

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА СОДЕРЖАНИЕ И СТОК РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ РЕКИ БУРЕЯ

© 2014 г. В.П. Шестеркин, С.Е. Сиротский, Н.М. Шестеркина

Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск

Ключевые слова: р. Буря, гидроэнергетическое строительство, содержание и сток растворенных веществ.



В.П. Шестеркин



С.Е. Сиротский



Н.М. Шестеркина

Рассмотрено влияние гидроэнергетического строительства на содержание и сток растворенных веществ в воде р. Буря в маловодный (2008) и многоводные (2012–2013) годы. Установлено сглаживание сезонных различий в содержании основных ионов, минеральных форм азота, железа и органических веществ. Выявлено увеличение ионного стока, стока биогенных и органических веществ зимой. В многоводные годы в летне-осенний период отмечены повышенные концентрации и сток микроэлементов; более высокий, чем до зарегулирования, сток нитратного азота и железа.

Гидроэнергетическое строительство оказывает значительное влияние на гидрохимический режим рек и сток растворенных веществ. Происходит глубокая трансформация химического состава речных вод, сглаживается амплитуда колебаний минерализации и концентраций главных ионов, снижается за счет самоочищения содержание биогенных и органических веществ [1, 2 и др.].

В последние 50 лет в бассейне р. Амур активно развивается гидроэнергетическое строительство. Наибольшее количество водохранилищ для водоснабжения, энергетики и орошения создано в китайской части бассейна.

Таблица 1. Параметры Бурейского водохранилища в 2003–2013 гг.

Характеристика	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Приток, км ³	24,6	30,6	24,9	21,9	22,8	17,8	34,1	29,5	20,4	32,8	38,2
Максимальный объем, км ³	3,7	6,8	9,2	13,5	14,3	17,5	20,9	20,3	19,4	20,6	20,6
Расход в XII–III, м ³ /с	–	220	435	442	462	443	587	791	750	702	682
Расход в IV–XI, м ³ /с	1117	1433	876	727	842	557	716	713	666	1087	1434

Крупные Зейское и Бурейское водохранилища действуют в российской части бассейна. Суммарный объем воды в этих водохранилищах сегодня превышает 1/3 годового стока р. Амур. Строится Нижне-Бурейская ГЭС, планируется строительство Нижне-Зейской ГЭС. После исторического наводнения на р. Амур в 2013 г. стали реальными проекты сооружения Гилюйской, Селемджинской, Усть-Ниманской ГЭС.

Бурейское – второе после Зейского крупное водохранилище в российской части бассейна Амура. Помимо использования энергетического потенциала реки, его появление снизило риск возникновения негативных последствий наводнений, способствовало улучшению условий для судоходства в нижнем бьефе. Плотина Бурейской ГЭС расположена в 186 км выше устья р. Буряя. Площади водосбора и зеркала водохранилища составляют 64 800 и 750 км² соответственно, полный объем при НПУ 256 м – 20,9 км³. Параметры Бурейского водохранилища в 2003–2013 гг. приведены в табл. 1.

Объекты и методы

Исследования проводили на р. Буряя в 2008, 2012–2013 гг. в 0,5 км ниже плотины Бурейской ГЭС, в 2012–2013 гг. дополнительно в 0,2 км выше и ниже строящейся плотины Нижне-Бурейской ГЭС (см. рисунок). Ниже плотины Бурейской ГЭС пробы воды отбирали с поверхности у правого берега, выше строящейся ГЭС, на трех равномерно распределенных по ширине реки вертикалях, ниже – на фарватере. Отбор проб вели в зимний период один раз в марте, в летне-осенний период 3–4 раза в мае–октябре.

Аналитические работы проводили в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов (Аттестат аккредитации № ROCC RU 0001 515988) при Институте водных и экологических проблем Дальневосточного

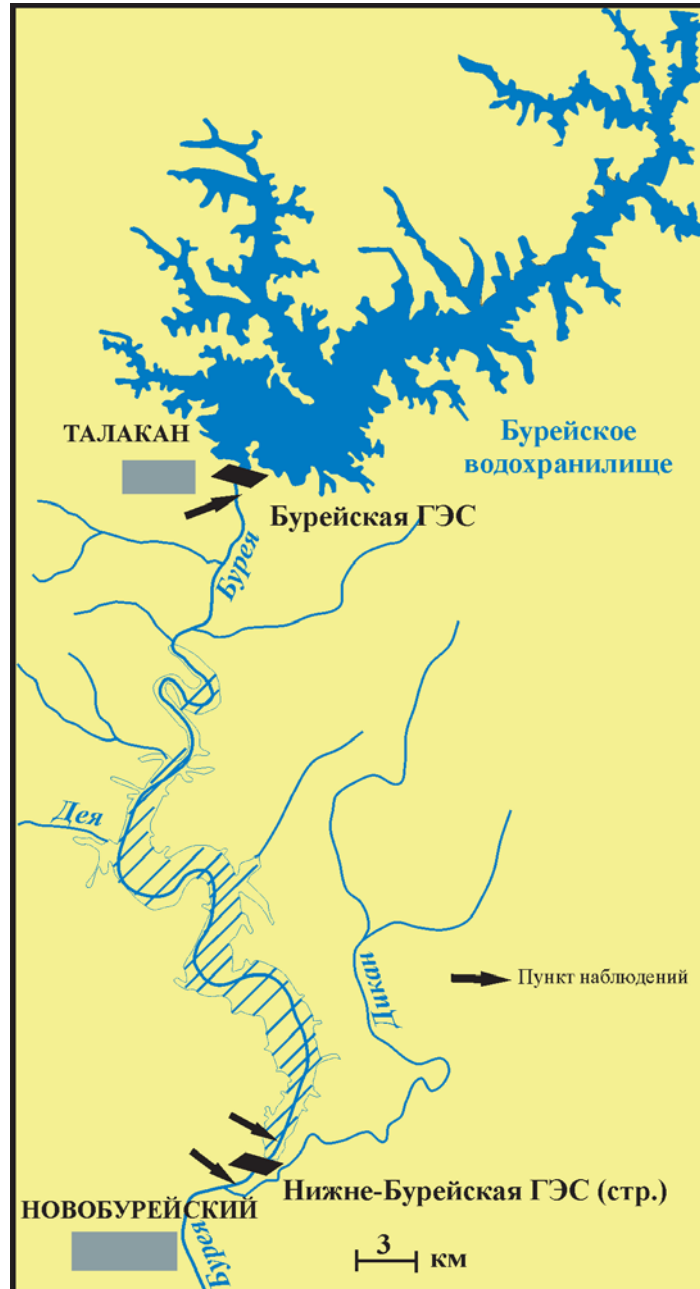


Рисунок. Схема расположения пунктов отбора проб воды на р. Бурей.

отделения Российской академии наук (ИВЭП ДВО РАН) по принятым при гидрохимических исследованиях методам [3]. Пробы воды для анализа микроэлементов и биогенных веществ после отбора фильтровали на мембранных фильтрах с размером пор 0,45 мкм, что позволяло определять содержание растворенных форм. Анализ микроэлементов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Agilent 7500cx.515988. Были использованы материалы по гидрологии Бурейской ГЭС Амурского бассейнового водохозяйственного управления Агентства водных ресурсов за 2003–2013 гг., по гидрохимии р. Буряя – данные Дальневосточного управления по гидрометеорологии и контролю природной среды за 1949 – 1988 гг.

При оценке степени загрязненности вод использовали значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения, принятые для Российской Федерации [4].

Обсуждение результатов

В декабре–марте 1911–1988 гг. среднемноголетний расход воды р. Буряя у с. Каменка составлял 41,8 м³/с, наименьший – 0,90 м³/с [5]. В зимнем стоке среднего Амура доля стока Бурейи до зарегулирования рек Сунгари и Зея составляла 8,7 %, после 3 %. Наибольший расход воды в период открытого русла достигал 18 100 м³/с, наименьший 204 м³/с. Среднемноголетний расход воды в апреле–ноябре 1911–1988 гг. составлял 1332 м³/с, максимальный водный сток (44,9 км³) отмечался в 1972 г.

Вода р. Буряя в основном ультрапресная, максимальная минерализация (табл. 2) наблюдалась в декабре 1951 г. Наименьшие значения отмечались в крупные паводки в 1960, 1961 и 1972 гг. В летнюю межень с увеличением в водном питании доли грунтовых вод минерализация возрастала на 10–15 мг/дм³. По длине реки содержание растворенных веществ распределялось неравномерно: низкие значения в верхнем течении реки повышались после впадения в Бурейю рек Ургал и Тьрма. Минерализация воды в зимнюю межень 1949–1988 гг. в среднем составляла 61,9 мг/дм³. В период открытого русла минерализация воды снижалась в 2 раза, а ионный сток вследствие повышения водности возрастал в 15,5 раз (табл. 3).

Содержание основных ионов в воде изменялось в широких пределах (см. табл. 2), наименьшие значения отмечались в половодье и паводки, наибольшие – в зимнюю межень. Среди анионов преобладал гидрокарбонатный ион, среди катионов – ион кальция.

Концентрации нитратного азота изменялись от 0,01 до 0,16 мг N/дм³. Пониженные значения отмечались в половодье и не превышали 0,02 мг N/дм³, минимальные из-за потребления планктоном в летне-осеннюю межень.

Таблица 2. Содержание основных ионов и минерализация в воде р. Буряя, мг/дм³

Годы	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	М
1949–1988	$\frac{0,8-9,0}{3,0}$		$\frac{2,1-18,7}{6,1}$	$\frac{0,6-5,7}{1,5}$	$\frac{7,3-81,8}{24,7}$	$\frac{0,1-6,8}{1,7}$	$\frac{1,0-19,1}{4,3}$	$\frac{15,4-112,2}{39,8}$
2008	$\frac{1,4-1,8}{1,7}$	$\frac{0,6-0,9}{0,8}$	$\frac{4,1-4,9}{4,6}$	$\frac{1,5-1,7}{1,6}$	$\frac{16,9-19,9}{19,4}$	$\frac{0,4-1,1}{0,8}$	$\frac{2,3-6,7}{4,9}$	$\frac{30,5-36,5}{33,6}$
2012	$\frac{1,5-1,8}{1,6}$	$\frac{0,4-0,8}{0,7}$	$\frac{3,3-5,8}{5,0}$	$\frac{1,3-1,8}{1,5}$	$\frac{16,5-19,5}{17,9}$	$\frac{0,6-1,1}{0,8}$	$\frac{2,3-5,8}{4,5}$	$\frac{29,2-35,3}{32,0}$
2013	$\frac{1,0-1,6}{1,4}$	$\frac{0,4-0,7}{0,5}$	$\frac{3,9-4,9}{4,4}$	$\frac{1,0-1,7}{1,4}$	$\frac{14,6-20,1}{17,4}$	$\frac{0,5-1,0}{0,7}$	$\frac{1,6-5,4}{4,2}$	$\frac{25,8-33,7}{29,8}$

Примечание: числитель – интервал концентраций; знаменатель – среднее значение.

Таблица 3. Сток растворенных веществ в воде р. Буряя у пос. Новобурейский до и после зарегулирования, т/сут

Годы	Ионный сток	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	ОВ
Декабрь–март						
1949–1988	223	1,74	0,33	0,004	0,029	42,0
2008	995	15,78	3,44	–	0,229	919
Апрель–ноябрь						
1949–1988	3453	40,21	8,95	0,10	0,069	3728
2008	1617	12,99	3,37	0,05	0,096	1107
2012	3005	34,75	15,96	0,09	0,094	2442
2013	3692	38,40	16,10	0,25	0,619	2974

Концентрации аммонийного азота изменялись в более широких пределах (0,03–1,34 мг N/дм³). Минимальные значения отмечались зимой, возрастая в половодье и паводки в несколько раз. Сток нитратного азота в зимнюю межень в среднем был в 5,3 раза ниже стока аммонийного азота (см. табл. 3).

Концентрации фосфора в воде р. Буряя изменялись от значений ниже предела обнаружения до 0,017 мг P/дм³, что соответствует наиболее чистым рекам мира [6].

Широкая амплитуда колебаний была характерна для содержания валового железа. В зимнюю межень 1949–1988 гг. его концентрация в среднем составляла 0,17 мг/дм³ [5], сток изменялся в пределах (42–1477 кг/сут), составляя в среднем 610 кг/сут. В половодье и паводки концентрация валового железа возрастала до 1,63 мг/дм³ за счет повышения концентрации взве-

шенных веществ (в 1978 г. до 1408 мг/дм³). Сток железа в период открытого русла в среднем составлял 23,0 т/сут.

Сезонная динамика содержания органического вещества (ОВ) не отличалась от динамики железа: низкие значения фиксировались зимой, высокие – в половодье и паводки. Цветность воды в зимнюю межень не превышала 30°, среднее значение составляло 14°. Перманганатная окисляемость (ПО), характеризующая содержание легкоокисляемого ОВ, и химическое потребление кислорода (ХПК), определяющее суммарное содержание ОВ, изменялись в пределах 1,4–10 и 5,3–19,8 мгО/дм³ соответственно, средние значения составляли 6,0 и 9,9 мг О/дм³. В весенне-летний период водотоки бассейна р. Буряя относятся к зоне повышенной окисляемости, что характерно для многих таежных рек, поэтому эти показатели изменялись в более широких пределах (20 – 260°, 5,6 – 38,7 и 17,6 – 80,9 мг О/дм³). Средние значения цветности воды, ПО и ХПК составляли 77°, 16,7 и 42,0 мг О/дм³ соответственно. Сток ОВ зимой в среднем был на два порядка ниже, чем в период открытого русла (см. табл. 3).

Заполнение ложа Бурейского водохранилища началось в мае 2003 г. В первые три года эксплуатации химический состав воды формировался в условиях высокого водного обмена. В 2004, 2009, 2010, 2012 и 2013 гг. приток воды в водохранилище превышал среднееголетнее значение (27,3 км³), причем в 2013 г. приток воды был самым максимальным с момента зарегулирования, что обусловило высокую водность реки в нижнем бьефе. В два раза меньше отмечен приток воды в маловодном 2008 г. (см. табл. 1). Коэффициент водного обмена в первый год эксплуатации составлял 6,6, на десятый снизился до 1,6. Холостой сброс воды во время строительства и ввода в действие гидроагрегатов проводился поэтапно через нижние затворы, на отметках в соответствии с проектом. Особенности заполнения водохранилища, связанные с выработкой электроэнергии на стадии строительства, снизили влияние затопленных почв и растительности на химический состав воды.

В период наполнения и первые годы эксплуатации водохранилища основное влияние на формирование химического состава воды оказали сток питающих его рек, затопленные лесные и заболоченные массивы. В дальнейшем гидрохимический режим и качество воды определялись стоком питающих рек и внутриводоемными процессами.

С появлением водохранилища зимние расходы воды р. Буряя существенно возросли (см. табл. 1). Среднемесячные расходы воды в феврале-марте 2005–2006 гг. были выше аналогичных расходов воды р. Амур у г. Хабаровска в 1912–1915 и 1917–1928 гг. В декабре 2005 г. расходы воды р. Буряя в 1,7 раза выше, чем р. Сунгари у г. Цзямусы, что способствовало снижению содержания нитробензола в воде р. Амур после крупной аварии на химическом комбинате в г. Цзилинь (КНР) [7].

Зарегулирование способствовало снижению содержания взвешенных веществ. После закрытия нижних затворов содержание их в воде не превышало 5,0 мг/дм³. Лишь в октябре 2012 г. во время холостых сбросов через верхние затворы плотины концентрация взвешенных веществ в воде ниже плотины повышалась до 6,0 мг/дм³, снижаясь вниз по течению до 3,0 мг/дм³. После создания водохранилища существенно улучшился кислородный режим в нижнем бьефе плотины: в марте 2008 г. его содержание в воде р. Бурей составляло в среднем 11,3 мг/дм³.

Сузился интервал колебания минерализации воды, изменилась ее сезонная динамика (см. табл. 2). В маловодный 2008 г. наименьшее значение отмечалось зимой, наибольшее – летом. В многоводные 2012 и 2013 гг. наибольшая минерализация воды зафиксирована весной и в начале лета, наименьшая – во время холостых сбросов в июле – октябре. Такая временная динамика в эти годы была обусловлена неоднородным составом водных масс в водохранилище, преобладанием весной и в начале лета в нижней части водоема зимних вод прошлого водохозяйственного года [8]. По сравнению с 1949–1988 гг. минерализация воды в зимнюю межень снизилась в 2 раза и мало отличалась от значений в период открытого русла. Незначительные различия минерализации воды в 2008 и 2012–2013 гг. (табл. 2) свидетельствуют о ее стабилизации.

Снизилась верхняя граница концентраций основных ионов в воде, причем содержание ионов калия и хлоридного иона мало отличалось от их содержания в атмосферных осадках. Среди анионов в составе воды отмечалось выраженное преобладание гидрокарбонатного иона (31 – 42 %-экв). Значительно меньше содержание сульфатного (< 12 %-экв) и хлоридного (< 3,0 %-экв) ионов. В катионном составе отмечалось доминирование иона кальция (24–28 %-экв). Содержание магния колебалось в пределах 11 – 17 %-экв, натрия не превышало 10 %-экв. Концентрации этих ионов изменялись в узких пределах, фторидного – была ниже предела обнаружения (0,1 мг/дм³). Наименьшие сезонные различия концентраций среди основных ионов характерны для ионов натрия, калия и хлоридного иона. В многолетнем аспекте наблюдалось постепенное снижение содержания сульфатного иона в воде за счет уменьшения деструкции затопленной древесины.

Ионный сток зимой из-за повышения водности Буреи значительно вырос. В 2008 г. он был в 4,5 раза выше, чем до зарегулирования. С учетом небольших различий минерализации воды водохранилища в зимний и весенне-осенний периоды ионный сток в зимнюю межень 2012 г. и 2013 гг. мог быть выше в 8–9 раз. Максимальный зимний ионный сток мог наблюдаться в 2010 – 2011 гг., когда расходы воды в декабре – марте превышали расходы в апреле – октябре. Максимальный за период наблюдений ионный сток отмечался в 2012 г. в сентябре (7050 т/сут), в 2013 г. в мае (6848 т/сут) после

значительного притока воды в водохранилище (9,65 и 7,78 км³ соответственно). Высокая водность р. Буреи в 2013 г. в течение всего года обусловила самый высокий после зарегулирования реки ионный сток, превышающий среднее значение до зарегулирования (см. табл. 3).

Более сложная по сравнению с главными ионами динамика биогенных и органических веществ, содержание которых определяется поступлением с водосборной площади и внутриводоемными процессами. Замедление процессов деструкции затопленной древесины в водохранилище и отсутствие дефицита растворенного кислорода привели к снижению концентраций аммонийного азота в зимний период. С повышением расходов воды зимний сток аммонийного азота в 2008 г. вырос в 8,0 раз, нитратного – в 10,4 раза. Максимальный сток этих веществ мог иметь место в многоводные зимы 2010–2011 гг.

В период открытого русла в поведении нитратного и аммонийного азота наблюдаются большие различия. В 2008 г. в условиях незначительного притока воды в водохранилище (холостые сбросы осуществлялись только 10–11 сентября) их содержание было невысоким [9] и изменялось в узких пределах (табл. 4). В 2012–2013 гг. концентрации аммонийного и нитратного азота в среднем были выше. Весной и в начале лета изменялись в пределах 0,18–0,22 и 0,16–0,23 мг N/дм³ соответственно и были сопоставимы. С поступлением большого объема воды в водохранилище летом и осенью концентрация нитратного азота постепенно снизилась до 0,09 мг N/дм³, а аммонийного возросла до 0,76 мг N/дм³.

В 2012 г. наибольший сток аммонийного азота отмечался в сентябре (75,0 т/сут) после притока в водохранилище 9,65 км³ воды. Выше был сток в июле 2013 г. после поступления в водохранилище 14,5 км³ воды в мае-июне. Высокий сток нитратного азота в 2012 г. также наблюдался в сентябре (40,7 т/сут), а в 2013 г. – в мае (33,5 т/сут). В остальные месяцы сток этих веществ был существенно меньше. После зарегулирования сток нитратного азота в период открытого русла при повышенном водном стоке вырос в среднем

Таблица 4. Содержание биогенных и органических веществ в воде р. Бурея

Год	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂	N-NO ₃	P-PO ₄ ³⁻	ПО	ХПК	Цветность
	мг N/дм ³			мг P/дм ³	мг O/дм ³		градус
2008	$\frac{0,23-0,32}{0,27}$	$\frac{0,001-0,002}{0,001}$	$\frac{0,02-0,13}{0,07}$	$\frac{0,001-0,003}{0,002}$	–	$\frac{20-25}{23}$	$\frac{45-55}{50}$
2012	$\frac{0,12-0,54}{0,37}$	$\frac{0,001-0,002}{0,001}$	$\frac{0,03-0,24}{0,17}$	$\frac{0,001-0,003}{0,001}$	$\frac{9,7-17,1}{13,6}$	$\frac{17-38}{26}$	$\frac{45-100}{73}$
2013	$\frac{0,12-0,76}{0,31}$	$\frac{0,002-0,003}{0,002}$	$\frac{0,09-0,17}{0,13}$	$\frac{0,002-0,015}{0,005}$	$\frac{13,3-26,7}{16,0}$	$\frac{14-56}{24}$	$\frac{60-99}{79}$

Примечание: числитель – интервал концентраций; знаменатель – среднее значение; ХПК – химическое потребление кислорода.

в 1,8 раза, а аммонийного – стал ниже, лишь в многоводном 2013 г. сток аммонийного азота был сопоставим со стоком до зарегулирования (см. табл. 3).

Концентрации нитритного азота и минерального фосфора низкие, нередко находились ниже предела обнаружения (см. табл. 4). Сток этих веществ не превышал 0,1 т/сут, лишь в 2013 г. большой приток воды обусловил увеличение их стока (см. табл. 3).

Изменилась сезонная динамика содержания железа. В 2004 г. концентрация железа зимой составляла 0,21 мг/дм³, что незначительно выше, чем до зарегулирования. Летом и осенью она изменялась в пределах 0,24–0,34 мг/дм³. В более узких пределах (0,31–0,36 мг/дм³ зимой и 0,39–0,43 мг/дм³ в летне-осенний период) изменялись концентрации железа в 2008 г., причем зимние значения мало отличались от летних. Повышение содержания железа наряду с увеличением водности реки увеличило его зимний сток в 2008 г. в 21,3 раза по сравнению с 1949–1988 гг. Максимальный сток железа (20–21 т/сут) мог наблюдаться в многоводные зимы 2010–2011 гг.

Существенное влияние зарегулирование оказало на динамику и содержание ОВ. В первые годы заполнения водохранилища (2004–2005 гг.) содержание легко окисляемых ОВ (по величине ПО) в воде р. Бурья в зимний период повысилось в среднем в 1,8 раза. Сток ОВ в эти годы по сравнению с 1949–1988 гг. увеличился в 9 раз в 2004 г. и в 21 раз в 2005 г. В 2008 г. резких сезонных различий цветности и ХПК не отмечалось. При этом зимой их значения были в 4 и 2,5 раза выше, а летом в 1,5 и 1,8 раза ниже, чем до зарегулирования. Максимальный зимний сток ОВ в условиях высокой водности мог быть в 2010–2011 гг.

В летний период 2012 и 2013 гг. воды р. Бурья характеризовались более высокими по сравнению с 2008 г. значениями цветности, ПО и ХПК, широкой амплитудой их колебаний (см. табл. 4). Минимальные значения цветности, ПО и ХПК (45°, 9,7 и 17 мг О/дм³ соответственно) отмечались в июне 2012 г., что свидетельствовало о большом влиянии внутриводоемных процессов на содержание ОВ, отмечавшихся ранее на многих водохранилищах России [1, 2, 10, 11]. Примечательно, что цветность воды в 2013 г. не отличалась от среднегодовалого значения за 1949–1988 гг. Максимальные концентрации ОВ, так же как и аммонийного азота, наблюдались в сентябре 2012 г. и июле 2013 г. Сток ОВ в эти месяцы составил 6689 и 7038 т/сут соответственно. В период открытого русла в 2012 г. сток ОВ был в 1,5 раза ниже, чем в 1949–1988 гг., в 2013 г. мало различался.

Характеристика микроэлементного состава воды р. Бурья в период открытого русла 2008 и 2012–2013 гг. представлена в табл. 5. Концентрации хрома, свинца, кобальта, никеля, кадмия и ртути имели небольшой диапазон

Таблица 5. Содержание и сток растворенных микроэлементов в воде р. Буряя ниже ГЭС в период открытого русла

Год	Al	Mn	Cu	Zn	Fe
Содержание, мкг/дм ³					
2008	–	$\frac{48,2-76,1}{60,3}$	$\frac{0,002-0,56}{0,28}$	$\frac{1,6-23,0}{8,8}$	$\frac{390-430}{410}$
2012	$\frac{67,3-135,8}{96,9}$	$\frac{57,9-97,4}{70,7}$	$\frac{0,4-4,3}{2,9}$	$\frac{21,9-35,2}{28,9}$	$\frac{250-300}{280}$
2013	$\frac{58,9-211,0}{162,3}$	$\frac{19,2-42,4}{30,4}$	$\frac{1,4-29,9}{11,1}$	$\frac{7,5-49,5}{22,8}$	$\frac{130-310}{213}$
Сток, т/сут					
2008	–	2,90	0,21	0,42	19,73
2012	9,10	6,63	0,27	2,71	26,30
2013	20,1	3,77	1,38	2,82	26,39

Примечание: числитель – интервал концентраций; знаменатель – среднее значение.

колебания и значения ниже ПДК: хрома, свинца, кобальта и никеля – ниже 1 мкг/дм³, кадмия 0,1 мкг/дм³, ртути 0,01 мкг/дм³. Широкая амплитуда колебания концентраций и существенное превышение значений ПДК отмечались для алюминия, марганца, железа, цинка и меди.

Значительная вариабельность была характерна как для концентраций, так и стока указанных микроэлементов в эти годы. В 2008 г. слабый приток воды в Бурейское водохранилище обусловил дефицит кислорода в средних и придонных слоях воды, что привело к поступлению железа и марганца из донных отложений в воду. Наблюдения на приплотинном створе Бурейского водохранилища свидетельствуют: в поверхностных слоях воды летом содержание железа (мг/л) изменялось в пределах 0,19–0,28; средних – 0,32–0,36; придонных – 0,33–4,20. Аналогичная ситуация отмечалась для марганца (мкг/л): 9,1–17,3; 34,1–65,3 и 35,9–654 соответственно.

Максимальные концентрации 4,2 и 0,66 мкг/дм³ соответственно отмечались в июне на глубине 111 м в центральной части водохранилища в 500 м выше плотины. В результате среднее содержание железа в воде р. Буряя в 2008 г. было выше по сравнению с 2012–2013 гг., марганца – повышенное, как наиболее подвижного элемента по отношению к железу. Сток железа из-за низкой водности был пониженным. На участке реки между пос. Талакан и Новобурейский содержание марганца и железа в воде зимой и летом из-за улучшения кислородного режима снижалось в среднем в 2,9 и 1,6 раз.

Содержание меди и цинка в 2008 г. в среднем было ниже значений ПДК и мало отличалось от полученных ранее значений, сток составлял менее 0,5 т/сут.

В 2013 г. значительный приток воды в водохранилище обусловил двойную смену воды, что вызвало снижение в р. Бурей содержания марганца и железа, увеличение меди и цинка (см. табл. 5).

Повышенная в сравнении со средним значением в речном стоке (50 мкг/дм³) и ПДК (40 мкг/дм³) была концентрация алюминия, очевидно, за счет поступления с водосборной площади с продуктами выветривания алюмосиликатных минералов при большом притоке воды. Повышенные концентрации меди и цинка, ранее не наблюдавшиеся в воде Бурейского водохранилища [12], могли быть обусловлены поступлением с водосборной площади устойчивых органо-минеральных комплексов при повышенном содержании органических веществ, с одной стороны, и миграцией в условно растворенной форме в виде тонкодисперсной фазы (фильтрат 0,45 мкм). Как известно, для меди и цинка поверхностное взаимодействие с глинистыми частицами является довольно сильным, образование металлоорганических комплексов, главным образом фульватных, способствует усилению сорбции [13].

В содержании микроэлементов отчетливо прослеживаются сезонные различия. В 2012 г. максимальные концентрации марганца отмечались в июне; алюминия, меди и цинка – в октябре; в 2013 г. всех элементов, за исключением железа, – в июле при высоком содержании ОВ после полной смены воды в водохранилище. Существенные различия отмечались и в стоке элементов. В 2012 г. максимальный сток марганца, меди, цинка и железа (12,4; 0,92; 6,43 и 62,1 т/сут) наблюдался в сентябре при наибольшем водном стоке (2480 м³/с), а алюминия – в октябре (21,35 т/сут).

Дальнейшие изменения содержания и стока растворенных веществ р. Бурей произойдут с пуском в эксплуатацию Нижне-Бурейского водохранилища, которое будет отличаться от других водохранилищ российской части бассейна р. Амур меньшей глубиной и высоким коэффициентом водного обмена.

Обобщение данных химического состава воды р. Бурей до зарегулирования (1949–1988 гг.) и после (2008, 2012–2013 гг.) показало сглаживание сезонных различий в содержании растворенных веществ, снижение минерализации в зимнюю межень в 2 раза и повышение стока минеральных и биогенных веществ в 5 и более раз. В период открытого русла в многоводные годы отмечен более высокий, чем до зарегулирования, сток железа и нитратного азота. Содержание растворенных микроэлементов в основном невысокое. Вынос большого количества ОВ при повышении водного стока сопровождается увеличением потока микроэлементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Кочарян А.Г., Малютин А.Н., Марголина Г.Л. Оценка роли водохранилищ в изменении качества речных вод // Водные ресурсы. 1988. № 3. С. 5–16.
2. Эдельштейн К.К., Белова С.Л., Заславская М.Б., Новикова Е.В. Гидролого-гидрохимические аспекты формирования качества воды в водохранилищах питьевого и рекреационного назначения // Водные ресурсы. 1993. Т. 20. № 5. С. 565–574.
3. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды РД 52.18.595–96 (в ред. Изм. № 1, утв. Росгидрометом 11.10.2002, Изм. № 2, утв. Росгидрометом 28.10.2009).
4. Приказ № 20 от 18.01.2010 г. Федерального агентства по рыболовству «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения».
5. Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л. Река Буряя: гидрология, гидрохимия и ихтиофауна. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2006. 149 с.
6. Meybeck M. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers // Amer. J. Sci., 1982. V. 282. No 4. P. 401–450.
7. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Фокина Ю.А., Ри Т.Д. Трансграничное загрязнение Амура в зимнюю межень 2005–2006 гг. // География и природные ресурсы. 2007. № 2. С. 40–44.
8. Шестеркин В.П., Сиротский С.Е., Таловская В.С. Минерализация и содержание органического вещества в воде Бурейского водохранилища в первые годы заполнения // Водное хозяйство России. 2011. № 4. С. 33–40.
9. Шестеркин В.П. Динамика содержания аммонийного азота в воде Бурейского водохранилища // Современные проблемы водохранилищ / Тр. междунар. науч.-практ. конф. Пермь: ПГУ, 2011. Т. II. С. 203–207.
10. Пуклаков В.В., Эдельштейн К.К., Кремецкая Е.Р., Гашкина Н.А. Самоочищение вод Можайского водохранилища зимой // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. С. 711–720.
11. Соколов Д.И. Изменение окисляемости и цветности воды под влиянием водохранилища // Вестник МГУ. 2013. Вып. 6. С. 9–15.
12. Чудаева В.А., Шестеркин В.П., Чудаев О.В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Амур // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 5. С. 506–617.
13. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 272 с.

Сведения об авторах:

Шестеркин Владимир Павлович, канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное учреждение науки «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ИВЭП ДВО РАН), 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65; e-mail: shesterkin@iver.as.khb.ru

Сиротский Сергей Егорович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией гидроэкологии и биогеохимии, Федеральное государственное учреждение науки «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ИВЭП ДВО РАН), 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65; e-mail: sirotsky@iver.as.khb.ru

Шестеркина Нина Михайловна, старший научный сотрудник, Федеральное государственное учреждение науки «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ИВЭП ДВО РАН), г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65; e-mail: shesterkina@iver.as.khb.ru