

УДК 556.55:554.48

## МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДЕ БУРЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРИОД ЗАПОЛНЕНИЯ

© 2011 г. В.П. Шестеркин, С.Е. Сиротский, В.С. Таловская

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

**Ключевые слова:** Бурейское водохранилище, водный обмен, минерализация, органическое вещество.

Рассмотрены вопросы формирования химического состава воды Бурейского водохранилища в первые годы существования. Показано, что поэтапное заполнение водохранилища способствовало постепенному сглаживанию различий в уровнях концентраций минеральных и органических веществ, стабилизации минерального состава воды на шестой год заполнения.

### Введение

Бурейское водохранилище — второй, после Зейского, крупный искусственный водоем в российской части бассейна Амура. Помимо возможности использования энергетического потенциала реки, его сооружение должно было уменьшить риск возникновения наводнений в нижнем течении р. Буреи, способствовать сохранению экологического состояния реки и судоходства в нижнем бьефе.

Основными питающими водохранилище реками являются Бурея и Тырма, площадь водосборов которых у сел Чекунда и Аланп составляет 39 200 и 8 730 км<sup>2</sup>, соответственно.

Плотина Бурейской ГЭС расположена в 186 км выше устья р. Буреи. Максимальная глубина при НПУ 256 м составит 118 м, длина водохранилища — 140 км, площадь зеркала — 750 км<sup>2</sup>, объем — 20,09 км<sup>3</sup>, полезный объем — 10 км<sup>3</sup>. Водоохранилище располагается на территории Амурской области и Хабаровского края, площадь водосбора составляет 64,8 тыс. км<sup>2</sup>. Параметры Бурейского водохранилища в 2003—2008 гг. приведены в табл. 1.

Заполнение водохранилища началось в мае 2003 г. В первые годы его эксплуатации качество воды формировалось в условиях высокого

Таблица 1. Параметры Бурейского водохранилища в 2003—2008 гг.

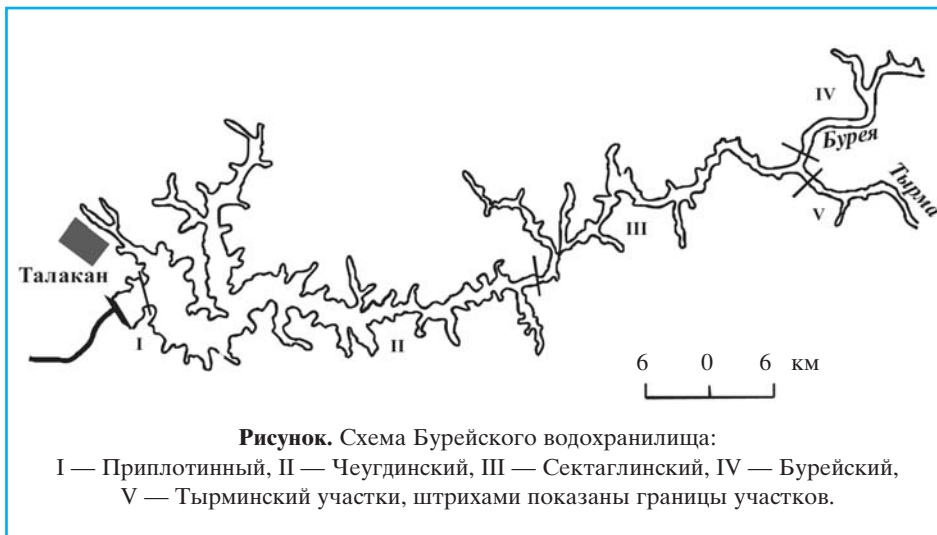
Характеристика	Годы					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Приток, км <sup>3</sup>	24,6	30,6	24,9	21,9	22,8	20,7
Максимальный объем, км <sup>3</sup>	3,7	6,8	9,2	13,5	14,3	17,5
Максимальная глубина, м	62	86	95	108	110	113

водного обмена, хотя лишь в 2004 г. приток воды был выше среднегодовой величины (27,3 км<sup>3</sup>). В первый год его заполнения коэффициент водного обмена составлял 8,57, на третий и пятый год — 4,37 и 2,07, соответственно.

В Бурейском водохранилище в период строительства и ввода в действие агрегатов забор и сброс воды проводился поэтапно на отметках в соответствии с проектом. Такие особенности его заполнения, связанные с выработкой электроэнергии на стадии строительства плотины, должны были снизить влияние затопленных почв и растительности на гидрохимический режим водохранилища, стабилизировать его в более короткие сроки. Поэтому наблюдения за химическим составом воды водохранилища с самого начала заполнения дали возможность в динамике изучать формирование химического состава воды. Это важно для прогнозирования качества воды проектируемых в российской части бассейна Амура водохранилищ (Нижнебурейского, Нижнезейского и др.).

### Объекты и методы

Гидрохимические наблюдения на Бурейском водохранилище осуществлялись с первого года заполнения (2003 г.) на пяти полностью охватывающих его акваторию участках (рисунок). Пробы воды отбирались с поверхности, среднего и придонного горизонтов зимой, летом и осенью. На Приплотинном и Чеугдинском участках образцы воды брались на трех, равномерно расположенных по ширине водоема вертикалях, на остальных участках — на одной вертикали на середине. Образцы воды анализировались в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов (№ РОСС RU 0001. 515988) при Институте водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИВЭП ДВО РАН) в г. Хабаровске. В данной работе рассматриваются наиболее консервативные и надежно измеряемые интегральные показатели качества воды — величина минерализации и цветность.



### Обсуждение результатов

Формирование химического состава воды Бурейского водохранилища в первые годы существования осуществлялось, в основном, водами питающих его рек Бурей и Тырмы в отсутствие какой-либо хозяйственной деятельности в береговой зоне. Определенная часть растворенных веществ поступала в воду из затопленного почвенного и растительного покрова.

Минерализация воды р. Бурей у с. Каменка до зарегулирования по данным Дальневосточного Управления гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды (ДВ УГМС) (1950—1974 гг.) изменялась от 15,4 до 112,2 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем составляла 38,6 мг/дм<sup>3</sup> [1]. По классификации О.А. Алекина [2], вода относилась к гидрокарбонатному классу группы кальция первого типу. Концентрация главных ионов низкая: калия не превышала 1 мг/дм<sup>3</sup>, а натрия и хлоридного — 2 мг/дм<sup>3</sup>, т. е. мало отличалась от содержания в ледниковых озерах хр. Дуссе-Алинь [2]. Содержание остальных главных ионов изменялось в более широких пределах. Наибольший их уровень отмечался в воде рек восточной части бассейна р. Бурей (Тырма, Чегдомын и др.), сложенной терригенными юрскими и меловыми отложениями.

В больших пределах изменялась и цветность воды (10—260 градусов цветности). Весной и летом во время высоких расходов воды ее значения находились в пределах 46—260 и 30—240 градусов цветности, соответственно, средние многолетние величины — 123 и 95 градусов цветности, соответственно.

**Таблица 2.** Изменение минерализации воды на участках Бурейского водохранилища по сезонам и годам, мг/дм<sup>3</sup>

2004 г.			2005 г.			2006 г.			2007 г.			2008 г.		
З	Л	О	З	Л	О	З	Л	О	З	Л	О	З	Л	О
<i>Приплотинный</i>														
43,8	22,8	29,1	47,4	—	—	46,4	26,0	24,6	37,5	29,3	34,5	31,7	36,1	31,5
33,1	24,6	30,8	36,8			38,3	25,7	25,0	31,5	33,0	32,9	31,1	37,2	32,1
<i>Чеугдинский</i>														
44,2	25,6	30,8	47,5	24,8	23,6	40,7	24,7	25,1	—	28,9	32,5	—	34,7	30,7
38,2	24,2	32,4	38,2	22,8	22,4	32,0	23,2	25,1		28,8	32,6		36,5	33,2
<i>Сектаглинский</i>														
40,2	29,6	31,3	46,8	25,4	26,0	45,9	22,5	23,8	—	28,6	29,6	—	30,4	35,0
42,5	29,4	32,1	43,0	23,7	25,8	27,0	23,9	26,3		26,5	29,4		31,3	34,4
<i>Бурейский</i>														
44,3	29,5	30,2	46,0	25,5	30,5	41,6	21,3	23,9	—	24,8	30,6	—	32,0	30,3
49,0	25,9	38,2	44,7	24,3	24,8	35,9	16,9	28,7		25,2	33,6		31,4	31,3
<i>Тырминский</i>														
—	45,9	41,0	48,0	46,0	38,0	52,0	24,3	24,0	—	42,4	33,7	—	48,8	29,4
	34,9	49,6	68,6	40,4	40,4	54,6	22,6	32,9		36,3	38,3		37,0	46,8

Примечание: здесь и в табл. 3 в числителе — поверхностный, в знаменателе — придонный горизонт; прочерк — не определяли; З — зима, Л — лето, О — осень.

Большие различия в химическом составе воды рек Буреи и Тырмы и высокий водный обмен обусловили в 2003—2004 гг. в водохранилище пространственно-временную неоднородность состава воды. По акватории максимальная минерализация воды отмечалась на Тырминском участке, а наименьшая — Приплотинном (табл. 2).

Гидрохимическая стратификация наблюдалась и по глубине. На всех участках водохранилища, за исключением Тырминского, при таком высоком водном обмене и малой глубине содержание главных ионов в воде распределялось относительно равномерно [3]. На Тырминском же участке минерализация поверхностных слоев воды по сравнению с придонными летом была в среднем выше на 10,5 мг/дм<sup>3</sup>, а осенью — ниже на 8,6 мг/дм<sup>3</sup>. Такие большие различия в распределении величины минерализации по вертикальному разрезу этого участка могли быть обусловлены плотностными течениями. В сезонном отношении наименьшее значение отмечалось весной и в начале лета, когда в стоке питающих его рек доминировали талые снеговые воды. В дальнейшем содержание

главных ионов в воде постепенно возрастало, достигая зимой максимальных значений (см. табл. 2).

Существенные изменения в содержании минеральных веществ в воде происходили после паводков на реках Бурей и Тырма. В 2005 г. большой приток воды в водохранилище ( $12,9 \text{ км}^3$ ) обусловил не только полную смену воды в водоеме, но и понизил минерализацию воды на большей части водохранилища (см. табл. 2).

В последующие годы снижение водного обмена привело к сглаживанию различий в уровнях содержания главных ионов в воде по акватории и глубине на всех участках, за исключением Тырминского. В 2007 и 2008 гг. на большей части водохранилища минерализация воды не превышала  $38 \text{ мг/дм}^3$ , а среднегодовые значения составляли  $30,4$  и  $32,4 \text{ мг/дм}^3$ , соответственно, причем различия между поверхностными и придонными горизонтами не превышали  $5 \text{ мг/дм}^3$ .

На Тырминском же участке, как и ранее, минерализация воды была выше. В 2007 г. она, в среднем, составляла  $36,9 \text{ мг/дм}^3$ , в 2008 г. —  $41,0 \text{ мг/дм}^3$ , сохранялась и неоднородность в распределении этого показателя качества воды по глубине. Летом 2008 г. минерализация воды в поверхностных слоях воды, по сравнению с придонными, была выше на  $11,8 \text{ мг/дм}^3$ , а осенью — ниже на  $17,4 \text{ мг/дм}^3$ , т. е. различия были более резкими, чем в предыдущие годы (см. табл. 2).

Существенно изменилась и сезонная динамика. Наблюдения свидетельствовали об отсутствии больших различий между зимними и летними значениями на Приплотинном участке (см. табл. 2), неоднородном их распределении по продольному профилю водохранилища в начале лета, обусловленном преобладанием вод весеннего половодья над зимними водами прошлого водохозяйственного года. Поэтому, если на Бурейском участке минерализация воды в июне 2008 г., в среднем, составляла  $30,0 \text{ мг/дм}^3$ , то на Плотинном и Чеугдинском участках —  $35,6 \text{ мг/дм}^3$ .

Мониторинг за химическим составом воды Бурейского водохранилища дал возможность сравнить наблюдаемые значения с прогнозными величинами. В соответствии с прогнозом максимальная и средняя минерализация воды должны были составлять  $40,2$  и  $30,3 \text{ мг/дм}^3$  [2]. Как видим, наблюдаемые значения на всех участках, за исключением Тырминского, мало отличаются от прогнозных величин, являются более высокими, чем в Зейском водохранилище [4].

Содержание органических веществ в воде изменяется в более широких пределах, по сравнению с главными ионами. Максимальный уровень их концентрации отмечался весной в начале заполнения водохранилища, когда в его питании преобладали талые снеговые воды (табл. 3). Некоторая часть этих веществ поступала из затопленных в ложе водохра-

**Таблица 3.** Изменение минерализации воды на участках Бурейского водохранилища по сезонам и годам, мг/дм<sup>3</sup>

2004 г.			2005 г.			2006 г.			2007 г.			2008 г.		
З	Л	О	З	Л	О	З	Л	О	З	Л	О	З	Л	О
<i>Приплотинный участок</i>														
35	137	63	44	124	34	45	75	35	73	85	61	70	53	62
66	129	63	63	142	39	97	108	43	40	87	72	62	59	62
<i>Чеугдинский участок</i>														
27	116	77	40	112	54	41	74	32	—	78	61	—	54	60
52	117	97	60	149	60	65	91	32	—	94	65	—	64	70
<i>Сектаглинский участок</i>														
40	96	57	26	82	25	39	63	26	—	67	60	—	79	50
37	90	52	46	85	35	49	103	28	—	90	52	—	110	85
<i>Бурейский участок</i>														
—	90	57	25	63	19	38	82	23	—	68	54	—	68	45
	92	59	70	74	33	39	105	25	—	109	52	—	110	80
<i>Тырминский</i>														
18	63	70	38	53	20	37	71	23	—	54	56	—	60	40
19	83	80	72	68	49	35	89	27	—	136	60	—	109	45

нилища почв и древесной растительности. Поэтому, также как и на многих других водохранилищах [4, 5], максимальная концентрация органического вещества наблюдалась в придонных слоях воды Приплотинного участка, цветность которых составляла 250 градусов цветности. Аналогичная ситуация отмечалась и в июне 2005 г., когда цветность воды в этих слоях воды в среднем составляла 145 градусов цветности, перманганатная окисляемость — 23,4 мг О/дм<sup>3</sup> [3].

Существенное снижение содержания органического вещества наблюдалось после паводков на р. Бурее в 2005 г. На Бурейском, Тырминском и Сектаглинском участках цветность воды в июле в основном не превышала 80, сентябре — 50, а в начале октября — 40 градусов цветности (см. табл. 3). Лишь в придонных горизонтах воды Приплотинного и Чеугдинского участков содержание органического вещества продолжало оставаться высоким: цветность находилась в пределах 143—170 градусов цветности, а значения перманганатной окисляемости — 19,3—20,6 мг О/дм<sup>3</sup>.

Аналогичная ситуация отмечалась и в 2006 г. после притока в водохранилище в июле-августе 10 км<sup>3</sup> воды. В это время содержание органи-

ческого вещества в поверхностных горизонтах воды распределялось относительно равномерно (см. табл. 3). Максимальные значения цветности воды отмечались в средних и придонных (на глубине 100 м) слоях воды на Чеугдинском и Приплотинном участках. Они были обусловлены активизацией процессов разложения затопленной растительности, которая была обусловлена повышенной температурой воды (13,9—14,7 °С). Об этом красноречиво свидетельствует дефицит растворенного кислорода в этих горизонтах воды (3,2—4,7 мг/дм<sup>3</sup>) [6]. Среднегодовое значение цветности воды составило 86 градусов цветности.

Сезонная динамика содержания органического вещества, наблюдавшаяся в первые годы существования водохранилища, сохранилась и в 2008 г., однако в пространственном отношении претерпела существенное изменение. Максимальное значение цветности воды (до 143 градусов цветности) наблюдалось в начале лета в придонных и средних слоях воды Бурейского и Тырминского участков. Высокой (>100 градусов цветности) она была и по вертикальному разрезу Сектаглинского участка. Более низкие значения цветности воды в это время были зафиксированы на Приплотинном и Чеугдинском участках (до 60 градусов цветности). Такая пространственная неоднородность содержания органического вещества в водохранилище была обусловлена формированием его верхней и средней части водами весеннего половодья, а нижней части — зимними водами прошлого водохозяйственного года. Подобная неоднородность состава воды отмечена на многих водохранилищах [7].

Низкая водность рек Буреи и Тырмы в июле-августе (приток составил 24 % от среднегодового) не способствовала поступлению большого количества органических веществ в водоем. Поэтому цветность воды на Чеугдинском и Приплотинном участках оставалась без изменений (50—70 градусов цветности), в то время как на остальных участках водохранилища во всех горизонтах воды, в первую очередь поверхностных, снизилась. В придонных слоях воды Тырминского, Бурейского и Сектаглинского участков она не превышала 100, в поверхностных — 50 градусов цветности. Осенью цветность воды в основном была ниже 70 градусов цветности. На всех участках водохранилища содержание органического вещества по акватории и вертикальному разрезу распределялось относительно равномерно. Среднегодовое значение цветности составляло 73 градуса цветности, т. е. более низкое, чем ранее.

Отсутствие значительных различий в содержании органического вещества (55—70 градусов цветности) на Приплотинном и Чеугдинском участках водохранилища на шестой год существования водохранилища свидетельствует о снижении поступления этих веществ из затопленных почв и растительности.

### Заключение

Поэтапное заполнение Бурейского водохранилища способствовало постепенному сглаживанию резких различий в содержании минеральных и органических веществ по акватории и глубине большей части водохранилища. На шестой год существования водохранилища отмечается стабилизация величины минерализации (в пределах 26,8—37,2 мг/дм<sup>3</sup>), сближение ее и содержания органических веществ летних и зимних значений на Приплотинном участке, а соответственно и р. Бурей ниже плотины.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
2. *Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л.* Река Буря: гидрология, гидрохимия и ихтиофауна. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2006. 149 с.
3. *Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.* Гидрохимия Бурейского водохранилища в период заполнения (2005—2006 гг.) // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды: в 2 т. Т. II. Труды междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2007. С. 100—104.
4. *Мордовин А.М., Петров Ю.С., Шестеркин В.П.* Гидроклиматология и гидрохимия Зейского водохранилища. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 1997. 138 с.
5. *Лабутина Т.М.* Формирование и прогнозирование гидрохимического режима водохранилищ Северо-Востока СССР. Якутск: Наука, 1985. 114 с.
6. *Шестеркин В.П.* Кислородный режим Бурейского водохранилища // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 50—55.
7. *Эдельштейн К.К.* Водные массы долинных водохранилищ. М.: Изд-во МГУ, 1991. 175 с.

#### Сведения об авторах:

Шестеркин Владимир Павлович, к. г. н., старший научный сотрудник, 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, к. б. н., старший научный сотрудник, заведующий лабораторией гидроэкологии и биогеохимии, ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск

Таловская Валентина Сергеевна, научный сотрудник, ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск