

УДК 551.579  
ББК 26.222.6  
С 568

С 568

**Современные** проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. Междунар. науч.-практ. конф. (28 мая – 30 мая 2013 г., Пермь); в 3 т. Т.2: Химический состав и качество воды / науч. ред. А.Б. Китаев; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 214 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-2092-0 (т. 2)

ISBN 978-5-7944-2090-6

Дается характеристика химического состава и качества воды и донных отложений естественных и искусственных водоемов и водотоков России, а также стран ближнего и дальнего зарубежья. Большое внимание уделено вопросам качества воды в источниках водоснабжения городов и промышленных предприятий. Освещены принципы организации регулируемого отведения сточных вод в водные объекты, локализации трудноочищаемых промышленных отходов в недра. Рассмотрены вопросы загрязнения водных объектов за счет поступления вод из подземных горизонтов.

Материалы конференции могут заинтересовать специалистов в области гидрохимии водотоков и водоемов.

Посвящается памяти выдающегося ученого-гидролога, доктора географических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора *Юрия Михайловича Матарзина*

**УДК 551.579**  
**ББК 26.222.6**

Печатается по решению оргкомитета конференции  
при финансовой поддержке Федерального агентства водных ресурсов

*Научные редактор: А.Б. Китаев*

ISBN 978-5-7944-2092-0 (т. 2)  
ISBN 978-5-7944-2090-6

© Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, 2013

4 Каниковская А.А., Садчиков А.П. Сезонные изменения взаимоотношений фито- и бактериопланктона в толще воды мезотрофного водоема // деп. ВИНТИ. Москва, 1985.

5 Мартынова М.В. Об участии донных отложений в круговороте фосфора в водоеме // Гидрохимические исследования поверхностных подземных вод района Можайского водохранилища. М.: Изд-во МГУ, 1977. С.52-61.

## **СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИВАНЬКОВСКОГО И УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ**

И.Л. Григорьева, Irina\_Grigorieva@list.ru  
*Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия*

Исследование гидрохимических режимов Иваньковского и Угличского водохранилищ в 2010-2012 гг. показало, что для обоих водохранилищ характерно относительно невысокое содержание солей и повышенные значения цветности и перманганатной окисляемости. Концентрации железа общего в воде водохранилищ могут достигать 2-3 ПДК, а концентрации марганца 10-15 ПДК. В зимний период при наибольшей сработке уровня происходит увеличение минерализации воды, концентраций железа общего, аммонийного и нитратного азота.

## **THE MODERN HYDROCHEMICAL ASSESSMENT OF THE IVANKOVO AND UGLICH RESERVOIRS**

I.L. Grigorieva  
*Water Problems Institute of RAS, Moscow, Russia*

The hydrochemical researching of the Ivankovo and Uglich Reservoirs was made in 2010-2012. The investigation is shown the low contains of salt components and high chromaticity and oxidability of water. The concentrations of iron reach the double or triple levels of the occupational exposure limit. The concentrations of manganese reach 15 levels of the occupational exposure limit. During the winter reservoirs levels drawdown the increasing of water mineralization, iron contains, ammonium and nitrates are going.

Иваньковское и Угличское водохранилища являются первой и второй ступенью волжской ветви Волжско-Камского каскада водохранилищ и расположены в подзоне хвойно-широколиственных лесов лесной зоны.

Иваньковское водохранилище было заполнено в 1937 г. Его берега низкие и только в немногих местах умеренно возвышенные. Площадь водосбора водохранилища составляет 41000 км<sup>2</sup>, из которых леса занимают 39%, болота 2.8%, озера 2.2% [1]. Площадь зеркала водохранилища составляет 327 км<sup>2</sup> и имеет расчлененную лопастную форму. Водоохранилище обычно подразделяют на три основных плеса: Иваньковский (приплотинный), Шошинский – в пойме рек Шоши и Ламы и Волжский, протянувшийся от устья р. Сози до выклинивания подпора выше места впадения р. Тьмы.

Главная роль в питании Иваньковского водохранилища принадлежит Волге, сток которой составляет 57% общего притока речной воды. Наиболее многоводный левый приток — р. Тверца впадает в водохранилище с севера близ г. Тверь. Воды Тверцы составляют 25% общего притока воды в водохранилище. Из общего количества воды, аккумулированной в Иваньковском водохранилище, приблизительно 75% сбрасывается через Иваньковскую плотину в Угличское водохранилище, а около 25% поступает в канал им. Москвы.

Ниже плотины Иваньковского гидроузла Волга поворачивает к северо-востоку. На этом участке Верхневолжская низменность с юго-востока окаймлена отрогами Клинско-Дмитровской гряды, Угличской и Борисоглебской возвышенностями [1]. Здесь в 1940 г. было заполнено Угличское водохранилище — типичное долинное водохранилище со слабо развитой береговой линией. Длина водохранилища составляет 136 км, площадь зеркала — 249 км<sup>2</sup>, полный объем — 1.24 км<sup>3</sup>, полезный — 0.83 км<sup>3</sup>. Берега низкие или умеренно возвышенные [1].

Площадь водосбора Угличского водохранилища составляет 60020 км<sup>2</sup>, из которых леса занимают 42%, болота 11%, озера 2%. Боковая приточность невелика, в среднем составляет 3.360 км<sup>3</sup>, сброс через Угличский гидроузел равен 11.0 км<sup>3</sup> в год [1].

Исследование современных гидрохимических режимов водохранилищ проводилось в 2010 – 2012 гг. Отбор проб воды производился из поверхностного горизонта на фарватере в ряде створов наблюдений. Химический анализ проб воды был выполнен по аттестованным методикам в гидрохимической лаборатории Иваньковской НИС ИВП РАН,

В пробах воды определялись параметры и ингредиенты, характеризующие: общие физико-химические свойства природных вод (рН, общая щелочность, электропроводимость стандартная ( $E_{25}$ ), общая жесткость, минерализация воды, взвешенные вещества, растворенный кислород); солевой состав воды (гидрокарбонаты ( $HCO_3^-$ ), магний ( $Mg^{2+}$ ), кальций ( $Ca^{2+}$ ), сульфаты ( $SO_4^{2-}$ ), хлориды (Cl), натрий ( $Na^+$ ), калий ( $K^+$ )); содержание биогенных элементов (фосфаты ( $PO_4^{3-}$ ), растворенный общий фосфор ( $P_{общ.}^{раств.}$ ), аммонийный ( $NH_4^+$ ), нитритный ( $NO_2^-$ ), нитратный ( $NO_3^-$ ) азот; косвенно содержание органического вещества (цветность, перманганатная окисляемость (ПО), БПК<sub>5</sub>); наличие микроэлементов (железо общее ( $Fe_{общ.}$ ) и марганец ( $Mn^{2+}$ )).

Величина концентрации ионов водорода (рН) имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Как показали исследования, в среднем значения рН воды Иваньковского водохранилища изменяются от 7.1 до 7.7, а Угличского от 7.2 до 7.6 (табл. 1).

**Среднесезонные значения физико-химических показателей в замыкающих створах Ивановского (1) и Углицкого (2) водохранилищ за 2010-2012 гг.**

№ п/п	Сезон	pH	$\chi$ , mS/m	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>
1	зима	7.1	37	2.6	8.0
	весна	7.1	21.5	1.8	6.3
	лето	7.6	20.4	2.3	-
	осень	7.7	29.7	4.0	5.5
2	зима	7.2	40.5	2.2	0.9
	весна	7.2	21.0	2.8	-
	лето	7.6	22.9	8.3	-
	осень	7.4	31.6	2.6	-

Оценочно судить о минерализации воды водоемов и водотоков можно по значениям электропроводности. Наибольшие значения электропроводности воды обоих водохранилищ отмечены в зимний период и составили соответственно для Ивановского водохранилища – 37 mS/m, а для Углицкого – 40.5 mS/m. Наименьшие значения электропроводности отмечены в воде Ивановского водохранилища летом (20.4 mS/m), а в воде Углицкого водохранилища весной (21.0 mS/m).

Поскольку сток верхней Волги формируется в зоне избыточного увлажнения (лесной), то для ее водохранилищ, и, в частности, Ивановского и Углицкого, характерно относительно низкое содержание солей (табл. 2). Среднесезонные значения минерализации воды Ивановского водохранилища в замыкающем створе колеблются в интервале от 177 мг/дм<sup>3</sup> (лето) до 248 мг/дм<sup>3</sup> (зима); а для Углицкого – от 157 мг/дм<sup>3</sup> (весна) до 229 мг/дм<sup>3</sup> (зима).

По содержанию сульфатов и хлоридов в воде водоемов и водотоков можно судить об их техногенном загрязнении. Наибольшие концентрации сульфат-аниона отмечены в воде Углицкого водохранилища в зимний период (22.3 мг/дм<sup>3</sup>), а наименьшие (5.0 мг/дм<sup>3</sup>) отмечены в воде Ивановского водохранилища в осенний период (табл. 2).

Во всех отобранных пробах определились минеральный растворенный и общий растворенный фосфор, результаты химического анализа помещены в табл.3.

Фосфор является одним из главных биогенных элементов, определяющих продуктивность водного объекта. Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах обычно изменяется от 0.005 до 0.2 мг/дм<sup>3</sup> и зависит от многих факторов, одним из которых является хозяйственная деятельность человека [2]. Концентрации общего фосфора в замыкающем створе Ивановского водохранилища в среднем изменяются от 0.051 мгР/дм<sup>3</sup>(летом) до 0.087 мгР/дм<sup>3</sup>(зимой), а в замыкающем створе Углицкого водохранилища – от 0.064 мгР/дм<sup>3</sup>(весной) до 0.077 мгР/дм<sup>3</sup>(осенью).

**Среднесезонные значения концентрации главных ионов (мг/дм<sup>3</sup>) и минерализации воды (мг/дм<sup>3</sup>) в замыкающих створах Ивановьковского (1) и Углицкого (2) водохранилищ за 2010-2012 гг.**

№ п/п	Сезон	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>-</sup> + K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	М
1	зима	43	12.8	2.5	174	9.2	6.3	248
	весна	33	10.5	5.1	133	16.2	4.7	203
	лето	31	6.9	4.1	126	6.9	2.1	177
	осень	34	8.5	3.7	145	5.0	3.2	199
2	зима	34	10.7	12.3	138	22.3	9.7	229
	весна	29	6.9	2.2	103	10.7	3.2	157
	лето	33	6.8	4.4	130	8.2	2.4	186
	осень	37	9.8	4.2	151	10.2	5.2	222

Таблица 3

**Среднесезонные значения биогенных элементов в замыкающих створах Ивановьковского (1) и Углицкого водохранилищ (2) за 2010-2012 гг.**

№ п/п	Сезон	P <sub>мин.</sub> мгP/дм <sup>3</sup>	P <sub>общ.</sub> мгP/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	SiO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>общ.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
1	зима	0.047	0.087	0.59	0.005	0.74	3.1	0.29
	весна	0.022	0.075	0.35	0.008	0.57	2.9	0.24
	лето	0.026	0.061	0.26	0.008	0.17	1.0	0.18
	осень	0.024	0.063	0.45	0.005	0.15	1.1	0.11
2	зима	0.023	0.066	0.39	0.008	1.36	2.9	0.19
	весна	0.025	0.064	0.20	0.013	0.46	2.5	0.20
	лето	0.034	0.067	0.25	0.005	0.22	1.4	0.08
	осень	0.045	0.077	0.32	0.013	0.53	2.4	0.19

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 [2]. В воде верхневолжских водохранилищ наибольшие концентрации аммонийного и нитратного азота наблюдаются в зимний период. При этом наибольшие концентрации нитратного азота (до 1.36 мгN/дм<sup>3</sup>) в последние годы отмечаются в замыкающем створе Углицкого водохранилища, а наибольшие концентрации аммонийного азота (до 0.59 мгN/дм<sup>3</sup>) в замыкающем створе Ивановьковского (табл. 3).

Оценка содержания органического вещества в воде верхних бьефов Ивановской и Угличской ГЭС производилась по таким показателям как: БПК<sub>5</sub>, цветность и перманганатная окисляемость (табл. 4).

Как известно, определение БПК<sub>5</sub> в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды. В поверхностных водах величины БПК<sub>5</sub> изменяются обычно в пределах 0.5–4.0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и подвержены сезонным и суточным колебаниям [2]. Значение ПДК для БПК<sub>5</sub> рыбохозяйственных водоемов составляет 2.0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Более высокие значения БПК<sub>5</sub> в последние годы отмечены в воде Ивановского водохранилища (табл. 4), поскольку органическая нагрузка на водоем высока.

На цветность природных вод влияют вещества, поступающие в результате процессов химического выветривания горных пород, с подземным стоком, при вымывании из почв и торфяников. Для всех верхневолжских водохранилищ характерна высокая цветность воды. Исследования последних лет показали, что средние значения цветности воды обоих водохранилищ могут достигать в весенний период более 90 градусов цветности, а в зимний период не превышать 40 градусов цветности.

Перманганатная окисляемость(ПО) является косвенной характеристикой содержания в воде органических и минеральных веществ. Величины ПО в большой степени зависят от цветности воды, поэтому в воде Ивановского и Угличского отмечаются повышенные значения ПО (табл. 4).

Таблица 4

**Среднесезонные значения показателей органического вещества и концентраций марганца в створах Ивановского водохранилища за 2010-2012 гг.**

№ п/п	Сезон	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Цветность, град.	ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	Мп, мг/дм <sup>3</sup>
1	зима	0.9	69	12.7	0.12
	весна	3.0	91	12.9	0.15
	лето	3.0	79	14.0	0.02
	осень	2.5	58	14.2	0.04
2	зима	-	40	13.4	0.15
	весна	2.0	93	17.6	0.10
	лето	1.8	67	14.9	0.07
	осень	1.5	64	16.5	0.11

В воде замыкающих створов Ивановского и Угличского водохранилищ в зимний и весенний период отмечаются также высокие концентрации марганца, до 10-15 ПДК.

1. *Волга и ее жизнь*. Л.: Наука, 1978. 350 с.
2. *Зенин А.А., Белоусова Н.В.* Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеониздат, 1988. 240 с.

## **АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ ГМВ-МГУ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В УЧИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Ю.С. Дашенко, О.Н. Ерина, В.В. Пуклаков, Д.И. Соколов, [yuri0548@mail.ru](mailto:yuri0548@mail.ru)  
*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,  
г. Москва, Россия*

Приводятся результаты детальной верификации экологического блока модели ГМВ МГУ, впервые проведенной для Учинского водохранилища. Качество расчета оценено с использованием критериев Тейла и Неша-Сатклиффа. Показано, что модель адекватно воспроизводит режим основных гидроэкологических характеристик в водоеме, что дает основание для её дальнейшего использования при прогнозировании качества воды в волжском источнике водоснабжения г. Москвы.

## **ADAPTATION OF HMR-MSU MODEL TO CALCULATION OF WATER QUALITY PARAMETERS IN THE UCHINSKOE RESERVOIR**

U.S. Datsenko, O.N. Erina, V.V. Puklakov, D.I. Sokolov  
*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

First results of detailed verification of ecological module of HMR-MSU model for the Uchinskoe reservoir are presented. Quality of the modeling has been estimated by the use of Theil index and Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient. The estimation shows that the regime of the main hydroecological parameters of reservoir is reproduced by the model adequately. It is the basis for using this model in future to predict water quality in the Volga source of Moscow water supply.

Разнообразие научных и практических проблем, связанных с качеством воды источников водоснабжения г. Москвы чрезвычайно велико – от гидролого-водохозяйственных до чисто химических и геохимических. Это связано, во-первых, с большим разнообразием водохозяйственных комплексов, используемых для подачи воды на водопроводные станции, а во-вторых с недостатком теоретического описания процессов, происходящих в природных водах и определяющих трансформацию состава воды в водных объектах. Обе системы источников водоснабжения г. Москвы – Москворецкая и Волжская – представляют собой сложный комплекс как типично техногенных, так и природных водных объектов. Многообразие путей формирования и трансформации качества воды в этих водных объектах приводит к появлению различных практических и теоретических задач, решение которых необходимо при разработке методов и приемов управления и прогноза качества воды в водоисточниках.