ВОДА

ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

ВСЕРОССИЙСКИЙ
научно-практический журнал

ISSN 2072-8158

11/2010

ВОДА
ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ
ВСЕРОССИЙСКИЙ
научно-практический журнал
11 • 2010

Главный редактор:
Кулов Н.Н.
д.т.н., проф., заместитель председателя Научного совета РАН по научным основам химической технологии, вице-президент Российского химического общества им. Д.И. Менделеева

Заместитель главного редактора:
Мельников И.О.
к.х.н., заведующий сектором прикладной экологии воды Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН

Выпускающий редактор:
к.б.н., ст.н.с. **Шаги-Мухаметова Ф.Ф.**

Координатор проекта по России, странам СНГ и Восточной Европы: **Бондаренко А.А.**

Редакционная коллегия:
д.х.н., проф. **Артемов А.В.**;
д.т.н., проф. **Барзов А.А.**;
к.х.н., проф. **Беренгартен М.Г.**;
к.х.н. **Бусыгина Н.С.**;
д.т.н., проф. **Десятов А.В.**;
к.х.н. **Елинсон И.С.**;
д.х.н., проф.**Зволинский В.П.**
д.т.н., проф. **Каграманов Г.Г.**;
проф. **Кролли О.А.**;
к.х.н. **Куцева Н.К.**;
д.т.н., проф. **Лаптев А.Г.**;
к.ф.-м.н. **Пацаева С.В.,**
д.б.н. **Решетилова Т.А.**;
д.т.н., проф. **Сироткин А.С.**

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Импакт-фактор журнала за 2009 г. составляет 0,244.
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-31640 от 10.04.2008 г.

АДРЕС ДЛЯ ПИСЕМ:
117049, г. Москва, ул. Крымский вал, д. 8
ТЕЛ./факс: (495) 648-6241
E-MAIL:
editor@watchemec.ru
(по вопросам публикации статей),
market@watchemec.ru
(по вопросам размещения рекламы и подписки),
info@watchemec.ru
(по общим вопросам)

За достоверность сведений, указанных в рекламных объявлениях, ответственность несут рекламодатели. За достоверность приведенных в статьях результатов исследований ответственность несут авторы публикации. Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов.
При перепечатке ссылка на журнал «Вода: химия и экология» обязательна.
Отпечатано в типографии ЗАО «Корпорация Знак».
Тираж 3000 экз.
© ООО Издательство «Креативная экономика», 2010.
Дизайн и компьютерная верстка – Егоров Г.Д., Столбова М.С.

СОДЕРЖАНИЕ

Вопросы экологии

2 **В.К. Дебольский, И.Л. Григорьева, А.Б. Комиссаров, Я.П. Корчагина, Л.И. Хрусталева, Е.А. Чекмарева**
Современная гидрохимическая характеристика реки Волга и ее водохранилищ

Научно-аналитические обзоры

13 **Г.М. Баренбойм, М.А. Чиганова, О.П. Авандеева**
Методические аспекты анализа загрязнений снегового покрова в связи с их влиянием на качество природных вод Часть 1

Технологии промышленной и бытовой очистки вод

24 **А.Н. Квартенко, М.Г. Журба**
Теоретическое обоснование кондиционирования подземных вод сложного физико-химического состава в постоянном магнитном поле

33 **А.С.Чугунов, В.М.Проскурин, С.Н.Шибков, А.Ф.Нечаев**
Совершенствование химической технологии очистки промышленных стоков

38 **Обзор патентов**

Гидробиология

40 **Н.В. Анненкова, С.И. Беликов**
Обнаружение в озере Байкал динофлагеллят, филогенетически близких к семейству *Pfiesteriaceae*

Аналитические методы и системы контроля качества воды

47 **О.М. Розенталь, А.И. Авербух**
Оценка соответствия качества вод установленным требованиям

Short communications

53 **Н.Н. Чернышова, Л.Д.Свинцова**
Выбор контролируемых показателей, отражающих безвредность питьевой воды по химическому составу для конкретной станции водоподготовки централизованного водоснабжения

60 **Анонс конференций**

62 **Правила оформления статей для публикации в журнале «ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ»**

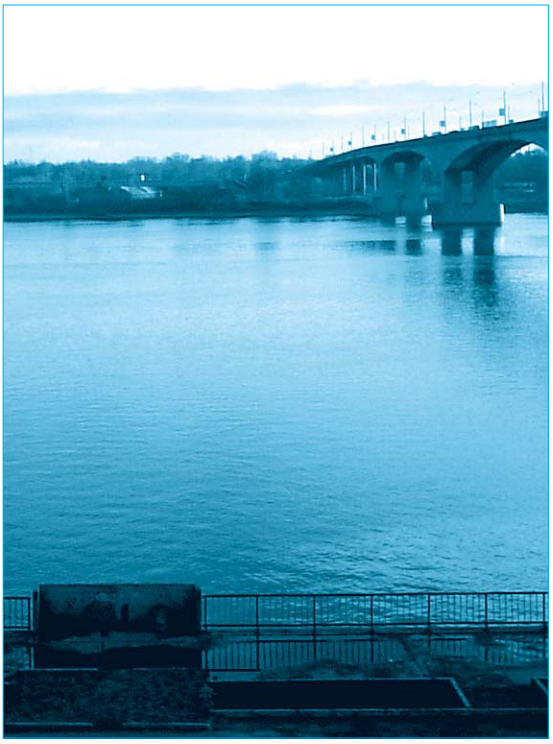
Современная ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ **ХАРАКТЕРИСТИКА** реки Волга и ее ВОДОХРАНИЛИЩ

По результатам экспедиционных исследований на НИС «Валаам 1» Института водных проблем РАН летом 2009 г. приведена современная гидрохимическая характеристика р. Волги и ее водохранилищ. Проанализировано изменение основных гидрохимических характеристик р. Волги от порта Конаково (Иваньковское водохранилище) до порта Астрахань (устье) в период летней межени. Выявлены тенденции изменения некоторых показателей гидрохимического режима за многолетний период.

В.К. Дебольский*, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН

И.Л. Григорьева, к.г.н., старший научный сотрудник Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН

А.Б. Комиссаров, младший научный сотрудник Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН



Введение

Самая крупная река Европы Волга из-за своего выгодного природно-экономического положения и полноводности всегда была главной рекой России. В результате гидростроительства, начатого в 30-е годы прошлого столетия, сток реки зарегулирован 9 водохранилищами, восемь из которых представляют каскад (*табл. 1*).

Незарегулированным остается участок Верхней Волги от истока до озера Стерж (Верхневолжское водохранилище) и от плотины Верхневолжского водохранилища (бейшлот) до г. Тверь, а также участок Нижней Волги от плотины Волгоградского водохранилища до устья.

Водосборный бассейн Волги и ее притоков площадью 1360 тыс. км^2 расположен в нескольких географических зонах: лесной, преимущественно в подзоне южной тайги и смешанных лесов, степной, полупустыни и пустыни.

Географическая зональность в волжском каскаде проявляется в изменении ряда абиотических характеристик: увеличении с севера на юг прозрачности и общей минерализации, снижении цветности и взвешенных веществ, ослабления фотосинтетически активной радиации (ФАР) в толще воды. Монотонность изменений нарушается на участке Средней Волги, принимающем воды крупнейших притоков – Оки и Камы – и испытывающем наибольшее антропогенное воздействие [1].

Территория Волжского бассейна составляет примерно 8 % от всей площади Российской Федерации, на этой территории частично или полностью расположены 39 субъектов Российской Федерации, сконцентрировано около 45 % промышленного производства страны, производится примерно 50 % сельскохозяйственной продукции [2], что и предопределило высокую антропогенную нагрузку на р. Волгу и ее водохранилища.

По данным Федерального агентства водных ресурсов в 2008 г. в водные объекты бассейна Волги было сброшено 16,1 млрд. куб. м сточных вод, из которых 6,7 млрд. куб. м (41,6 %) составляли загрязненные (недостаточно очищенные или без очистки) сточные воды (тем не менее – на 7 % меньше по отношению к 2004 г.). На Волжский бассейн приходится более трети сброса сточных вод в России. Качество поверхностных вод бассей-

* Адрес для корреспонденции: debolsk@aqua.laser.ru

на Волги в большинстве случаев оценивается как «загрязненная» и «грязная» вода.

Волгу обычно подразделяют на три основные части – Верхнюю, Среднюю и Нижнюю. Границей между Верхней и Средней Волги считается место впадения р. Шексны у г. Рыбинска. Границу между Средней и Нижней Волгой проводят по плотине Волжской ГЭС [3].

В настоящее время опубликовано много работ, в которых обобщены результаты гидрохимических исследований на отдельных водохранилищах Волги [4-9, 13] или приводятся данные об их гидрохимическом режиме [10]. Опубликован также ряд работ, в которых как единая система рассматривается Верхняя Волга [11, 12, 14].

Обобщающих работ, в которых вся Волга рассматривалась бы как единая экологическая система, практически нет. Поэтому остаются необходимыми комплексные масштабные экспедиционные исследования современного экологического состояния и гидрохимического режима всей реки и ее водохранилищ.

Я.П. Корчагина,
инженер-лаборант
Учреждение
Российской
академии наук
Институт водных
проблем РАН

Л.И. Хрусталева,
инженер
Учреждение
Российской
академии наук
Институт водных
проблем РАН

Е.А. Чекмарева,
техник-лаборант
Учреждение
Российской
академии наук
Институт водных
проблем РАН

Такие исследования были выполнены Институтом водных проблем РАН в 2009 г. на борту НИС «Валаам 1». Экспедиция была проведена в два этапа: с 26 июня по 13 июля судно двигалось вниз по течению от порта Конаково до порта Астрахань, а с 22 июля по 13 августа – вверх по течению от порта Астрахань до порта Конаково (*рис. 1*).

Станции наблюдений (*табл. 2*) были приурочены, в основном, к затопленному руслу Волги. Гидрохимические характеристики определялись в поверхностном горизонте.

При движении судна вниз по течению непосредственно на судне определялись следующие показатели: температура воды, прозрачность, pH, электропроводимость, цветность, щелочность, растворенный кислород, $БПК_5$.

При движении судна вверх по течению в отобранных пробах воды, кроме выше перечисленных показателей, определялись также жесткость, кальций, магний, сульфаты, хлориды, натрий, железо общее, перманганатная окисляемость (ПО), фосфаты, минеральный и общий фосфор, аммонийный, нитритный и нитратный ионы.

Таблица 1

Основные морфометрические характеристики волжских водохранилищ по [7, 8]

Водохранилище	Объем, км^3		Площадь, км^2		Длина, км	Ширина наибольшая, км	Глубина, м		Расстояние от устья Волги, км	Годы заполнения и реконструкции
	полный	полезный	зеркала	мелководья до глубины 2 м			средняя	наибольшая		
Верхняя Волга										
Верхневолжское (НПУ=206 м)	0.794	0.526	179	–	92	4.4	4.4	16.1	3425	1843 (1943–1947)
Иваньковское (НПУ=124 м)	1.120	0.813	327	156	120	8.0	3.4	19.0	2970	1937
Угличское (НПУ=113 м)	1.245	0.809	249	89	143	5.0	5.0	23.2	2834	1940
Рыбинское (НПУ=109 м)	25.420	16.670	4550	950	250	56.0	5.6	30.4	2723	1941–1947
Средняя Волга										
Горьковское (НПУ=84 м)	8.82	3.900	1591	368	430	15.0	5.5	21.0	2275	1955–1957
Чебоксарское (при НПУ 63/68)	4,6/12,6	0/2,49	1080/2181	–	321/335	10/16.0	4.2/5.8	21/25	1954	1981
Куйбышевское (НПУ=53 м)	58.000	34.600	6450	1035	484	27.0	8.9	40.0	1470	1955–1957
Нижняя Волга										
Саратовское (НПУ=28 м)	12.870	1.750	1830	329	348	20.0	7.3	32.0	1122	1967–1968
Волгоградское (НПУ=15 м)	31.500	8.250	3120	565	546	17.0	10.1	41.1	576	1958–1960

Таблица 2

Станции наблюдений на р. Волге и волжских водохранилищах летом 2009 г.

№ станции	Станция	Водохранилище	№ станции	Станция	Водохранилище
1.	Городня	Иваньковское	38	Ульяновск	Куйбышевское
2.	Конаково		39	Климовка	
3.	Корчева		40	Тольятти, ВБ	
4.	Уходово		41	Напротив устья р. Сок	Саратовское
5.	Верхний бъеф (ВБ)		42	Выше г. Самара	
6.	Дубна	Угличское	43	В черте г. Самара	
7.	Прислон		44	Ниже г. Самара	
8.	Кимры		45	Брусяны	
9.	Белый Городок		46	Октябрьский	
10.	Устье р. Медведица		47	Выше г. Сызрань	
11.	Устье р. Нерль		48	Приволжье	
12.	Калязин		49	Хвалынск	
13.	Селище		50	Балаково ВБ	
14.	Углич, ВБ		51	Балаково	Волгоградское
15.	Углич	Рыбинское	52	Вольск	
16.	Мышкин		53	Маркс	
17.	Коприно		54	Пристанное	
18.	Переборы		55	Выше г. Саратов	
19.	Выше г. Рыбинск	Горьковское	56	В черте г. Саратов	
20.	Рыбинск, устье р. Шексна		57	Ниже г. Саратов	
21.	Красный Профинтерн		58	Камышин	
22.	Кострома		59	Горный Балыклей	
23.	Плес		60	Приморск	
24.	Кинешма		61	Волжский, ВБ	
25.	Юрьевец		62	Выше г. Волгоград	Нижняя Волга
26.	Выше г. Нижний Новгород	Чебоксарское	63	В черте г. Волгоград	
27.	Ниже г. Нижний Новгород		64	Красноармейский	
28.	Ленинская Слобода		65	Светлый Яр	
29.	Бармино		66	Черный Яр	
30.	Васильсурск		67	Никольское	
31.	Козьмодемьянск		68	Цаган-Аман	
32.	Чебоксары		69	Енотаевка	
33.	Звенигово	Куйбышевское	70	Замьяны	
34.	Волжск		71	Верхнее Лебяжье	
35.	Казань		72	Выше г. Астрахань	
36.	Камское Устье		73	В черте г. Астрахань	
37.	Тетюши				

Рис. 1. Водосборный бассейн р. Волги со створами наблюдений летом 2009 г.

Результаты и их обсуждение

Одной из важнейших характеристик качества вод является водородный показатель (pH), который имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения, величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5 [15].

Величина pH в волжских водах имеет наиболее низкие значения в местах поступления кислых болотных вод. Значения pH воды изменяются в течение года и, как правило, наибольших значений достигают в период интенсивного «цветения» синезеленых водорослей.

При движении судна вниз по течению значения pH изменялись в интервале от 7,4 в Угличском водохранилище до 8,8 в Куйбышевском (станция выше г. Тольятти).

При движении судна вверх по течению наблюдаемая температура воды была выше (*рис. 2*), что обусловило более интенсивное «цветение» воды и, соответственно, более высокие значения pH (*рис. 2, табл. 3*), чем при движении вниз по течению.

Преобладающая часть стока Волги формируется в зоне избыточного увлажнения (лесной), что обусловливает относительно низкое содержание солей в воде на всем протяжении реки [3]. Вода всех волжских водохранилищ среднеминерализована и относится к гидрокарбонатному классу вод кальцевой группы, к категории нейтрально-щелочных водоемов [16]. Оценочно судить о минерализации воды водоемов и водотоков можно по значениям электропроводимости.

При движении судна вниз по течению значения электропроводимости были выше, чем при движении судна вверх по течению (*рис. 3, табл. 3*) и колебались в диапазоне от 18,3 mS/m (Рыбинское водохранилище, напротив мыса Рожновский) до 53,3 mS/m (устье р. Ока, г. Нижний Новгород).

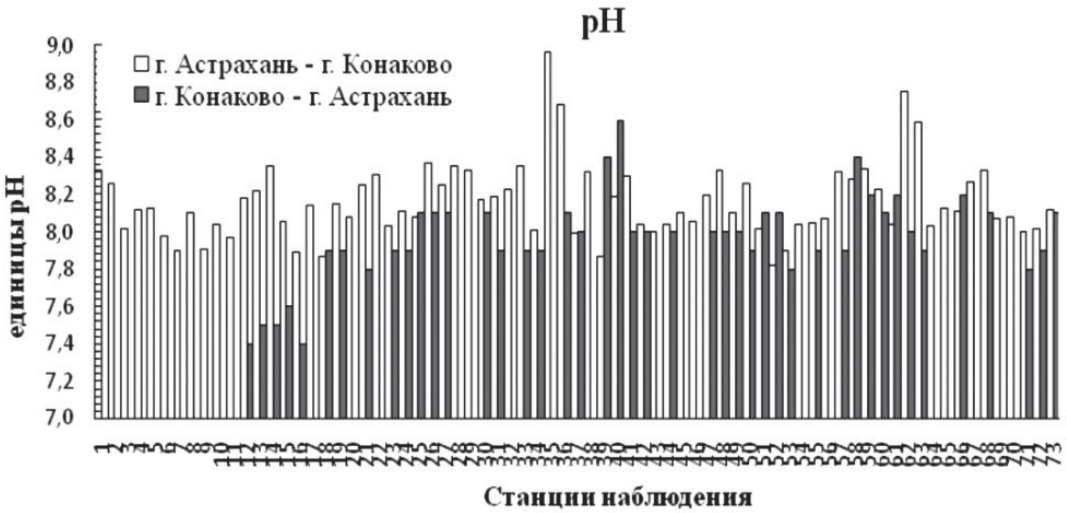


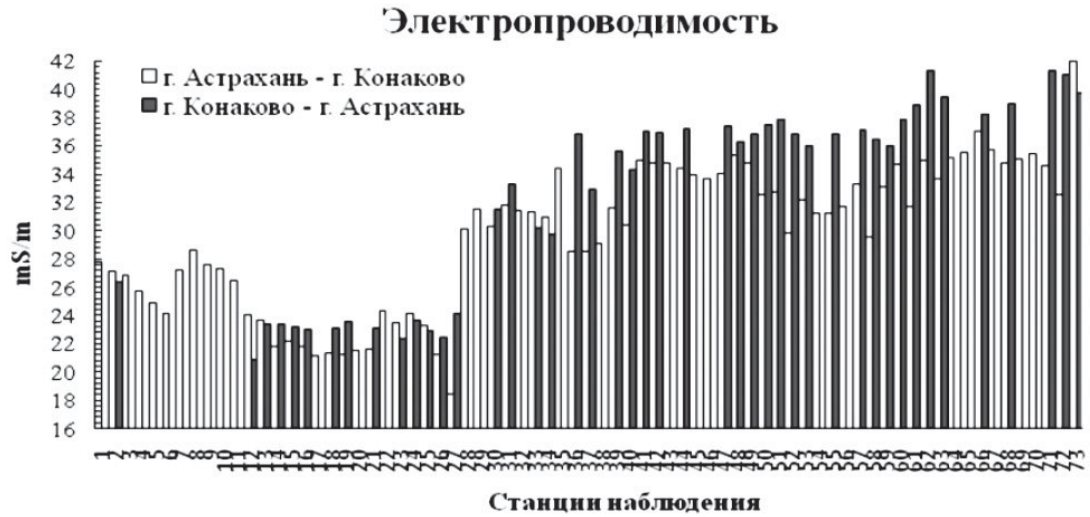
Рис. 2. Изменение температуры и pH в воде р. Волги летом 2009 г.

Таблица 3

Физико-химические характеристики воды р. Волги и волжских водохранилищ летом 2009 г.

№ п/п	Водохранилище	pH	æ, mS/m	Прозрачность, см	t, °C	O_2, мг/дм^3	% насыщения кислородом
1	Иваньковское	8,02-8,33 8,17	24,9-27,8 26,5	–	20,2-21,5 21,2	7,1-8,9 7,5	80,59-99,11 84,62
2	Угличское	7,90-8,35 8,07	21,8-28,6 25,6	–	21,4-22,2 21,9	6,0-7,6 6,7	69,52-87,86 77,64
3	Рыбинское	7,87-8,14 7,99	21,1-22,2 21,6	175-200 188	21,6-22,3 22,0	6,2-7,5 6,8	71,51-87,01 78,37
4	Горьковское	8,03-8,31 8,14	21,2-24,3 22,79	115-135 125	21,0-22,7 21,83	7,1-8,3 7,84	81,24-95,40 90,19
5	Чебоксарское	8,17-8,37 8,27	18,4-31,8 27,8	130-150 140	21,2-26,0 24,6	6,3-8,9 7,51	73,78-110,97 90,44
6	Куйбышевское	7,87-8,96 8,30	28,5-34,4 30,6	90-210 130	24,6-27,4 26,0	7,1-13,6 10,1	86,80-173,03 126,79
7	Саратовское	8,00-8,33 8,14	32,5-35,3 34,3	–	23,1-25,6 24,3	6,1-7,8 7,0	72,79-96,53 84,30
8	Волгоградское	7,82-8,34 8,10	29,6-34,7 31,9	125-450 259	25,6-30,8 27,2	8,0-9,7 8,5	95,30-132,51 108,90
9	Низовья Волги	8,00-8,75 8,21	32,5-42,0 35,5	70-300 118	26,0-29,1 27,5	7,2-11,5 9,2	87,10-150,13 117,79

Примечание: над чертой минимальные и максимальные значения, под чертой средние значения



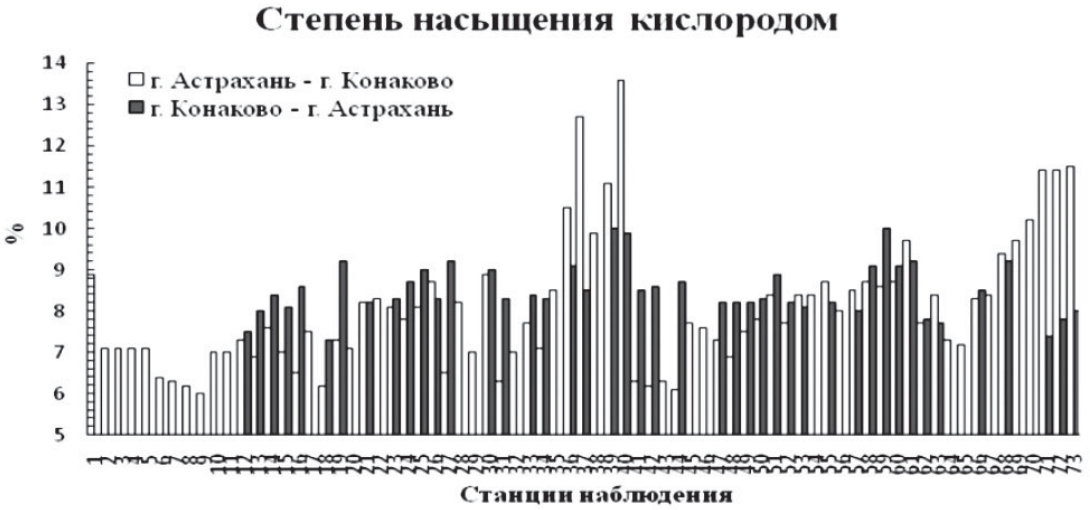


Рис. 3. Изменение электропроводимости и степени насыщения кислородом в воде р. Волги летом 2009 г.

Наряду с высокой минерализацией водам р. Оки свойственно повышенное содержание анионов сильных кислот, особенно сульфатов, концентрация которых в меженный период в 4-6 раз выше, чем в волжских водах [3].

Выполненные в 2009 г. исследования показали, что концентрация сульфатов в воде Верхневолжских водохранилищ не превышает 14,4 мг/дм^3 и в среднем изменяется в интервале 8,3-9,3 мг/дм^3 (*табл. 4*).

После впадения р. Оки концентрации сульфатов в воде Чебоксарского водохранилища возрастали и колебались в диапазоне от 19 до 39 мг/дм^3 (*табл. 4*). Дальнейшее увеличение концентраций наблюдалось в водохранилищах Нижней Волги.

Концентрация хлоридов в воде Волги изменяется также скачкообразно. До Нижнего Новгорода концентрация хлоридов не превышала 6,3 мг/дм^3, после Нижнего Новгорода наблюдалось увеличение до 11,1 мг/дм^3, в устье Камы концентрации возросли до 23,4 мг/дм^3, а в черте г. Астрахань – до 31,6 мг/дм^3.

В распределении иона натрия наблюдается та же тенденция, что и для хлоридного иона: от Конаково до Нижнего Новгорода не выше 1 мг/дм^3, потом идет увеличение до 4,8 мг/дм^3 в районе Ульяновска и до 6,0-6,9 мг/дм^3 – в Саратовском и Волгоградском водохранилищах (*табл. 4*).

Для р. Волги в черте г. Астрахань характерны высокие концентрации хлоридов, сульфатов и натрия, что является свидетельством влияния сбросов загрязненных стоков с территории города.

Кислород является весьма подвижным и химически активным компонентом природных вод, определяющим интенсивность окислительных и восстановительных биохимических процессов. Концентрация растворенного кислорода в поверхностных водах изменяется от нуля до 14 мг/дм^3 и подвержена значительным сезонным и суточным колебаниям, которые, в основном, зависят от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления. В случае высокой интен-

Таблица 4

Концентрации главных ионов в воде р. Волги и волжских водохранилищ летом 2009 г.

№ п/п	Водохранилище	Ca^{2+}, мг/дм^3	Mg^{2+}, мг/дм^3	Na^{+}, мг/дм^3	HCO_3^-, мг/дм^3	SO_4^{2-}, мг/дм^3	Cl^-, мг/дм^3
1	Иваньковское	36,0-41,0 39,2	8,5-10,9 9,22	0,2-0,4 0,3	115,9-155,5 132,96	7,0-14,4 9,3	4,0-4,4 4,2
2	Угличское	32,0-41,0 37,6	8,5-10,3 9,4	0,1-0,8 0,4	97,6-129,6 118,8	7,0-10,0 8,9	2,2-6,3 4,6
3	Рыбинское	31,0-34,0 32,3	7,9-10,3 8,8	0,1-0,7 0,3	76,2-85,4 80,1	7,0-9,0 8,3	1,9-2,5 2,3
4	Горьковское	30,0-33,0 31,6	7,3-10,9 8,8	0,1-2,9 0,6	79,3-91,5 84,5	10,0-34,0 15,1	2,5-3,9 3,3
5	Чебоксарское	30,1-48,1 42,2	6,1-12,8 10,4	0,2-2,9 1,8	91,5-109,8 102,0	19,0-39,0 28,4	3,2-11,1 8,2
6	Куйбышевское	43,0-47,0 45,1	9,1-13,4 11,2	2,4-9,9 5,6	91,5-109,8 99,1	32,0-41,0 36,4	10,1-23,4 16,7
7	Саратовское	45,0-47,0 46,0	9,7-12,2 10,5	7,8-9,9 8,7	109,8-115,9 112,2	32,0-46,0 38,4	20,9-23,1 22,0
8	Волгоградское	42,0-50,0 44,6	10,3-12,2 11,0	7,3-12,4 8,5	109,8-134,2 118,4	35,0-54,0 41,1	20,6-24,1 21,4
9	Низовья Волги	48,0-53,0 50,4	10,9-14,0 11,8	9,8-40,5 15,1	128,1-158,6 138,5	30,0-106,0 47,2	21,5-31,6 25,2

Примечание: над чертой – минимальные и максимальные значения, под чертой – средние значения

сивности фотосинтеза вода может быть значительно перенасыщена кислородом [15].

В период экспедиционных исследований содержание растворенного в воде кислорода изменялось в диапазоне от 6,0 до 13,6 мг/дм^3 (*табл. 3*). Перенасыщение воды кислородом в результате интенсивного фотосинтеза фитопланктона наблюдалось при движении вверх по течению, в основном, на Нижней Волге – в Волгоградском и Куйбышевском водохранилищах (*рис. 3*) . Насыщение воды кислородом на Нижней Волге достигало 150 % (г. Астрахань), в верхнем бъефе Волгоградского водохранилища – 132,5 %, а в верхнем бъефе Куйбышевского водохранилища – 173 % (*табл. 3*).

Определение БПК$_5$ в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. Величины БПК$_5$ используются также при контролировании эффективности работы очистных сооружений. В поверхностных водах величины БПК$_5$ изменяются, обычно, в пределах 0,5–4,0 мг O_2/дм^3 и подвержены сезонным и суточным колебаниям [15]. Значение ПДК для БПК$_5$ рыбохозяйственных водоемов составляет 2,0 мгO_2/дм^3.

При движении вниз по течению превышение ПДК по БПК$_5$ наблюдалось в Угличском, Рыбинском. Чебоксарском и Куйбышевском водохранилищах (*рис. 4, табл. 5*).

Наибольшее значение в 6,7 мгO_2/дм^3 было зафиксировано в Куйбышевском водохранилище выше г. Казань, что может быть свидетельством локального загрязнения.

При движении судна вверх по течению превышение ПДК по БПК$_5$ было зафиксирова-

Таблица 5

Показатели содержания органического вещества в воде р. Волги и волжских водохранилищ летом 2009 г.

№ п/п	Водохранилище	БПК$_5$, мгO_2/дм^3	Цветность, град.	ПО, мгО/дм^3
1	Иваньковское	1,9-5,3 3,5	50-80 73	9,7-12,2 10,9
2	Угличское	1,5-4,2 2,3	80-120 96	11,7-14,7 13,1
3	Рыбинское	0,9-1,5 1,2	80-90 85	13,9-15,2 14,5
4	Горьковское	0,3-1,6 0,9	60-85 76	10,2-13,9 12,6
5	Чебоксарское	0,9-6,8 3,8	50-60 51	9,6-12,2 10,7
6	Куйбышевское	1,2-7,8 4,9	45-50 48	7,1-10,1 8,7
7	Саратовское	0,3-7,0 2,3	25-35 31	6,5-7,8 7,0
8	Волгоградское	1,0-7,6 3,7	25-30 26	6,0-7,9 6,6
9	Низовья Волги	1,5-8,0 3,2	25-30 25	6,4-9,2 7,5

Примечание: над чертой – минимальные и максимальные значения, под чертой – средние значения

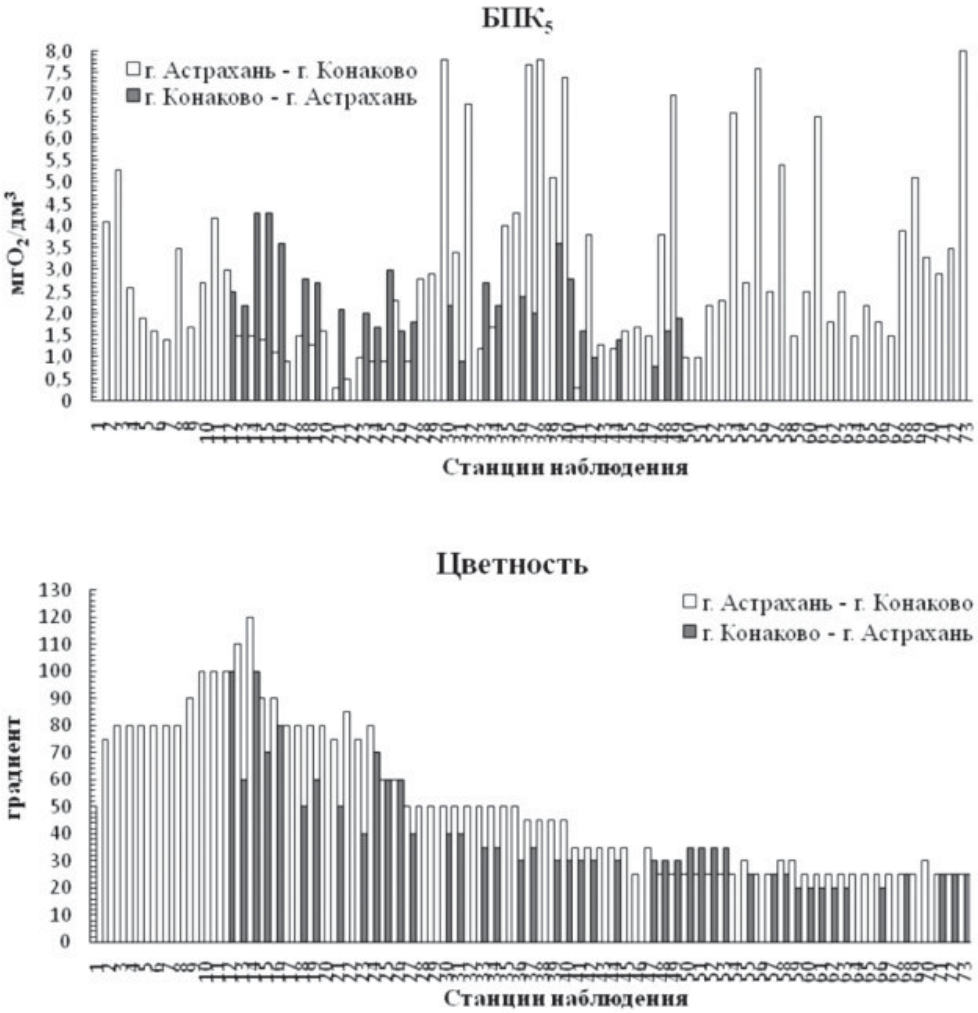


Рис. 4. Изменение БПК и цветности в воде р. Волги летом 2009 г.

но во всех водохранилищах, кроме Рыбинского и Горьковского, и на Нижней Волге. Максимальное значение (8,0 мгO_2/дм^3) наблюдалось в черте г. Астрахань. Высокие значения БПК$_5$, как правило, были отмечены в верхних бъефах ГЭС, где также были зафиксировано перенасыщение воды кислородом в результате интенсивного фотосинтеза фитопланктона, а также в точках сброса сточных вод.

Прозрачность воды в Рыбинском, Горьковском, Чебоксарском и Куйбышевском водохранилище не превышала 2 м. На глубоководных участках Саратовского и Волгоградского водохранилищ величина прозрачности варьировала в интервале от 2,5 до 4,5 м. В низовьях Волги прозрачность воды, в основном, изменялась в интервале от 0,7 до 0,9 м.

На цветность природных вод влияют вещества, поступающие в результате процессов химического выветривания горных пород, с подземным стоком, при вымывании из почв и торфяников.

Наиболее высокие значения цветности (*рис. 4*) наблюдались в верхневолжских водохранилищах, что связано со значительной заболоченностью их водосборных бассейнов и поступлением высоко окрашенных болотных вод с притоками в Иваньковское, Угличское, Рыбинское и Горьковское водохранилища. Максимальное значение цветности в 120 градусов Pt-Co шкалы было зафиксировано в Угличском водохранилище у п. Селище (станция 13). После Нижнего Новгорода наблюдалось снижение значений цветности до 50 градусов Pt-Co шкалы. В Саратовском и Волгоградском водохранилищах значения цветности уменьшились до 25-35 градусов Pt-Co шкалы, а на Нижней Волге до 25-30 градусов Pt-Co шкалы. Таким образом, вниз по течению наблюдается значительное снижение цветности воды, что связано, прежде всего, с географической зональностью.

Перманганатная окисляемость (ПО) является косвенной характеристикой содержания в воде органических и минеральных веществ. Величины ПО в большой степени зависят от цветности воды, наибольшие значения ПО наблюдались в водохранилищах Верхней и Средней Волги, а наименьшие значения – в водохранилищах Нижней Волги. Максимальные значения в 15 мгО/дм^3 наблюда-

лись в Угличском и Рыбинском водохранилищах. В Саратовском и Волгоградском водохранилищах значения ПО не превышали 7,8-7,9 мгО/дм^3 (*табл.* 5).

Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот – гуматами. Для региона Верхней Волги характерна высокая степень заболоченности водосборов, вследствие чего болотные воды играют значительную роль в питании водоемов и водотоков и определяют повышенные концентрации железа в воде водных объектов.

Концентрации железа общего практически во всех створах наблюдений летом 2009 г. не превышали 0,1 мг/дм^3, но в водохранилищах Верхней Волги были более высокие концентрации по сравнению с остальными водохранилищами. Наибольшая концентрация в 0,26 мг/дм^3 отмечалась на станции 22 у г. Кострома (Горьковское водохранилище).

Фосфор является одним из главных биогенных элементов, определяющих продуктивность водного объекта. Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах изменяется от 0,005 до 0,2 мг/дм^3 и зависит от многих факторов: процессов выветривания почв и пород, скорости распада органических веществ, гидробиологических процессов и др.

Важным фактором повышения содержания фосфора в природных водах, нередко приводящим к значительному эвтрофированию водных объектов, является хозяйственная деятельность человека. Загрязнению природных вод фосфором способствует широкое применение фосфорных удобрений, полифосфатов как моющих средств, флотореагентов и умягчителей воды. Органические и минеральные соединения фосфора образуются при биологической переработке остатков животных и растительных организмов, а также в процессах биологической очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод [15].

Во всех отобранных пробах определились минеральный и общий фосфор, результаты химического анализа приведены в *табл. 6*.

Таблица 6

Содержание биогенных элементов в воде р. Волги и волжских водохранилищ летом 2009 г.

№ п/п	Водохранилище	PO_4^-, мг/дм^3	$P_{общ.}$, мг/дм^3	NH_4^+, мг/дм^3	NO_2^-, мг/дм^3	NO_3^-, мг/дм^3	$Fe_{общ.}$, мг/дм^3
1	Иваньковское	0,10-0,16 0,13	0,040-0,071 0,054	0,20-0,32 0,24	0,015-0,018 0,016	0,4-2,1 1,62	0,03-0,05 0,04
2	Угличское	0,11-0,27 0,19	0,041-0,112 0,080	0,25-0,71 0,38	0,04-0,06 0,05	0,4-2,6 2,03	0,04-0,08 0,06
3	Рыбинское	0,05-0,19 0,13	0,041-0,075 0,062	0,29-0,40 0,35	0,04-0,05 0,05	1,4-2,6 2,03	0,06-0,13 0,08
4	Горьковское	0,05-0,11 0,09	0,023-0,056 0,040	0,25-0,76 0,36	0,05-0,09 0,07	1,4-3,0 1,84	0,03-0,26 0,09
5	Чебоксарское	0,07-0,31 0,21	0,032-0,121 0,086	0,17-0,32 0,23	0,04-0,07 0,05	2,4-3,9 2,93	0,02-0,05 0,03
6	Куйбышевское	0,016-0,28 0,17	0,030-0,099 0,069	0,17-1,50 0,67	0,03-0,15 0,06	0,3-2,9 1,6	0,03-0,05 0,04
7	Саратовское	0,07-0,17 0,11	0,043-0,076 0,056	0,02-0,16 0,09	0,02-0,06 0,04	2,0-3,3 2,43	0,04-0,11 0,05
8	Волгоградское	0,09-0,27 0,15	0,042-0,108 0,069	0,04-1,34 0,26	0,01-0,20 0,04	0,4-3,2 2,34	0,03-0,07 0,05
9	Низовья Волги	0,03-2,29 0,30	0,040-0,826 0,126	0,10-1,00 0,32	0,02-0,25 0,08	0,4-3,6 1,96	0,02-0,09 0,05

Примечание: над чертой – минимальные и максимальные значения, под чертой – средние значения

Наибольшие концентрации общего и минерального фосфора были зафиксированы в черте г. Астрахань, что является влиянием загрязненных стоков с территории города. Относительно высокие концентрации по сравнению с Горьковским водохранилищем наблюдались в Чебоксарском водохранилище. Из верхневолжских водохранилищ наибольшие концентрации отмечены в Угличском водохранилище (*табл. 6*). На станциях в черте больших городов и ниже крупных городов концентрации фосфора увеличиваются по сравнению со станциями выше городов, что является следствием влияния хозяйственно-бытовых стоков.

Неорганические соединения азота (аммоний, нитриты и нитраты) образуются в воде в результате биохимического разложения и окисления органических остатков как природного происхождения, так и попадающих в реки и водоемы со сточными водами. [15] .

Концентрации иона аммония (*табл. 6*) летом 2009 г. во всех волжских водохранилищах, в основном, не превышали ПДК (0,5 мг/дм^3). Более высокие концентрации отмечались в верхневолжских водохранилищах, что связано с большей заболоченностью их водосборных бассейнов. Высокие концентрации (свыше 1 мг/дм^3) отмечались ниже крупных городов (Кострома, Ульяновск, Тольятти, Саратов, Астрахань), что можно объяснить влиянием хозяйственно-бытовых и промышленных стоков.

Все наблюдаемые концентрации нитрит-иона (*табл.6*) были, в основном, ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов (0,08 мг/дм^3). Высокие концентрации, превышающие ПДК, могут быть объяснены локальным загрязнением. Концентрации нитрат-иона летом 2009 г. в воде волжских водохранилищ изменялись в широком диапазоне – от 0,3 до 3,8 мг/дм^3 (*табл. 6*). В пунктах наблюдений, где были зафиксированы наименьшие концентрации нитрат-иона (Конаково, Кимры, Тетюши, Ульяновск, Тольятти, Саратов, Волгоград, Астрахань), отмечалось бурное «цветение» фитопланктона.

Заключение

Экспедиционные исследования в летнюю межень 2009 г. позволили оценить современное гидрохимическое состояние Волги и ее водохранилищ и сравнить изменение ряда гидрохимических характеристик за предыдущие годы. Это сравнение показало небольшое отличие современных значений гидрохимических характеристик от измеренных в период до 90-х годов.

Ключевые слова: водохранилище, гидрохимический режим, солевой состав, органическое вещество, биогенные элементы

Поскольку ряд показателей (pH, цветность, электропроводимость, прозрачность, щелочность, БПК$_5$, растворенный кислород) определялся при движении судна вниз и вверх по течению, было прослежено изменение этих показателей во времени и при повышении температуры воды.

Показано, что вниз по течению Волги происходит увеличение минерализации воды, жесткости, прозрачности, концентраций ионов кальция, магния, сульфатов, хлоридов, натрия и уменьшение цветности и перманганатной окисляемости. При этом резкие скачки в изменении большинства показателей были зафиксированы после впадения рек Оки и Камы.

Максимальные значения БПК$_5$ при движении судна вверх по течению от Астрахани были выше, чем при движении вниз по течению и практически во всех водохранилищах превышали ПДК, что связано с увеличением продуцирования органического вещества в водохранилищах при увеличении температуры воды.

Для р. Волги в черте г. Астрахань характерны высокие концентрации хлоридов, сульфатов и натрия, что является свидетельством влияния загрязненных стоков с территории города.

Сравнительный анализ некоторых показателей гидрохимического режима волжских водохранилищ со средними летними значениями за период с 1969 по 1974 гг. [3] показал, что однозначной тенденции в изменении значений суммы главных ионов за многолетней период для всех водохранилищ волжского каскада не наблюдалось. В одних водохранилищах (Горьковское, Волгоградское) за многолетний период произошло увеличение суммы главных ионов в летний период, а в других (Иваньковское, Рыбинское, Саратовское) – уменьшение, или значения были близки к средним многолетним (Угличское водохранилище).

Что касается концентраций отдельных компонентов, то за многолетний период произошло увеличение концентраций магния в воде большинства водохранилищ по сравнению со средними многолетними значениями. Концентрация хлоридов и сульфатов практически во всех замыкающих створах водохранилищ летом 2009 г. были меньше значений средних за период с 1969 по 1974 гг. [3]. Можно полагать, что это связано с уменьшением количества сульфатов и хлоридов, поступающих со сточными водами городов волжского бассейна.

Литература

1. Минеева Н.М. Водохранилища как среда обитания гидробионтов//Труды межд. научно-практ. конф. «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т.II., Пермь, 2007. С. 254-259.
2. Состояние окружающей природной среды бассейна реки Волги (1992-2004 гг.). Н. Новгород, 2005. 167 с.
3. Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 350 с.
4. Былинкина А.А. Гидрохимический режим Угличского водохранилища и факторы его формирования / Былинкина А.А., Трифонова Н.А. //Фауна и биология пресноводных организмов. Л.: Наука, 1987. С.250-271.
5. Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1978. 304 с.
6. Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны. М.: Наука, 2000. 344 с.
7. Кочеткова М.Ю. Особенности формирования и трансформации качества воды Горьковского и Чебоксарского водохранилищ. Автореферат на соискание уч. степ. к.г.н. М.: 2009. 28 с.
8. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник). Тольятти: Кассандра. 2008. 123 с.
9. Рыбинское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1972. 364 с.
10. Дебольский В.К. Проблемы формирования качества воды в поверхностных источниках водоснабжения и пути их решения на примере Иваньковского водохранилища. / Дебольский В.К., Кочарян А.Г., Григорьева И.Л., Лебедева И.П., Толкачев Г.Ю. //Вода. Химия и Экология.2009. № 7. С. 2-11.
11. Бикбулатов Э.С.. Гидрохимическая характеристика верхневолжских водохранилищ в меженный период 1997 г. / Бикбулатов Э.С., Лебедев Ю.М., Литвинов А.С., Бикбулатова Е.М., Рощупко В.Ф., Ершов Ю.В., Цельмович О.Л. //Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 5. С. 606-614.
12. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водохранилища Верхней Волги. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 291 с.
13. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР Куйбышевское и Саратовское водохранилища. Л.: Гидрометеоиздат. 1978. 269 с.
14. Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль, 2001. 427 с.
15. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеоиздат. 1988. 240 с.
16. Корнева Л.Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов// Автореферат дисс. на соискание ученой степени доктр. биол. наук.Санкт-Петербург. 2009. 48 с.

V.K. Debol'skij, I.L. Grigorjeva, A.B. Komissarov, Ya.P. Korchagina, L.I. Khrustaleva, E.A. Chekmareva

CURRENT HYDROCHEMICAL DESCRIPTION OF VOLGA RIVER AND ITS RESERVOIRS

In the research centre «Valaam 1» (Water Problems Institute of RAS) in summer 2009 there was carried out a field work that provides the basis for current hydrochemical description of the Volga River and its reservoirs. Fluctuation of hydrochemical parameters was measured from Konakovo up to Astrakhan port (the mouth area) in the period of summer low water level. Hydrochemical parameters trends for a long-term period were analyzed.

Key words: water reservoir, hydrochemical mode, salt compound, organic substances, biogenic elements