

казателей биомассы бентоса по отношению к уловам осетровых на семь лет вперед, учитывая так называемые «волны жизни», корреляции возрастали до 0,7. Чем обильнее пища производителей, тем обильнее их нерест, выше жизнестойкость половых продуктов, оплодотворенной икры и личинок, а через 6 -8 лет, когда вылупившиеся из икры мальки достигнут промыслового возраста, соответственно увеличится их промысловое стадо и уловы.

Литература

1. Фролов А.В. Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. М.: ГЕОС, 2003. 174 с.
2. ESIMO data base (<http://www.esimo.ru>).
3. Биологическая продуктивность Каспийского моря. М.: Наука, 1974. 245 с.
4. Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Пищевая промышленность, 1968.
5. Атлас основных кормовых организмов рыб Нижней Волги и Каспийского моря.- Астрахань: КаспНИРХ, 2002. 394 с.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИТОКОВ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Петрова Т.Н., Гусева М.А.

Институт озераведения РАН, г. Санкт-Петербург,
velapandere@gmail.com

Количество и состав веществ, поступающих с водосбора, является одним из главных факторов, влияющих на формирование химического состава воды Ладожского озера. Основная роль в этом поступлении принадлежит рекам. Водосборы трех главных притоков – рек Свирь, Вуокса, в нижнем течении река Бурная, и Волхов составляют более 80 % площади бассейна озера, и на них приходится более 80 % суммарного речного притока. Притоками второй величины являются реки Паша, Оять, Сясь, Олонка и Янис. Кроме того, в озеро впадает более двух десятков мелких рек. Вынос химических веществ в озеро с водой рек можно рассматривать как интегральный показатель природных условий и хозяйственной деятельности на водосборе. Химический состав речных вод Ладожского бассейна определяется: с одной стороны, общностью основных климатических условий региона, в том числе умеренным климатом,

избыточным увлажнением, составом растительного покрова; с другой стороны – различием в геоморфологическом строении, составе слагающих пород, объеме и составе подземной составляющей стока, озерностью и заболоченностью отдельных частей бассейна, интенсивностью биохимических процессов выветривания пород и минерализации органического вещества. Значительные нарушения в естественном гидрохимическом режиме рек происходят в результате хозяйственной деятельности человека. Большинство притоков Ладоги, особенно реки юго-западного, южного и юго-восточного побережий, испытывают антропогенное воздействие, что ведет к изменению гидрохимических показателей и ухудшению качества воды. Таким образом, химический состав речных вод в пределах бассейна неоднороден, наблюдается определенная последовательность изменения состава воды притоков с севера на юг.

В 2013 и 2014 гг. пробы воды для определения основных гидрохимических показателей были отобраны в притоках, представленных на рис. 1, для которых рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ) [1] по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций.

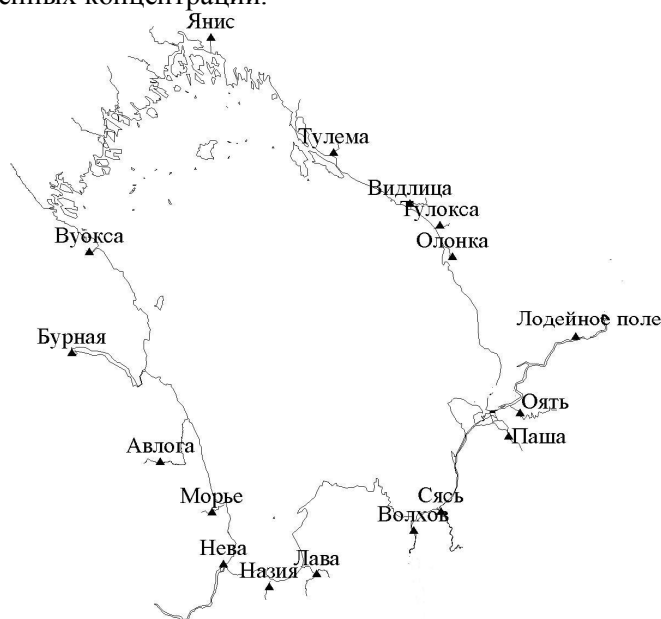


Рис. 1 – Точки отбора проб в притоках Ладожского озера и в истоке р. Нева в 2013-2014 гг.

Для расчета индекса использовались ПДК веществ согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». По ИЗВ воды разделяются на 7 классов – от «очень чистых» (класс качества I) до «чрезвычайно грязных» (класс качества VII), см. табл. 1.

Таблица 1 – Классы качества речных вод без учета показателя цветности (**a** – значение ИЗВ, **b** – класс качества вод)

Река	Июнь 2013		Сентябрь 2013		Октябрь 2013		Май 2014		Июль 2014		Октябрь 2014	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Бурная	0,69	II	0,57	II	0,50	II	0,95	II	0,61	II	0,96	II
Вуокса	1,04	III	1,12	III	0,54	II	0,96	II	0,92	II	0,80	II
Хиитолан	1,40	III	0,68	II								
Иййоки	1,21	III	1,35	III								
Тохма	0,94	II	1,40	III								
Янис	0,83	II	0,98	II	0,75	II	1,29	III	0,37	II	0,70	II
Уксун	1,05	III	0,81	II								
Мийнола	0,44	II	1,82	III								
Тулема	1,07	III	1,12	III			1,24	III	1,13	III	0,89	II
Видлица	1,08	III	0,69	II			1,68	III	1,39	III	0,95	II
Тулокса	1,62	III	1,72	III			1,77	III	1,99	III	1,63	III
Олонка	1,54	III	1,44	III	1,46	III	1,98	III	2,16	IV	1,83	III
Свирь	0,62	II	0,41	II	0,52	II	1,41	III	0,73	II	0,41	II
Оять	1,42	III	1,19	III	1,38	III	1,88	III	1,84	III	1,44	III
Паша	1,57	III	1,32	III	1,14	III	1,97	III	2,03	IV	1,55	III
Сясь	1,69	III	1,25	III	2,13	IV	2,14	IV	1,44	III	2,37	IV
Волхов	1,66	III	1,16	III	1,36	III	2,08	IV	1,77	III	1,51	III
Лава			2,32	IV	1,79	III	2,69	IV	2,11	IV	1,96	III
Сарья	1,87	III	1,92	III								
Назия	2,99	IV	3,54	IV	2,29	IV	2,70	IV	3,35	IV	2,18	IV
Морье	3,48	IV	5,39	V	3,88	IV	2,96	IV	3,48	IV	2,56	IV
Авлога	3,51	IV	3,45	IV	3,18	IV	2,90	IV	0,55	II	2,74	IV
Нева	0,45	II	0,53	II			1,29	III	1,23	III	1,68	III

Для притоков южной части Ладожского водосбора характерны повышенные значения цветности воды в течение всего года, что связано с высоким естественным фоном содержания в воде гуминовых веществ и железа, поэтому расчет проводился как с учётом этого показателя, так и без него. Из табл. 1 следует, что хорошо зарегулированные реки (характеризующиеся большой озерностью водо-

сборов) – рр. Вуокса, Бурная, Свирь и Янис имеют наиболее высокий класс качества вод из всех притоков Ладожского озера (преимущественно II – «чистые»); они сохраняют его почти всегда в течение года. Близки к ним и небольшие северные притоки – реки Хиитолан, Иййоки, Тохма, Уксун, Мийнола. Воды рек восточного и юго-восточного побережья, от р. Тулема до р. Волхов, в основном относятся к III-му классу качества («умеренно загрязненные»). Наиболее загрязненной среди этих рек является река Сясь.

Наиболее низкий класс качества (в основном «загрязненные») имеют малые южные реки – Лава, Назия, Морье и Авлога (для Авлоги в период летней межени класс качества повышается). Вода в истоке р. Нева в 2013 г. характеризовалась как «чистая», в 2014 г. – как «умеренно загрязненная».

Основной вклад в ИЗВ для всех притоков Ладожского озера вносят такие показатели как содержание общего органического углерода, значение биохимического потребления кислорода (БПК₅), содержание некоторых металлов (Fe, Mn, Al), а для рек южного и юго-восточного побережья, отличающихся высокими индексами загрязнения (рр. Оять, Сясь, Волхов, Лава, Назия, Авлога, Морье) – также и содержание общего фосфора.

Заболоченность и облесенность Ладожского водосбора, недостаток тепла, замедленная минерализация органических веществ (ОВ) обуславливают высокую цветность воды рек и широкий диапазон концентраций ОВ в воде притоков. Из рис. 2 видно, что сезонный ход общего органического углерода (ТОС) выражен слабо.

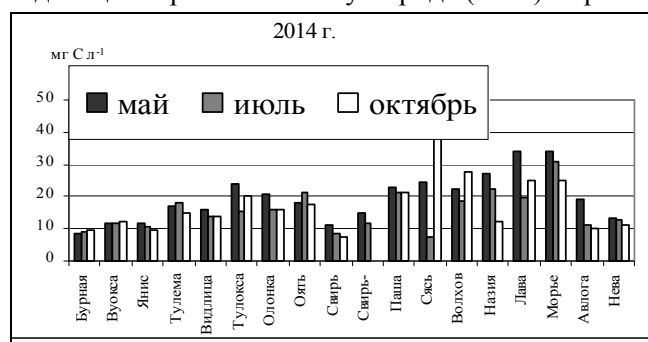


Рис. 2 – Содержание общего органического углерода в воде притоков Ладожского озера и в истоке р. Нева в 2014 гг.

Преобладающее влияние на содержание органического вещества оказывают природные факторы (водность года, внутригодовое

разделение стока) [2]. Содержание ТОС в притоках уменьшается с юга на север. Наиболее низкими значениями содержания общего органического углерода, а также незначительной его сезонной изменчивостью характеризуются реки с высокой озерностью водосборов – Свирь и Бурная (северный рукав р. Вуокса). В 2014 г. в воде большинства рек были отмечены более высокие концентрации ТОС, чем в 2013 г. В основном повышенные концентрации ТОС совпадают с интенсивными дождевыми паводками, связаны со смывом из болот и лесной подстилки.

Значения биохимического потребления кислорода, косвенно характеризующего содержание легкоокисляемого органического вещества, измерялись для 8 притоков (южных – Волхов, Лава, Назия, Морье, Авлога, и северных – Свирь, Бурная и Вуокса) в сентябре и в октябре 2013 года и для 16 притоков в 2014. Как видно из рис. 3, максимальные значения БПК₅ наблюдаются в весенний или летний период (что соответствует периодам наибольшей фотосинтетической активности фитопланктона в озерно-речной системе), в октябре же значения БПК₅ минимальны.

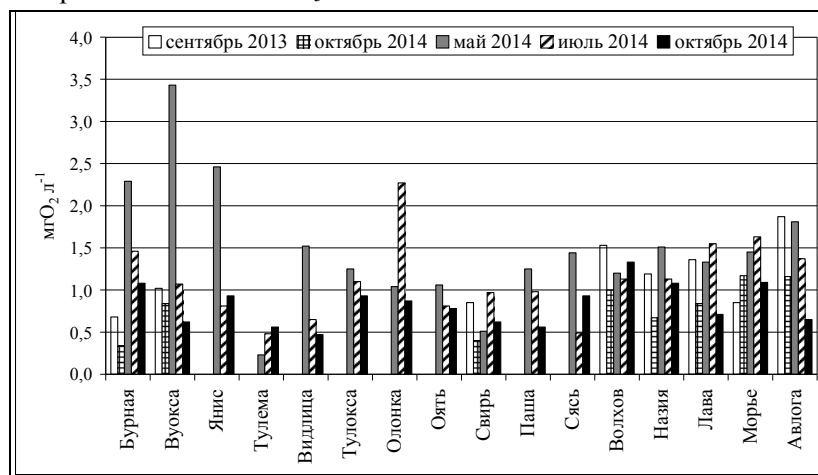


Рис. 3 – Сезонная и межгодовая изменчивость БПК₅ в 2013 – 2014 гг.

По содержанию фосфора в воде притоки Ладожского озера можно разделить на три группы [3]. К первой группе относятся реки, концентрация общего фосфора в воде которых, как правило, не превышает 50-60 мкг Р л⁻¹. Это – реки Свирь, Бурная, Вуокса, Янис, Уксун, Тулема, Видлица. Вторая группа включает реки, содержание общего фосфора в воде которых находится преимущественно в

диапазоне 80-140 мкг Р л⁻¹, а минимальная концентрация составляет 15-40 мкг Р л⁻¹. К этой группе относятся реки восточного побережья – Тулокса и Олонка и притоки юго-восточного побережья – Паша, Оять и Сясь. Повышенные концентрации общего фосфора в воде рек второй группы, очевидно, обусловлены значительной сельскохозяйственной освоенностью территории. Наибольший антропогенный пресс испытывают малые реки южного и юго-западного побережья – Назия, Морье, Авлога. Пределы концентраций общего фосфора для отдельных притоков Ладожского озера за период 2001 – 2014 гг. представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Пределы концентраций общего фосфора (мкг Р л⁻¹) в воде основных притоков Ладожского озера в 2001–2014 гг.

Река	2001-2003	2004	2005	2006	2007	2008	2011	2012	2013	2014
Волхов	28-122	116-123	135-334	95-380	75-76	58-75	57-83	52-112	38-89	70-85
Бурная	14-31	14-19	13-17	15-23	15-17	13-15	17-50	16-41	17-68	15-16
Свирь	18-28	21-32	14-22	14-28	18-60	16-28	24-36	15-36	12-38	12-23
Паша	28-40	46-79	29-34	16-33	37-38	41-45	28-63	31-78	24-69	35-49
Оять	21-63	58-82	48-50	19-40	52-54	51-60	46-57	44-53	26-46	42-50
Сясь	22-46	67-101	40-60	19-47	55-64	48-65	55-59	71-78	30-54	50-62
Янис	14-22	20-31	15-16	15	12-21	17-29	42-52	–	8-18	11-16
Олонка	54-140	82-117	97-116	100	101-124	110-144	109-360	83-104	69-95	64-107
Тулокса	38-125	94-142	92-116	–	83-107	–	91-118	78-107	75-81	63-121
Видлица	38-72	49-63	37-40	–	35-97	–	30-53	33-50	28-58	28-49
Тулема	14-30	17-29	17-19	–	16-31	–	20-43	12-37	16-99	63-121

Река Волхов всегда отличалась повышенным содержанием фосфора в воде и была главным источником поступления фосфора в озеро. Это обусловлено как особенностями природных условий бассейна, так и развитым хозяйством южной части водосбора. В начале 60-х годов прошлого века средняя концентрация общего фосфора в воде р. Волхов составляла всего 46 мкг л⁻¹. Наиболее высокие концентрации общего фосфора наблюдались здесь в конце 1970-х – середине 1980-х. Со второй половины 80-х гг. содержание фосфора в воде Волхова снизилось (как благодаря проведению водоохраных мероприятий, так и из-за уменьшения объемов производства в 90-е) и в 2000-2004 гг. составляло 45-160 мкг л⁻¹. В 2005 г. активизировалась деятельность ОАО «Волховский алюминий», что привело к повышению содержания общего фосфора в речной воде до 335-380 мкг л⁻¹. С конца 2006 г. содержание общего фосфора в сточных водах ОАО «Волховский алюминий» сократилось до 10-30 мкг л⁻¹ в

конце 2006 г и в 2007 г. [3]. В результате содержание общего фосфора в воде р. Волхов в настоящее время уменьшилась до значений 70-85 мкг л⁻¹. С 2008 года наблюдается некоторая стабилизация содержания фосфора, что хорошо видно на рис. 4.

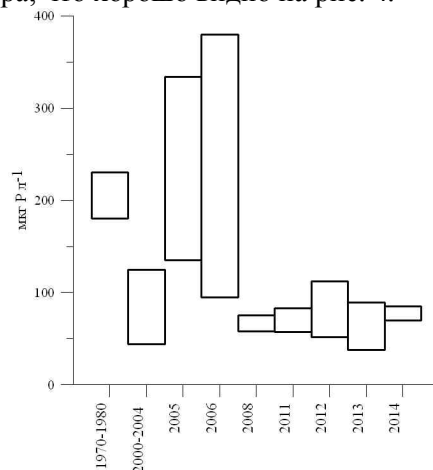


Рис. 4 – Амплитуды значений общего фосфора в воде р. Волхов в 1970 – 2014 гг.

Заключение. Проведенные расчеты индексов ИЗВ в 2013-2014 годах показали следующее. Наиболее высокий класс качества вод из всех притоков Ладожского озера (II - преимущественно «чистые») имеют хорошо зарегулированные реки (с большой озерностью водосборов) – Вуокса, Бурная, Свирь и Янис, которые почти всегда сохраняют этот класс в течение года. К ним близки небольшие северные притоки – реки Хиитолан, Иййоки, Тохма, Уксун, Мийнола. Воды рек восточного и юго-восточного побережья, от р. Тулема до р. Волхов, в основном относятся к III-му классу качества («умеренно загрязненные»). Наиболее низкий класс качества (в основном «загрязненные») имеют воды малых южных рек – Лава, Назия, Морье и Авлога (для Авлоги в период летней межени класс качества повышается). Вода в истоке р. Нева в 2013 г. характеризовалась как «чистая», в 2014 г. – как «умеренно загрязненная».

Литература

1. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомгидромет, 1986. – 7 с.

2. Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов /Под ред. Трифионовой И.С. – СПб.: Лема, 2006. – 130 с.

3. Ладога /Под ред. Румянцев В.А., Кондратьева С.А. – СПб.: Нестор-История, 2013. – 468 с.

**УРОВЕНЬ ВОДЫ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ
«ЛАДОГА – НЕВА – НЕВСКАЯ ГУБА»
В СОВРЕМЕННЫХ ПРИРОДНЫХ И
АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Румянцев В.А., Трапезников Ю.А.

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург
trapeznikov@inbox.ru

Исследован механизм изменчивости уровня воды водной системы «Ладога – Нева – Невская губа» под воздействием формирующих факторов: колебания и изменения климата, эвстатические колебания уровня Мирового океана, тектонические и изостатические движения участков земной коры, возрастающая антропогенная нагрузка на водосборе системы. Показано, что климатически обоснованное падение уровня Ладоги сопровождается разнонаправленными тектоническими перемещениями северных и южных берегов озера на фоне изменения уровня воды Невской губы под воздействием увеличения уровня Мирового океана. Разработаны научно обоснованные рекомендации по принятию административных мер для предотвращения негативных последствий функционирования водной системы.

Анализ изменчивости уровня Ладожского озера под воздействием климатических факторов (температуры воздуха и атмосферных осадков и тектонического смещения берегов и дна озера) показал, что в XX веке на водосборе Ладожского озера произошло повышение температуры воздуха на 1.6 °С, сопровождаемое увеличением атмосферных осадков на 86 мм (14.8 %). При таком климатическом потеплении уровень Ладоги имел устойчивую тенденцию понижения. Численными расчетами установлено, что климатически обусловленное падение уровня Ладоги составило 65 см за 100 лет. Климатически обусловленное падение уровня Ладоги сопровождалось устойчивым тектоническим погружением южного побережья со скоростью 15 см в 100 лет. Примерно с такой же скоростью про-