

УДК (551.464.+556.1151) (062)

ББК 28.082

0-64

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ И МОРСКИХ ВОДАХ, Материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием, 10–14 сентября 2012 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. 465 с.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Лозовик П.А. (отв. редактор), Киселев С.П., Вятров В.В., Рыжиков А.В. (чл. ред. коллегии), Кулюкова Н.Е., Бельчичева Л.А. (отв. секретари)

ISBN 978-5-9274-0526-8

© Коллектив авторов, 2012

© Институт водных проблем Севера Карельского НИИ РАН, 2012

© Петрозаводский государственный университет, 2012

- with pH, temperature and lake water retention time // *Appl. Environ. Microbiol.* 2005, Vol. 71, P. 8201–8206.
5. R. T., Fulmer J.A. Use of SYBR Green I for rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria // *J. Microb. Ecol.* 1998, Vol. 14, N 2, P. 113–118.
6. K.G., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 2002, N 5, P. 943–948.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

И.Л. Григорьева

Ивановская НИС Института водных проблем РАН, г. Коломна

e-mail: Irina_Grigorieva@int.ru

Известно, к биогенным веществам относятся минеральные вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. Это соединения азота, фосфора и кремния. Недостаточное содержание железа может быть одним из лимитирующих факторов развития фитопланктона, поэтому железо также включено в группу биогенных элементов состава вод [Никаноров, 2008]. Целью настоящего исследования гидродинамических режимов водохранилища Верхней Волги, в частности Верхневолжского, Ивановского и Угличского показали, что для большинства показателей и для биогенных элементов химического состава воды, в том числе и для биогенных элементов, характерна внутриводоемная и межводоемная динамика [Волга и ее жизнь, 1978; Ивановское водохранилище..., 1978; Экологическая проблема..., 2001]. Исследование содержания биогенных элементов в воде Верхневолжского Ивановского водохранилища проводилось автором в различные сезоны года (зима, весна, лето) в 2008–2011 гг., а в воде Угличского водохранилища в 2010–2011 гг. 2008 и 2009 гг. отобраны пробы воды с повышенной мутностью, а в 2010 и в 2011 гг. сумма выпавших осадков была близка к норме (1). Пробы воды отбирались из поверхностного горизонта, на русле. В Верхневолжском водохранилище отбор проб производился в 3 створках; в Ивановском – в 7; в Угличском – в 8 створках длиной 1 км.

Таблица 1

Годовые суммы осадков на метеостанции Тьери за 2008–2011 гг.

Год	2008	2009	2010	2011	Среднее за 1944–2011 гг.
Выпало, мм	176	838	498	640	421

Основные морфометрические характеристики исследуемых водоемов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Морфометрические характеристики исследуемых водохранилищ Верхней Волги

Характеристика, при НПУ	Водохранилище		
	Верхневолжское	Ивановское	Угличское
Год осадков	1845	1937	1838
Площадь водного зеркала, км ²	178,0	327	248
Объем воды, км ³	0,79	1,12	1,245
Средняя глубина, м	4,4	3,4	5,0
Длина, км	82	120	143
Наибольшая ширина, км	4,4	8,0	5,0

Химический анализ отобранных проб воды производился в гидрхимической лаборатории Коломнской НИС ИВП РАН по аттестованным методикам. Массовая концентрация железа определялась фотометрическим методом с 1,10-фениantroлином, массовая концентрация

фосфатов и полифосфатов фотометрическим методом, массовая концентрация ионов аммония фотометрическим методом с реактивом Несслера, массовая концентрация нитрит-ионов фотометрическим методом с реактивом Грисса, массовая концентрация нитрат-ионов фотометрическим методом с салициловой кислотой, массовая концентрация кремния фотометрическим методом в виде желтой формы молибдоформовой кислоты.

Неорганические соединения азота (аммоний, нитриты и нитраты) образуются в воде в результате биологического разложения и окисления органических остатков как природного происхождения, так и попадающих в реки и водоемы со сточными водами [Зенин, Белоусова, 1988]. Высокие концентрации аммонийного азота характерны для болотных вод и могут свидетельствовать о свежем фекальном загрязнении водного объекта. Повышенное содержание нитритов в воде указывает на усиление процессов разложения органических остатков в условиях более медленного окисления NO_2^- до NO_3^- , что говорит о загрязнении водного объекта [Зенин, Белоусова, 1988]. Повышенные концентрации нитратов в воде свидетельствуют о загрязнении водоема. Для нитратов характерны внутрисезонная и межсезонная динамика. Большое количество нитратов может поступать в водные объекты в местах сброса промышленно-бытовых сточных вод и поступления стоков с сельскохозяйственных полей.

Предыдущие исследования показали, что для водных масс Иваньковского и Угличского водохранилищ характерен относительно высокий уровень содержания азота и фосфора, что обусловлено влиянием антропогенных факторов [Экологические проблемы..., 2001]. Повышенные концентрации азота и фосфора в воде Верхневолжского водохранилища обусловлены прежде всего природными особенностями водосборного бассейна, для которого характерны торфяно-болотные почвы, обладающие повышенной кислотностью, уменьшают минерализацию сточных вод и обогащают ее органическими и биогенными веществами [Proceedings Freshwater Research, 2006].

Наши исследования показали, что во всем створе оз. Волги (Верневолжское водохранилище) концентрации аммонийного азота за период наблюдений варьировали в интервале от 0,27 мг/л (весна 2008 г.) до 1,08 мг/л (лето 2009 г.), в створе Яковлево (средний створ оз. Волги) – от 0,18 мг/л (лето 2009 г.) до 0,64 мг/л (лето 2008 г.); у Верхневолжского бейшкета – от 0,13 мг/л (весна 2010 г.) до 0,63 мг/л (осень 2008 г.). В воде Иваньковского водохранилища концентрации аммонийного азота варьировали в зимний период от 0,12 до 0,63 мг/л, весной – от 0,06 до 0,46 мг/л, летом – от 0,07 до 0,50 мг/л, осенью – от 0,10 до 0,43 мг/л. Динамика изменения концентраций аммонийного азота в воде Угличского водохранилища составила 0,11–0,43 мг/л.

Концентрации нитритного азота в воде водохранилищ Верхней Волги, как правило, не превышают ПДК для рыбохозяйственных водоемов и в период наших исследований колебались в Верхневолжском водохранилище, в основном, в интервале – от 0,003 до 0,018 мг/л, в Иваньковском – от 0,001 до 0,032 мг/л, в Угличском – от 0,002 до 0,064 мг/л. Увеличение концентраций нитритного азота во течение Волги обусловлено прежде всего влиянием промышленно-бытовых стоков.

Среди минеральных форм азота в воде водохранилищ Верхней Волги преобладают нитраты, для которых характерны значительные сезонные изменения концентраций. В Верхневолжском водохранилище, по нашим данным, диапазон изменения концентраций нитратного азота составил 0,09–1,57 мг/л, в Иваньковском – 0,07–0,96 мг/л, а в Угличском – 0,06–2,21 мг/л. Более высокие концентрации нитратного азота в Угличском водохранилище по сравнению с другими водоемами, обусловлены влиянием сточных вод, содержащих значительное количество азота и фосфора. Максимальная концентрация минерального азота в Верхневолжском водохранилище зафиксирована также в районе поступления сточных вод (от п. Пеня).

Во всех отобранных пробах воды определялись растворенный минеральный и растворенный органический фосфор. Обычно высокие концентрации фосфатов в водных объектах связаны с антропогенными факторами, в частности, с поступлением хозяйственно-бытовых сточных вод и сельскохозяйственных территорий. В воде Верхневолжского и Иваньковского водохранилищ концентрация растворенного минерального фосфора не превышала 46–48 мкг/л, а растворенного органического фосфора – 75–90 мкг/л. В Угличском водохранилище, вследствие поступления загрязнен-

в водохранилище, максимальные концентрации растворенного минерального фосфора достигают 344 мкг/л, а концентрации растворенного общего фосфора – 423 мкг/л.

Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот – гуматами. Для речного Верхней Волги характерна высокая степень заболоченности водосбора, вследствие чего болотные воды играют значительную роль в питании водоемов и водотоков и определяют повышенные концентрации железа в воде водных объектов. В воде Верхневолжского водохранилища концентрации железа общего во все периоды наблюдений были выше ПДК для рыбохозяйственных водоемов (0,1 мг/л) и изменялись от одного до 2,1 К, при этом наибольшие концентрации были зафиксированы зимой и весной. В Иваньковском водохранилище максимальные концентрации железа общего обычно не превышают, согласно наблюдениям, 4 ПДК.

В пресных водах концентрации кремния обычно колеблются в интервале от 1 до 20 мг/л. Наши исследования показали, что концентрации кремния в воде верхневолжских водохранилищ не выше 5 мг/л.

О межсезонной и межгодовой динамике концентраций биогенных элементов в воде водохранилищ Верхней Волги можно судить по табл. 3.

Таблица 3

Содержание биогенных элементов в водохранилищах створов верхневолжских водохранилищ в различные сезоны года

Показатель	Ед. измерения	Год	Верхневолжское водохранилище				Иваньковский ГЭС				Угличское ГЭС			
			Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
NH ₄ ⁺	мг/л	2008	0,42	–	0,24	0,63	0,51	0,20	0,24	0,15	–	–	–	–
		2009	0,20	–	0,44	–	0,26	0,09	0,17	0,29	–	–	–	–
		2010	–	0,13	0,56	0,62	–	0,06	0,14	0,43	0,27	0,15	0,14	0,34
		2011	0,34	0,20	0,50	0,31	0,63	0,39	–	–	0,53	0,20	0,28	0,08
NO ₂	мг/л	2008	0,016	–	0,010	0,015	0,009	0,015	0,015	0,015	–	–	–	–
		2009	0,004	–	0,014	–	0,001	0,008	0,012	0,020	–	–	–	–
		2010	–	0,004	0,003	0,005	–	0,012	0,004	0,008	0,005	0,012	0,001	0,009
		2011	0,005	0,004	0,002	0,002	0,004	0,004	–	–	0,016	0,019	0,001	0,020
NO ₃	мг/л	2008	0,59	–	0,16	0,20	0,96	0,67	0,11	0,55	–	–	–	–
		2009	0,59	–	0,28	–	0,67	0,24	0,22	0,14	–	–	–	–
		2010	–	0,45	0,11	0,13	–	0,19	0,16	0,08	0,75	0,06	0,25	0,38
		2011	0,47	0,59	0,13	0,25	0,77	0,21	–	–	2,21	0,34	0,08	0,45
P _{tot}	мг/л	2008	9	–	8	12	36	27	4	41	–	–	–	–
		2009	17	–	4	–	34	14	25	15	–	–	–	–
		2010	–	8	2	1	–	3	3	7	14	30	2	66
		2011	11	3	6	18	45	38	–	–	21	8	14	40

Таким образом, исследование содержания биогенных элементов в воде Верхневолжского, Иваньковского и Угличского водохранилищ в различные сезоны и в годы с различной водностью показало, для всех определяемых индикаторов характерна пространственно-временная изменчивость.

В Верхневолжском водохранилище повышенные концентрации аммонийного азота и железа обусловлены высокой степенью заболоченности водосбора и значительным распространением торфяно-болотных почв. Повышенные концентрации азота и фосфора в воде Иваньковского и Угличского водохранилищ обусловлены в основном сельскохозяйственной деятельностью и значительной застройкой береговой зоны, а также значительным поступлением недостаточно очищенных вод, особенно в Угличское водохранилище.

Для уменьшения биогенной нагрузки на Иваньковское и Угличское водохранилища необходимо предусмотреть комплекс природоохранных мероприятий, направленных на соблюдение режима охраняемых зон и модернизацию очистных сооружений, с которых поступает загрязненные стоки водоемы.

Литература

- Волга в ее жизни. Л.: Наука, 1978. 350 с.
- Зенин А.А., Бегурова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 238 с.
- Нильковский водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1978. 304 с.
- Никаноров А.М. Гидрохимия. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2008. 462 с.
- Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: ЯГТУ, 2001. 427 с.
- Proceedings of Freshwater Research. Vol. 1. Upper Volga Expedition 2009 – Technical Report. Deutscher Verlag, 2008. 140 p.

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ МАЛЫХ ПРИТOKОВ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.А. Чесмарина

Институт водных проблем РАН, Москва

e-mail: S_Tsya@list.ru

Химический состав речных вод переменчив во времени и в пространстве и отличается разным содержанием органического, биогенных веществ и их форм (растворенных и взвешенных, органических и минеральных) нахождения в водной среде. Данные наблюдения за количественным соотношением процессов, ведущих к накоплению или освобождению органического и биогенных веществ в водоемах и водотоках, позволят сделать заключение о содержании их в водных экосистемах, о их роли и характере циркуляции, доли поступившей с водосборной территории и с подземных стоков в водоем.

Малые реки представляют собой водотоки длиной не более 100 км, с площадью водосбора до тысячи 1–2 тыс. км², с удаленным формированием гидрологического режима в одной природной зоне [Малые реки..., 1998]. Малая река – специфическая природная система, в состав которой входят для мелкого водотока речной сети и водосборная площадь, где формируется речной сток (поверхностный и подземный сток воды, сток наносов и тепла). Состав речных вод малого водотока выливается в гидрохимические особенности местности. Впадая в крупный водоем или водоток, речной сток несет на общую концентрацию органических и биогенных веществ в водоеме, особенно в присутствии водных растений. Пространственное изменение содержания органического и биогенных компонентов водотока связано с влиянием природных условий на формирование речного стока, а также с антропогенным воздействием рассредоточенных и точечных источников загрязнения.

В период с 2009 по 2011 гг. автором проводились наблюдения за динамикой содержания органического вещества и биогенных элементов в воде малых притоков Иваньковского водохранилища в ряде створов от истока к устью. Пробны воды отбирались комплексно из поверхностного горизонта на русле. Объектами исследования были реки Дойбыца, Донцова, Орна, Сось, Сухои (табл. 1) – водосборные бассейны которых расположены на территории Конаковского, Кемарского, Калининского (Тверская область) и Кликинского районов (Московская область).

Таблица 1

Морфологические характеристики малых притоков Иваньковского водохранилища

Наименование притоков	Длина, км	Площадь водосбора (в устье), км ²
Дойбыца	24	192
Донцова	24	182
Орна	22	172
Сось	24	188
Сухои	66,5	58,2

Химический анализ отобранных проб воды проводился в гидрохимической лаборатории отдела химии водной среды ФГБУН ИВП РАН (свидетельство о регистрации № РОСС RU.001.318693) согласно утвержденным методикам выполнения измерений. Фотометрические методы (прибор – КФК-2МП) использовались для определения цветности воды, общего железа (ортофосфатнонимом), кремния (в виде желтой ферри-молибдокремневой кислоты), свободной фосфорной восстановимой аскорбиновой кислотой), концентрации свободной азота с применением реактива Несслера (1,3% азоткина), реактива Фресса (для нитратов), с применением салициловой кислоты (для нитритов). Для определения перманганатной окисляемости использовали титриметрический метод.