

**Карельский научный центр
Российской академии наук
Институт водных проблем Севера**

**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
2012**

УДК [551.464.+556.1151] (063)

ББК 28.082

О-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), Китаев С.П., Вапиров В.В., Рыжаков А.В. (чл. ред. коллегии), Кулакова Н.Е., Беличева Л.А. (отв. секретари)

ISBN 978-5-9274-0526-8

© Коллектив авторов, 2012

© Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, 2012

© Петрозаводский государственный университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	11
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ V ВСЕРОССИЙСКОГО СИМПОЗИУМА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ И МОРСКИХ ВОДАХ»	12
Бикбулатов Э.С. Б.А. СКОПИНЦЕВ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ОРГАНИЧЕСКОЙ ГИДРОХИМИИ	13
БОЛЬШИЕ ОЗЕРА	
Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	19
Домышева В.М., Шимараев М. Н., Сакирко М.В., Онищук Н.А. ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ В ВОДЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД	23
Верхозина В.А., Верхозина Е.В. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ИХ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ	27
Сутурин А.Н., Куликова Н.Н., Тимошкин О.А. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	30
Куликова Н.Н., Сутурин А.Н., Сайбаталова Е.В., Тимошкин О.А. МИГРАЦИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗАПЛЕСКОВОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	32
Панченко М.В., Домышева В.М., Пестунов Д.А., Сакирко М.В. СУТОЧНЫЕ РИТМЫ КОНЦЕНТРАЦИИ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ И ПОТОКОВ CO₂ В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРА – ВОДА» НА ОЗЕРЕ БАЙКАЛ	36
Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Башенхаева Н.В. ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА АКВАТОРИИ АВАНДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ	39
Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МИГРАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ В ВОДАХ РЕЗЕРВУАРОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ	43
Астраханцева О.Ю. ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ «ОЗЕРО БАЙКАЛ-ПОТОКИ»	44
Никаноров А.М., Матвеев А.А., Резников С.А., Аракелян В.С., Халиков И.С. ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ ...	49
Мамонтов А.А., Тарасова Е.Н., Мамонтова Е.А. СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В БАЙКАЛЕ И БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ	52
Кузьмин М.И., Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А., Тарасова Е.Н. СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮЖНОГО БАЙКАЛА	55
Кулакова Н.В., Беликов С.И. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ УГЛЕРОДФИКСИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ В ГУБКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА <i>rbcL</i>-ГЕНА	57

Литература

- Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 350 с.
Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 239 с.
Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1978. 304 с.
Никаноров А.М. Гидрохимия. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 462 с.
Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль: ЯГТУ, 2001. 427 с.
Proceedings of Freshwater Research. Vol. 1. Upper Volga Expedition 2005 – Technical Report. Der Andere Verlag, 2006. 140 p.

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ МАЛЫХ ПРИТОКОВ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.А. Чекмарева

Институт водных проблем РАН, Москва
e-mail: S_Taya@list.ru

Химический состав речных вод переменчив во времени и в пространстве и отличается различным содержанием органических, биогенных веществ и их форм (растворенных и взвешенных, органических и минеральных) нахождения в водной среде. Данные наблюдения за количественным состоянием процессов, ведущих к накоплению или освобождению органических и биогенных веществ в водоемах и водотоках, помогут сделать заключение о содержании их в водных экосистемах, полноте и характере циркуляции, доли поступлений с водосборной территории и с подземным стоком и т. д.

Малые реки представляют собой водотоки длиной не более 100 км, с площадью водосбора не более 1–2 тыс. км², с условиями формирования гидрологического режима в одной природной зоне [Малые реки..., 1998]. Малая река – специфическая природная система, в состав которой входят более мелкие водотоки речной сети и водосборная площадь, где формируется речной сток (поверхностный и подземный сток воды, сток наносов и тепла). Состав речных вод малого водотока выявляет гидрохимические особенности местности. Впадая в крупный водоем или водоток, речной сток влияет на общую концентрацию органических и биогенных веществ в водоеме, особенно в приустьевых участках. Пространственное изменение содержания органических и биогенных компонентов состава поверхностных вод 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. Пробы воды отбирались ежемесячно из поверхностного горизонта на русле. Объектами исследования были реки Дойбица, Донховка, Орша, Созь, Сучок (табл. 1), водосборные бассейны которых расположены на территории Конаковского, Кимрского, Калининского (Тверская область) и Клинского районов (Московская область).

Таблица 1

Морфологические характеристики малых притоков Иваньковского водохранилища

Наименование притоков	Длина, км	Площадь водосбора (в устье), км ²
Дойбица	24	192
Донховка	24	192
Орша	72	752
Созь	34	306
Сучок	16,5	58,3

Химический анализ отобранных проб воды производился в гидрохимической лаборатории отдела охраны водной среды ФГБУН ИВП РАН (свидетельство аттестации № РОСС RU.001.518693) согласно утвержденным методикам выполнения измерений. Фотометрические методы (прибор – КФК-2МП) использовали для определения цветности воды, общего железа (с ортофенантролином), кремния (в виде желтой формы молибдокремниевой кислоты), соединений фосфора (с восстановлением аскорбиновой кислотой), концентрации соединений азота с применением реактива Несслера

(для аммония), реактива Грисса (для нитритов), с применением салициловой кислоты (для нитратов). Для определения перманганатной окисляемости использовали титриметрический метод.

Истоки рек Донховки, Дойбицы и Сучка расположены в болотистом березово-осиновом мелколесье, в районе бывших торфоразработок (Конаковский Мох). Указанные реки являются правыми притоками Ивановского водохранилища и протекают в наиболее освоенном населением жилком районе. Реки Орша и Созь берут начало из озер Оршино и Великое и протекают по сильно заболоченной, малонаселенной местности [Григорьева и др., 2000]. Ивановское водохранилище – мелководное водохранилище руслового типа площадью (при НПУ 124.0 м) 327 км², длиной 127 км и площадью водосбора 41000 км². В зоне влияния подпора, создаваемого водохранилищем, гидрологический и гидрохимический режимы рек аналогичны режимам водохранилища [Григорьева и др., 2000].

Сезонные колебания содержания органического вещества и биогенных элементов в воде рек связаны с характером питания рек. В период паводков основную роль в питании рек играет поверхностный сток. Во время летней и зимней межени преобладает подземное питание рек грунтовыми и подземными водами [Григорьева и др., 2000].

Косвенную характеристику содержания в воде органического вещества можно получить по значениям цветности (ЦВ), перманганатной окисляемости (ПО) и БПК₅ (табл. 2, 3).

Цветность воды исследуемых малых рек за период наблюдений изменялась в пределах от 17 до 565 град. Pt-Co шкалы и зависела от сезонных изменений в гидрохимическом режиме реки (табл. 2) и от водности года. Минимальные значения ЦВ наблюдались в летнюю межень [Григорьева и др., 2000] и осенью, максимальные значения ЦВ отмечены в период весеннего половодья, что связано с поступлением в водоток окрашенного органического вещества. Вода рек Дойбицы, Сучка и Донховки отличается наибольшими значениями ЦВ: 565; 399; 355 град. Pt-Co шкалы соответственно.

Таблица 2

Динамика средних за сезон значений ЦВ (град Pt-Co шкалы) малых притоков Ивановского водохранилища в различные сезоны 2009–2011 гг.

Река	2009				2010				2011			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Дойбица	125	245	80	77	–	302	–	73	176	377	54	22
Донховка	70	125	51	56	46	170	167	61	126	178	70	44
Орша	175	233	93	–	–	332	–	275	253	179	84	160
Созь	175	192	202	–	–	289	172	191	266	166	112	108
Сучок	100	60	47	–	–	208	82	58	–	208	64	76

Примечание. Прочерк здесь и далее в табл. означает отсутствие данных.

Для значений ПО характерна внутригодовая динамика, которая аналогична ходу изменений значений ЦВ. В притоках Ивановского водохранилища величины ПО достигают высоких значений – до 68,7 мгО/л.

Таблица 3

Показатели содержания органического вещества в воде малых притоков Ивановского водохранилища в различные сезоны 2009–2011 гг.

Река	2009			2010				2011			
	зима	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
БПК ₅ , мгО ₂ /л											
Дойбица	–	2,7	7,5	–	7,4	–	0,9	0,9	2,2	2,8	4,6
Донховка	–	1,8	2,9	3,7	1,4	2,2	1,4	1	2,1	2,4	1,6
Орша	–	1	–	–	1,7	–	1,5	1,1	1,2	3,1	1,6
Созь	–	2,4	–	–	1,9	3,5	2,4	0,2	1,4	3,5	1,6
Сучок	–	1	–	–	1,2	–	1,3	–	6,3	3,9	3,2
ПО, мгО/л											
Дойбица	18,8	13,3	14	–	36,7	–	6,1	19	44,6	15,4	5,7
Донховка	12,9	10,5	12,4	18,5	26,7	21	6,8	18	25,4	20,4	12,2
Орша	27,7	15,8	–	–	39,5	–	35	32	29	17,8	37,8
Созь	36,7	3,3	–	–	34,5	28	33	38	29	23,5	29,9
Сучок	18,2	11,2	–	–	32	14	10	–	60,7	25,8	27,2

Биохимическое потребление кислорода дает количественную оценку легкоокисляющихся органических веществ по количеству кислорода, потребляемого при биохимическом окислении этих веществ за определенный промежуток времени (обычно за 5 суток) [Никаноров, 2008]. Отмечены высокие содержания БПК₅ на участках, близких к истоку (Донховка, Созь), а также в районах плотной застройки водосборной территории (Дойбица, Донховка, Сучок).

Исследования показали, что концентрации минеральных форм азота сильно изменяются по сезонам года и зависят от развития фитопланктона, полноты и характера циркуляции воды в водоеме, а также от поступления азота из почв и грунтовых вод, притока его с водосборного бассейна и т. д. Средние за сезон концентрации аммонийного азота в притоках Иваньковского водохранилища изменяются от 0,11 до 1,25 мгN/л (табл. 4). Максимальные значения наблюдаются в различные сезоны и обусловлены состоянием водотока (объемом речного стока, температурным режимом, развитием растительности и т. д.). Содержание нитритного азота в водах малых притоков незначительно и составляет от 0 до 73 мкгN/л (см. табл. 4). Средние за сезон концентрации нитратного азота в воде малых притоков составляют от 0,09 до 2,35 мгN/л (см. табл. 4). Максимальные значения содержания нитратов в природных водах малых рек зафиксированы в периоды половодья, за исключением локальных скачков содержания нитратов (р. Созь) в пределах населенных пунктов.

Таблица 4

Динамика средних за сезон концентраций минерального азота в поверхностном горизонте воды малых притоков Иваньковского водохранилища (2009–2011 гг.)

Река	2009				2010				2011			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Аммонийный азот, мгN/л												
Дойбица	0,64	0,93	0,24	0,11	–	0,48	–	0,44	0,44	0,46	0,23	0,27
Донховка	0,13	0,4	0,08	0,19	0,49	0,23	0,25	0,52	0,32	0,32	0,37	0,28
Орша	0,5	0,78	0,38	–	–	0,39	–	0,2	0,51	0,48	0,24	0,52
Созь	0,54	0,61	0,6	–	–	0,55	1,08	0,43	0,55	0,47	0,29	0,52
Сучок	0,26	0,49	0,31	–	–	0,3	0,43	0,31	–	0,3	0,41	1,25
Нитратный азот, мгN/л												
Дойбица	0,5	0,68	0,2	0,09	–	0,68	–	0,84	1,11	0,96	0,21	1,07
Донховка	0,47	0,81	0,15	0,09	0,81	0,86	0,14	0,38	0,95	1,43	0,13	0,27
Орша	0,42	0,6	0,28	–	–	0,28	–	0,64	0,68	0,72	0,32	0,64
Созь	0,47	0,39	0,36	–	–	0,22	0,2	0,21	0,34	0,56	2,35	0,64
Сучок	0,23	1,04	0,11	–	–	0,38	0,14	0,61	–	0,58	0,15	0,21
Нитритный азот, мкгN/л												
Дойбица	3	36	15	7	0	16	0	25	3	11	4	12
Донховка	6	6	15	16	8	7	6	26	3	12	5	9
Орша	3	22	23	0	0	7	0	18	2	9	11	11
Созь	2	25	45	0	0	4	6	4	3	5	5	11
Сучок	6	0	18	0	0	6	5	10	0	72	3	11

Малые притоки Иваньковского водохранилища, водосборы которых имеют в основном сельскохозяйственное использование, привносят в водохранилище значительное количество минерального азота, что способствует эвтрофированию водоема [Григорьева и др., 2000]. В настоящее время доля сельского хозяйства заметно сократилась, по визуальным наблюдениям и данным Тверского статуправления, например, посевная площадь в хозяйствах всех категорий Конаковского района уменьшилась в 11 раз за период с 2000 по 2009 гг. Несмотря на сокращение сельскохозяйственно освоенной площади, содержание соединений азота и фосфора в речных водах не уменьшилось.

Для оценки антропогенного воздействия на качество воды были определены концентрации хлоридов в воде исследуемых рек. Увеличение концентраций хлоридов по сравнению с фоновыми значениями свидетельствует о техногенном воздействии, обусловленном поступлением контролируемых и неконтролируемых бытовых и промышленных сточных вод непосредственно в водоток или на его водосборную площадь. В воде рек Дойбицы, Донховки и Сучка отмечены высокие concentra-

ции содержания хлоридов, превышающие фоновые значения, что связано с увеличением поступления промышленно-бытовых сточных вод с водосборной площади. Минимальное антропогенное воздействие выявлено для рек Орши и Созь.

Существенная часть переносимых реками соединений фосфора поступает с хозяйственно-бытовыми сточными водами. Обогащение весенних вод соединениями фосфора связано с сельскохозяйственной освоенностью водосбора рек. Содержание общего растворенного фосфора увеличивается в жаркие и маловодные годы, например, летом 2010 г. содержание растворенного фосфора достигло наибольших значений за весь период наблюдения и составило 419 мкг/л для общего фосфора и 300 мкг/л для минерального фосфора (табл. 5). Осенью содержание фосфора в речных водах уменьшается, а зимой фосфор поступает в реки в основном со сточными водами.

Таблица 5

Динамика средних за сезон концентраций растворенных форм минерального и общего фосфора в различные сезоны 2009–2011 гг., мкг/л

Река	2009				2010				2011			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Растворенный минеральный фосфор												
Дойбица	70	109	8	3	0	66	0	26	75	58	25	28
Донховка	29	30	8	3	55	32	86	28	61	42	41	34
Орша	35	58	22	0	0	40	0	36	59	47	23	47
Созь	15	17	10	0	0	8	5	5	8	14	6	5
Сучок	27	32	9	0	0	36	18	8	0	23	17	13
Растворенный общий фосфор												
Дойбица	105	156	22	24	0	126	0	82	106	113	62	56
Донховка	60	63	20	16	90	90	161	62	87	84	88	60
Орша	70	105	34	0	0	96	0	74	91	83	26	76
Созь	49	39	13	0	0	50	19	19	31	43	35	20
Сучок	55	72	29	0	0	89	40	28	0	68	52	45

В целом природные условия формирования речного стока малых притоков Ивановского водохранилища способствуют насыщению поверхностных вод окрашенными соединениями органического происхождения (повышение значений ЦВ, ПО, БПК₅, аммонийного азота). Влияние освоенных сельскохозяйственных территорий выражается в увеличении концентраций соединений минерального азота и растворенного фосфора в речных водах. Селитебные территории оказывают значительное влияние на качество воды малых водотоков, и в пределах населенных пунктов отмечены высокие концентрации минерального растворенного фосфора и нитратного азота. Сброс хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод влияет на тепловой режим реки, повышая ее температуру, что приводит к значительному евтрофированию водотока, зарастанию мелководий и заболачиванию прибрежных участков [Григорьева и др., 2000].

Литература

- Ветвицкая Т.В., Хромов В.М., Цыцарина О.Г. Многолетняя динамика минеральных форм азота и фосфора в воде верхнего участка Москвы-реки в процессе ее евтрофирования // Водные ресурсы. 1994. Т. 21, № 3. С. 344–349.
- Григорьева И.Л., Ланцова И.В., Тулякова Г.В. Геоэкология Ивановского водохранилища и его водосбора. Конаково, 2000. 248 с.
- Иваньковское водохранилище и его жизнь. Л.: Наука, 1978. 304 с.
- Калиниченко Н.П. Защита малых рек. М.: Экология, 1992. 354 с.
- Леонов А.В., Дубинин А.В. Взвешенные и растворенные формы биогенных элементов, их соотношение и взаимосвязь в основных притоках Каспийского моря // Водные ресурсы. 2001. Т. 28, № 3. С. 261–279.
- Малые реки волжского бассейна. М.: МГУ, 1998. 234 с.
- Никаноров А.М. Гидрохимия. Ростов-на-Дону: НОК, 2008. 462 с.
- Фосфор в окружающей среде. М.: Мир, 1977. 760 с.