

УДК 574.5(282.247.11)+556.5"21"(063)

Бассейн Волги в XXI-м веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ //

Сборник материалов докладов участников Всероссийской конференции. Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 22-26 октября 2012 г. – Ижевск: Издатель Пермьяков С.А., 2012. – 380 с.

ISBN 978-5-9631-0147-6

В сборнике материалов Международной школы-конференции представлено содержание докладов участников по результатам изучения гидрологического, гидрохимического и биологического режима водохранилищ бассейна р. Волги в условиях изменяющихся факторов среды.

Сборник рассчитан на гидробиологов, ихтиологов и экологов широкого профиля.

Редакционная коллегия:

академик РАН, доктор биологических наук *Ю.Ю. Дзебуадзе*
доктор биологических наук *А.И. Копылов*
доктор географических наук *С.А. Поддубный*
доктор биологических наук *А.В. Крылов* (отв. редактор)

Проведение конференции осуществлено при поддержке РАН и гранта РФФИ 12-04-06094-г.

Сборник издан при поддержке гранта РФФИ 12-04-06094-г.

ISBN 978-5-9631-0147-6

© 2012 г. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, макет, оформление, верстка
© 2012 г. Коллектив авторов, текст

Подписано в печать 07.10.12.

Формат 60*84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл.-печ.л. 44,18. Уч.-издл. 16,88. Заказ № 1377.1. Тираж 250 экз.

Издательство и типография ИП Пермьяков С.А.

426008, г. Ижевск, Кирова, 172.

цифровая-типография-ижевск.рф

Таблица 1. Распределение некоторых биопродукционных параметров вод по длине Рузского водохранилища (среднее за вегетационные сезоны 1984–2000 гг.)

Показатели	В верховье (Осташево)	Посередине (Щербинки)	В нижней части (у плотины)
Мутность, мг/л	6.6	5.2	3.6
Окисляемость, мгО/л	9.1	8.8	8.2
Цветность, град.	36	30	26
БПК ₅ , мгО/л	3.3	3.1	2.9
P-PO ₄ ³⁻ , мг/л	0.053	0.049	0.039
Nсум, мг/л	0.63	0.63	0.61
SiO ₂ , мг/л	3.3	2.8	2.5
Железо, мг/л	0.17	0.11	0.08
O ₂ , %	87.1	85.2	81.8
pH	8.1	8.1	8.1
Щелочность, мг-экв/л	2.91	2.68	2.58
Температура, °С	8.9	8.9	9.0
Сапрофиты, кл/мл	164	134	98
Биомасса фитопланктона, мг/л	5.2	4.6	2.6

От верховья к плотине увеличивается содержание фосфатов, кремния, железа. В то же время различий в содержании азота и величины pH не наблюдается (Nсум — суммарное содержание азота нитратов, нитритов и аммония). Температура воды по районам в среднем одинакова, однако верховья быстрее прогреваются весной и охлаждаются осенью. Так, температура воды в мае у Осташево составляет 13.0 °С, у Щербинок — 12.0 °С, у плотины — 11.3 °С; в октябре, соответственно, 7,9, 8,0 и 9,5 °С (по средним многолетним данным).

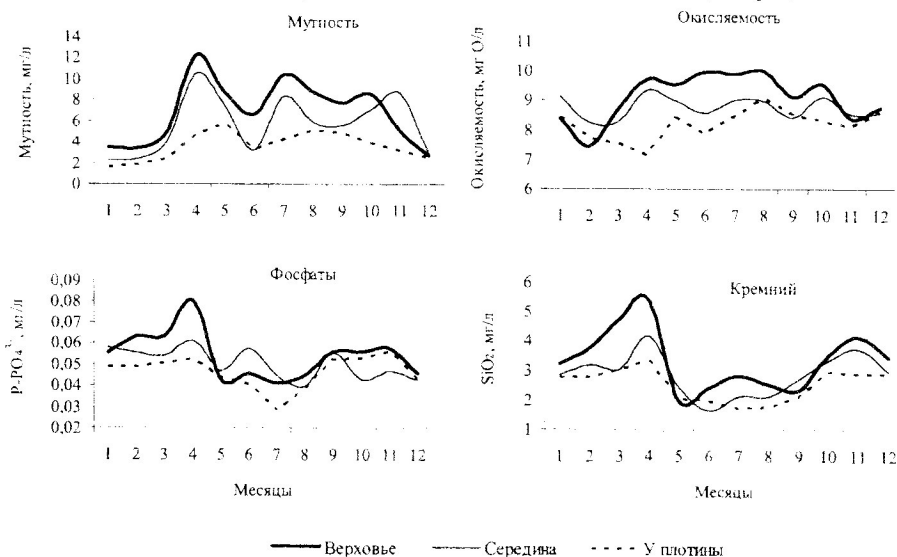


Рис. 2. Сезонные изменения некоторых биопродукционных параметров вод в разных районах Рузского водохранилища (среднее за вегетационные сезоны 1984–2000 гг.).

На графиках сезонных изменений (рис. 2) прослеживается увеличение мутности, окисляемости, фосфатов, кремния весной и осенью. В верховьях это обусловлено притоком вещества с речными водами, а в нижней части водоема — конвективным и ветровым перемешиванием водной массы. Снижение концентрации биогенных веществ летом, а также увеличение окисляемости в это время можно рассматривать как результат фотосинтеза.

Таким образом, по длине Рузского водохранилища наблюдается существенная неоднородность биопродукционных характеристик, связанная с притоком речных вод в его верхней части, а также — с морфометрическими различиями участков водоема. Сезонные изменения содержания биогенных элементов и органических веществ зависят также от изменения интенсивности протекания биологических процессов в течение года.

МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВЕРХНЕВОЛЖСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

И.Л. Григорьева

Иваньковская НИС ГФБУН Институт водных проблем РАН,
117251, Тверская обл., г. Конаково, ул. Белавинская, 61-А, Irina_Grigorieva@list.ru

Физико-географические условия водосборных бассейнов верхневолжских водохранилищ (табл. 1) играют определяющую роль при формировании их гидрохимических режимов, для которых характерна малая (Верхневолжское) или средняя минерализация воды (Иваньковское, Угличское) и высокое содержание окрашенного органического вещества (ОВ) гумусовой природы.

Определяющее значение для формирования гидрохимического режима и качества воды Верхневолжского водохранилища играют природные факторы, т.к. антропогенная нагрузка невелика. По сравнению с другими

водохранилищами бассейна Верхней Волги в воде отмечаются более высокие значения цветности, железа общего и аммонийного иона.

Таблица 1. Морфометрические характеристики исследованных водохранилищ Верхней Волги при НПУ

Характеристика	Верхневолжское	Иваньковское	Угличское
НПУ, м	206.5	124.00	113.00
Площадь водного зеркала, км ²	183	327	249
Полный объем, км ³	0.794	1.12	1.245
Средняя глубина, м	4.4	3.4	5.0
Наибольшая глубина, м	16.1	19.0	23.2
Длина, км	92.5	111	146
Наибольшая ширина, км	4.4	8.0	5.0

На химический состав водных масс Иваньковского и Угличского водохранилища большое влияние оказывают антропогенные факторы (диффузный сток с береговой зоны, коммунально-бытовые и промышленные стоки, рекреация).

Для водной массы Иваньковского водохранилища характерна повышенная цветность и высокие значения ХПК. Гидрохимический режим Угличского водохранилища в большой степени зависит от сбросов воды из Иваньковского. Для водных масс Угличского водохранилища характерны более высокие значения фосфатов и сульфатов в период летней межени по сравнению с Иваньковским водохранилищем.

В последние десятилетия все возрастающий вклад в изменение химического состава воды водохранилищ Верхней Волги вносят антропогенные факторы (сброс сточных вод, плоскостной смыв с территории промышленных и сельскохозяйственных предприятий и селитебных территорий, рекреация).

В Верхневолжское водохранилище поступают сточные воды МУП ЖКХ п. Пено.

В береговой зоне Иваньковского водохранилища расположен 21 выпуск сточных вод, в том числе и от г. Тверь — самого крупного города региона, численность жителей которого составляет порядка 450 тыс. человек. Так в 2007 г. от предприятий г. Тверь в Волгу было сброшено 151897 тыс. м³ сточных вод, а в Иваньковское водохранилище в пределах Конаковского района — 94000 тыс. м³ сточных вод. В водоохраной зоне Угличского водохранилища на конец 2006 г. было расположено 12 предприятий имеющих локальные очистные сооружения, 5 водозаборов и 6 городских очистных сооружений, 39 промышленных предприятий и 21 сельхозпредприятие, 38 баз отдыха и 12 мест зеленых стоянок, садоводческие товарищества. Крупными предприятиями, осуществляющими забор воды из Угличского водохранилища, являются 4 предприятия коммунального хозяйства. По данным, представленным этими водопользователями, для нужд экономики в 2005 г. забор воды из Угличского водохранилища составил 18335.33 тыс. м³. Большое число хозяйств осуществляет забор воды из скважин. Организованные выпуски сточных вод осуществляют 23 водопользователя. Общий объем сточных вод в 2005 г. составил 20174.356 тыс. м³/год.

Для верхней Волги и ее водохранилищ характерна межгодовая и межсезонная динамика основных показателей гидрохимического режима.

Так для Иваньковского водохранилища (табл. 2) цветность воды обычно колеблется в интервале от 40 до 140° Pt-Co шкалы цветности, а значения перманганатной окисляемости в диапазоне от 7.3 до 28 мгО/дм³. Цветность воды, как правило, зависит от притока высоко окрашенных вод с водосбора, а также от водности периода. В год пониженной водности (2007 г.) в воде Иваньковского водохранилища отмечались более высокие значения БПК₅. Диапазон изменения значений БПК₅ — 0.8–5.1 мгО₂/дм³ (табл. 2).

Таблица 2. Минимальные и максимальные значения некоторых показателей качества воды Иваньковского водохранилища в створах наблюдений за период с 2007 по 2009 гг.

Показатель	Городня		Безбородово		Заборье		Верхний бьеф	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
Цветность, °	35	140	40	130	45	140	40	120
ПО, мгО/дм ³	9.2	28	9.2	19.6	7.6	16.2	7.3	22.4
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0.8	3.2	0.8	4.7	0.4	5.1	0.7	3.1
Фосфаты, мг/дм ³	0.02	0.13	0.02	0.17	0.01	0.13	0.01	0.11
Аммонийный ион, мг/дм ³	0.05	0.57	0.19	0.68	0.20	0.42	0.10	0.48
Нитрит-анион, мг/дм ³	0.02	0.09	0.01	0.07	0.02	0.11	0.01	0.07
Нитрат-ион, мг/дм ³	0.7	4.4	0.4	4.2	0.6	3.8	0.4	4.2
Сульфаты, мг/дм ³	9.4	34.4	8.6	47.3	9.6	34.6	10	43
Хлориды, мг/дм ³	3.6	12.5	2	14.5	3.2	11	2.5	13.8

Для Иваньковского водохранилища характерны высокие концентрации биогенных элементов. Концентрация фосфатов в исследуемый период (табл. 2) колебалась в интервале от 0.01 до 0.17 мг/дм³, аммонийного иона от 0.05 до 0.68 мг/дм³, нитрат иона от 0.4 до 4.4 мг/дм³, нитрит иона — от 0.01 до 0.11 мг/дм³. Повышенные концентрации аммонийного иона и нитрат-иона, как правило, отмечаются в зимний период, когда происходит минерализация органического вещества.

Повышенные концентрации сульфатов в воде Иваньковского водохранилища отмечаются, в основном, в период открытой воды в год пониженной водности, а максимальные значения хлоридов наблюдаются в весенний период также года пониженной водности.

Таким образом, водность периода играет большую роль в формировании гидрохимического режима и качества воды Иваньковского водохранилища. Недочет водности периода может привести к серьезным просчетам при прогнозных оценках качества воды водоема.

Для того чтобы оценить многолетние тенденции изменения качества воды верхневолжских водохранилищ нами был произведен сравнительный анализ осредненных гидрохимических данных по солевому составу Верхневолжских водохранилищ за 1969–1974 гг. (Волга и ее жизнь, 1978) и данных собственных исследований за 2008–2011 гг. (табл. 4). Такое сравнение не совсем корректно, поскольку водность всех лет с 1969 по 1974 гг. близка или ниже среднемноголетней, а водность последних лет, в основном, выше среднемноголетней величины (табл. 3). Но поскольку опубликованных данных по гидрохимическому режиму верхневолжских водохранилищ явно недостаточно, поэтому для сравнения пришлось использовать имеющиеся.

Таблица 3. Сумма годовых осадков (мм) по метеостанции Тверь

Год	1969	1970	1971	1972	1973	1974	2008	2009	2010	2011	Средняя многолетия
Сумма осадков	630	633	620	515	560	650	776	858	698	660	623

Сравнительный анализ средних концентраций главных ионов солевого состава и сумм главных ионов за период с 1969 по 1974 гг. и за период с 2008 по 2011 гг. показал, что в оба периода сохраняется сезонная изменчивость сравниваемых компонентов. Средние показатели за 2008–2011 гг. в основном ниже, чем средние за 1969–1974 гг.

Сравнительный анализ некоторых показателей гидрохимического режима верхневолжских водохранилищ, измеренных во время экспедиционных исследований в летнюю межень 2009 г. (Дебольский и др., 2010) со средними летними значениями за период с 1969 по 1974 гг. (Волга и ее жизнь, 1978) выявил следующее. Значения pH воды в замыкающих створах исследуемых водохранилищ летом 2009 г. были выше средних значений за период с 1969 по 1974 г. Средние многолетние значения суммы главных ионов в замыкающем створе Иваньковского водохранилища были выше, чем летом 2009 г. Так в период экспедиционных исследований в 2009 г. в Иваньковском водохранилище сумма главных ионов составила 174 мг/дм³, а в период с 1969 по 1974 гг. она колебалась в интервале от 188 до 246 мг/дм³. В Угличском водохранилище летом 2009 г. сумма главных ионов составила 183 мг/дм³, что близко к среднему значению в 177.2 мг/дм³ за период с 1969 по 1974 гг.

Таблица 4. Солевой состав воды Верхневолжского водохранилища средних за 1969–1974 гг. и за 2008–2011 гг. (мг/дм³)

Сезон	∑ ионов	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl
Верхневолжское водохранилище							
Зима	133.8/136.6	30.6/24.5	5.5/7.1	1.4/1.0	78.6/94.6	13.7/7.8	4.0/1.6
Весна	108.1/80.5	22.5/12.5	3.2/3.0	2.8/2.0	62.7/52.8	12.6/9.4	4.3/0.8
Лето	129.8/104.9	26.8/18.1	4.3/3.2	3.8/3.2	80.3/70	9.4/8.2	5.2/2.2
Осень	126.1/108.2	26.3/19.3	3.9/3.6	1.5/1.1	80.4/75	10.3/7.0	3.7/2.2
Иваньковское (Иваньковский плес)							
Зима	311.4/233.3	51.9/39.6	13.3/10	-	192.8/160.1	39.7/17.0	13.7/6.6
Весна	136.9/253	26.2/42.3	5.2/11.3	-	82.9/169.3	19.0/22.6	3.6/7.5
Лето	200.5/184.1	36.9/31.8	6.8/7.5	-	129.0/131.0	22.6/10.0	5.2/3.8
Осень	252.3/228	40.4/38.0	9.5/10.6	-	144.7/156.3	28.1/19	9.6/4.1
Угличское водохранилище (Средние в створах Калязин и Углич)							
Зима	332.9/263.4	56.6/48	15/9.7	-	192.8/160.1	39.7/17.0	13.7/6.6
Весна	142.5/201.3	25.6/34.5	5.4/9.5	-	82.9/169.3	19.0/22.6	3.6/7.5
Лето	187.2/190.6	35.1/32.6	7/8	-	129.0/131.0	22.6/10.0	5.2/3.8
Осень	234.6/222.4	41.1/36	9.4/10.4	-	144.7/156.3	28.1/19	9.6/4.1

Исследование многолетней динамики нитритного и нитритного азота в воде замыкающего створа Иваньковского водохранилища показало, что наблюдается нарастание среднегодовых концентраций нитритного (от 0.013 в 1995 г. до 0.029 мг/дм³ в 2004 г.) и нитратного азота (от 1.34 до 2.25 мг/дм³ в 2004 г.).

Сравнительный анализ гидрохимических показателей и ингредиентов верхневолжских водохранилищ в меженьный период близких по водности 1997 г. (Гидрохимическая характеристика ..., 2001) и 2008 гг. показал, что значения ХПК в воде Иваньковского водохранилища летом 2008 гг. были выше, чем в 1997 г., что может быть свидетельством возрастающей органической нагрузки на водоем.

В таблице 5 приведены концентрации биогенных элементов в воде Иваньковского водохранилища в период вегетации в 1980–1990 гг. и в 2001–2003 гг. Сравнительный анализ значений показал, что за многолетний период в Волжском плесе отмечается увеличение концентраций иона аммония и нитрит-иона и максимальных концентраций фосфат-иона. В Шошинском плесе также отмечается существенное увеличение концентраций иона аммония и фосфат-иона, в Иваньковском плесе наблюдается увеличение концентраций иона аммония.

Таблица 5. Содержание биогенных элементов в Ивановском водохранилище в период вегетации (май–октябрь): I — 1980–1990 гг. (по: Экологические проблемы ..., 2001); II — 2001–2003 гг. (по: Анучкин и др., 2004)

	NH_4^+ , мг/дм ³	NO_2^- , мгN/ дм ³	NO_3^- , мгN/ дм ³	PO_4^{3-} , мкгP/ дм ³	Si, мг/ дм ³	Fe _{общ.} , мг/ дм ³
Волжский плес						
I	<u>0.03-0.52</u> 0.20	<u>0.001-0.017</u> 0.09	<u>0.27-1.40</u> 0.55	<u>24-150</u> 69	<u>0.1-2.2</u> 1.42	<u>0.3-1.25</u> 0.54
II	<u>0.02-0.85</u> 0.24	<u>0.003-0.027</u> 0.010	<u>0.023-0.91</u> 0.30	<u>16-166</u> 52	<u>0.1-1.9</u> 0.7	<u>0.1-1.4</u> 0.26
Шошинский плес						
I	<u>0.01-0.16</u> 0.08	<u>0.001-0.030</u> 0.009	<u>0.01-0.60</u> 0.26	<u>10-49</u> 36	<u>0.2-25</u> 1.2	<u>0.31-0.87</u> 0.48
II	<u>0.09-0.62</u> 0.28	<u>0.002-0.018</u> 0.007	<u>0.02-0.54</u> 0.21	<u>16-176</u> 55	<u>0.1-2.5</u> 1.1	<u>0.1-0.7</u> 0.3
Ивановский плес						
I	<u>0.01-0.29</u> 0.16	<u>0.003-0.025</u> 0.009	<u>0.16-1.22</u> 0.55	<u>29-87</u> 49	<u>0.1-3.0</u> 1.5	<u>0.19-0.82</u> 0.49
II	<u>0.025-0.39</u> 0.19	<u>0.02-0.019</u> 0.007	<u>0.002-0.77</u> 0.30	<u>16-156</u> 42	<u>0.4-1.0</u> 0.6	<u>0.1-1.5</u> 0.35

Таким образом, анализ гидрохимических характеристик верхневолжских водохранилищ за многолетний период показал, что по сравнению с началом 1970-х гг. наблюдается уменьшение концентраций хлоридов и сульфатов в воде водоемов, что можно объяснить уменьшением поступления этих загрязняющих веществ со сточными водами городов.

В Ивановском водохранилище за многолетний период произошло увеличение содержания органических веществ и биогенных элементов, что вызвано значительной антропогенной нагрузкой на водоем.

Поскольку качество воды Угличского водохранилища в значительной степени определяется составом вод, поступающих из Ивановского, а также составом сточных и диффузных вод, то можно предположить, что биогенная нагрузка на водоем за многолетний период увеличилась, что следует подтвердить дальнейшими исследованиями.

Список литературы

- Анучкин В.П., Григорьева И.Л., Ермолаев В.В., Черных Л.П. Трансформация качества воды мелководий Ивановского водохранилища под воздействием антропогенных факторов // Мат. Межд. конф. Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ. Казань, 2004. С. 6–8.
- Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 350 с.
- Гидрохимическая характеристика верхневолжских водохранилищ в меженный период // Водные ресурсы. 2001. Т. 28, № 5. С. 606–614.
- Дебольский В.К., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Корчагина Я.П., Хрусталева Л.И., Чекмарева Е.А. Современная гидрохимическая характеристика реки Волга и ее водохранилищ // Вода: Химия и экология. 2010. № 11. С. 2–12.
- Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль, 2001. 427 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.Л. Григорьева, Е.А. Чекмарева

*Ивановская НИС ГФБУН Институт водных проблем РАН, 117251, Тверская обл.,
г. Конаково, ул. Белавинская, 61-А, Irina_Grigorieva@list.ru, S_Taya@list.ru*

Под рекреационным водопользованием рядом авторов понимается деятельность населения, связанная с осуществлением различных видов рекреационных занятий (отдыха, спорта, туризма) на акватории и побережье рек и водоемов, которая оказывает прямое или косвенное (опосредованное) воздействие на качество воды и экосистемы водных объектов (Авакян и др., 1983; Ланцова, 2009; Ланцова и др., 2004). Следует отметить, что в рекреационное водопользование вовлекаются и акватории, и побережья водных объектов, т.к. при развитии рекреации используются как береговые зоны, так и аквальные комплексы, причём зачастую рекреационные нагрузки на побережья значительно выше нагрузок на акваторию. Воздействие рекреации на водные объекты может осуществляться как прямым путем (утечка нефтепродуктов, смыв загрязнений с тела, прикормка при рыболовстве, отбросы и отходы), так и косвенным (вторичное загрязнение при взмучивании донных отложений, поступление загрязнений с рекреационных территорий как с поверхностным, так и с подземным стоком и т.д.). Предъявляя определенные требования к гидрологическому и гидрохимическому режиму водохранилищ, рекреация вносит свой, в основном, негативный вклад в их геоэкологическое состояние.

При исследовании влияния рекреационного водопользования на экологическое состояние и качество воды водных объектов следует выделять две категории отдыха: организованный и неорганизованный (самодельный).