форели России.

Водоотведение на территории бассейна в настоящее время представляет собой промышленные и коммунально-бытовые сточные воды. Общий объем сбросов в бассейне в 2009 г. составил 39.4 млн м<sup>3</sup> (17% общего сброса Карелии) (табл. 5). Большая часть (86.8%) загрязненных стоков проходит очистку, хотя и в недостаточной степени, 13.2% – сбрасываются без очистки.

Непосредственно в водные объекты бассейна (в основном в Выгозерско-Ондское водохранилище) в 2009 г. сброшено 38.2 млн м<sup>3</sup> сточных и дренажных вод, из них неочищенных – 4.0 и недостаточно очищенных – 34.2 млн м<sup>3</sup>. Остальной объем сбрасывается в накопители (выгреба) и на рельеф. Динамика водоотведения полностью коррелирует с динамикой водопотребления (рис. 7б).

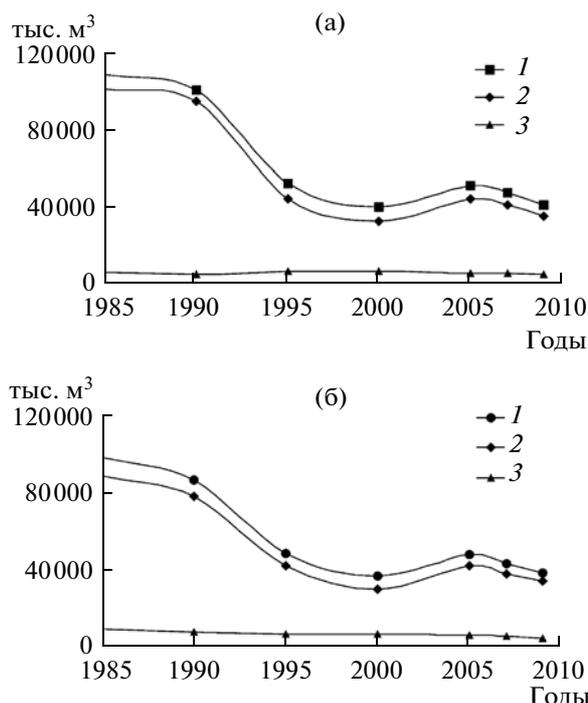


Рис. 7. Динамика водопотребления и водоотведения в Выгозерско-Ондском бассейне. а – водопотребление: 1 – всего, 2 – промышленное, 3 – коммунально-бытовое; б – водоотведение: 1 – сброшено всего, 2 – сточные воды недостаточно очищенные, 3 – сточные воды без очистки.

Девять десятых недостаточно очищенных сточных вод составляют промышленные сбросы Сегежского ЦБК, остальная часть – коммунально-бытовые сточные воды г. Сегежи. Следует отметить, что в течение 37 лет (1939–1976 гг.) сточные воды Сегежского ЦБК не очищались. В 1976–1979 гг. были построены недостаточно эффективные биологические очистные сооружения [6, 12]. Из-за доминирующей роли Сегежского ЦБК в образовании этого вида стоков изменение их объема со временем в точности повторяет изменение объема производства ЦБК (табл. 5).

Существенный ущерб экологии территории водосбора причиняют сточные воды без очистки (77% – Сегежский ЦБК в Выгозерско-Ондское водохранилище, 22% – Сегежские коммунальные

Таблица 5. Сброс и очистка сточных и дренажных вод по бассейну Выгозерско-Ондского водохранилища (2009 г.)

Место сброса	Сброшено вод, млн м <sup>3</sup>		
	всего	без очистки	недостаточно очищенных
Выгозерско-Ондское вдхр	38.2	4.0	34.2
Выгреба и рельеф	1.2	1.2	0.0
Итого по бассейну	39.4	5.2	34.2

системы в накопители (выгреба) и на рельеф, остальную часть — коммунально-бытовые предприятия небольших населенных пунктов).

Сброс сточных вод без очистки с 1985 по 2009 г. уменьшился более чем вдвое — в основном за счет уменьшения сброса стоков этой категории на ЦБК.

### ВЫВОДЫ

В XX в. один из крупнейших водоемов Карелии — оз. Выгозеро претерпел крупную антропогенную трансформацию в связи с гидротехническим освоением бассейна р. Нижний Выг — ББК (гидроэнергетика, водный транспорт). Возникли новые водные объекты: на базе естественных озер — котловинные Выгозерское, Сегозерское и Ондозерское водохранилища; на реках Нижний Выг и Онда — ряд небольших долинных водохранилищ (Беломорское, Выгостровское, Маткоженское и Палокоргское, Ондское). В последствии Выгозерское и Ондское водохранилища были объединены в крупное Выгозерско-Ондское. Озера Телекинское, Бобровое, р. Телекинская, притоки водохранилищ в их нижних течениях прекратили свое существование в результате затопления водами водохранилищ.

Значительно изменились морфометрические характеристики. Увеличилась аккумулирующая способность водоемов, а водообмен уменьшился. Уменьшились длина и водосборная площадь притоков Выгозера, изменились и их стоковые характеристики.

Существенно изменился внутригодовой ход уровня воды Выгозерско-Ондского и других озерных водохранилищ, а также р. Сегежи, соединяющей Сегозерское и Выгозерско-Ондское водохранилища. Если для естественного режима озер были характерны два периода повышенных уровней воды (май—июнь и ноябрь), то в настоящее время четко выраженный осенний подъем не наблюдается. Максимальные уровни в водохранилищах наблюдаются в июне—декабре, минимальные устанавливаются к началу весеннего половодья.

Выгозерско-Ондское водохранилище активно используется не только для нужд гидроэнергетики и судоходства, но и в качестве источника водоснабжения населения и промышленности, а также приемника сточных вод.

Для сохранения и улучшения качества водных ресурсов бассейна Выгозерско-Ондского водохранилища необходимо выполнять все установленные водоохранные меры, в первую очередь — сократить сбросы загрязненных и недостаточно

очищенных вод в водные объекты, для чего требуется построить очистные канализационные сооружения в наиболее крупных населенных пунктах, а уже существующие необходимо усовершенствовать и довести очистку сточных вод до состояния нормативно очищенных. В перспективе промышленные предприятия, расположенные на территории бассейна озера, должны перейти на малоотходные технологии или на замкнутый цикл водообеспечения, что существенно сократит поступление загрязнений в водные объекты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богданова М.С., Литвиненко А.В., Литвинова И.А.* Применение геоинформационных технологий в водохозяйственных исследованиях // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. "Устойчивое развитие и геоэкологические проблемы Балтийского региона". Великий Новгород: НовГУ, 2009. С. 25–31.
2. *Богданова М.С., Литвиненко А.В., Литвинова И.А.* Применение ГИС-технологий в исследованиях водохозяйственных комплексов // Физические проблемы экологии (экологическая физика). М.: МАКС Пресс, 2010. № 16. С. 47–52.
3. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. Шикломанова И.А. СПб.: Наука, 2008. 598 с.
4. Государственный водный кадастр. Разд. 1. Сер. 3. Ч. 1, 2. Т. 1. Вып. 7. Бассейны рек западного побережья Белого моря. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 220 с.
5. *Григорьев С.В.* Внутренние воды Карелии и их хозяйственное использование. Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР, 1961. 140 с.
6. Изменение режима Северного Выгозера и реки Нижний Выг под действием сточных вод Сегезского ЦБК и допустимый объем их сброса. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1989. 36 с.
7. *Кабранова А.И.* Водный баланс Выгозерско-Ондского водохранилища // Сб. работ ЛГМО. Вып. 11. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 78–93.
8. *Литвиненко А.В.* К истории гидроэнергетического освоения водных объектов Карелии // Экологические исследования природных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 21–27.
9. *Литинская К.Д.* Водоохранилища в системе водного хозяйства // Использование и охрана водных ресурсов бассейна Белого моря. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1994. С. 57–72.
10. *Литинская К.Д., Кабранова А.И.* Зарегулированный режим Выгозерско-Ондского водохранилища // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1978. С. 5–21.
11. Основные положения правил использования водных ресурсов водохранилищ бассейна р. Нижний Выг (Выгозерского, Сегозерского, Ондозерского, Палокоргского, Маткоженского, Выгостровского и Беломорского). М.: М-во мелиорации и вод. хоз-ва РСФСР, 1972. 28 с.
12. Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 210 с.