

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ЮЖНОГО УРАЛА

На Южном Урале в конце XX столетия построен ряд крупных водохранилищ (Павловское, Нугушское, Юмагузинское и др.). Юмагузинское водохранилище, построенное в последние годы, является самым новым из них.

В геоморфологическом отношении створ плотины находится у выхода р. Белой из гор. Чаша водохранилища простирается по узкой глубоко врезанной долине вверх по течению р. Белой на расстояние 57 км. Отсутствие промышленных предприятий, слабая хозяйственная освоенность территории создают благоприятные предпосылки для создания водоема с гарантированным качеством воды. Объем водохранилища при форсированном подпорном уровне (ФПУ = 270 м) — более 800 млн. м<sup>3</sup>, при нормальном подпорном уровне (НПУ = 253 м) — 300 млн. м<sup>3</sup>. Водоохранилище оказывает положительное экологическое воздействие на природную среду, особенно в среднем течении реки Белой, выражающееся в опреснении и пополнении запасов речных вод и вод аллювиального водоносного горизонта, особенно в районах загрязнения их сточными водами промышленных предприятий (города Стерлитамак, Салават, Ишимбай, Мелеуз). Сток р. Белой в среднем ее течении характеризуется значительной неравномерностью в течение года. Расходы воды 0,1% обеспеченности в створах г.г. Мелеуз, Стерлитамак колеблются от 2710 до 5010 м<sup>3</sup>/с, в меженный период 95% обеспеченности — от 3,39 до 4,9 м<sup>3</sup>/с соответственно. Юмагузинское водохранилище обеспечивает сезонное, недельное и суточное регулирование стока р. Белой. Аккумуляция весеннего стока позволяет уменьшить площади затопляемых паводковыми водами территорий в среднем течении р. Белой. Перекрытие русла р. Белой и первое наполнение водохранилища произошло в 2004 г. При строительстве водохранилища в зону затопления попали склоны долины и пойменные участки земли, занятые смешанными лесными насаждениями.

Исследованиями в различных регионах России и СССР установлено, что затопленная древесная растительность длительное время является источником поступления в водную среду продуктов распада биогенных и других органических и минеральных компонентов [Денисова, 1979; Лабутина, 1985].

В водоемах с замедленным стоком, какими являются водохранилища, процессы разложения органического вещества играют особенно важную

роль в формировании состава их вод, что необходимо учитывать при прогнозировании химического состава воды для использования ее в хозяйственно-питьевых целях.

Процессы перегнивания и минерализации затопленных органических веществ в водохранилищах приносят в воду большое количество азотных и фосфорных солей, необходимых для развития фитопланктона и донных водорослей. В результате начинается массовое размножение сине-зеленых водорослей, планктона (афанизоменон, анабена). Вода в это время принимает голубовато-синий цвет и становится непригодной для питья. Водоросли и продукты их деятельности могут быть ядовиты для человека [Экология водоемов ..., 1998].

В зону затопления Юмагузинского водохранилища попало 1473,1 га лесов с общим запасом 155 355 м<sup>3</sup>. После вырубki леса до отметки НПУ — 253 м в ложе водохранилища осталось корневых систем (пеньков) около 29 400 м<sup>3</sup>.

В связи с изменением режима работы Юмагузинского водохранилища в паводковый и меженный периоды и увеличением сроков стояния высоких уровней, в 2006–2007 гг. возникла необходимость верхнюю границу лесосводки и лесочистки поднять до отметки 260,0 м на площади 335 га. В связи с этим в течение 2004–2007 гг. происходило вымывание биогенных веществ из деревьев, попавших в зоны затопления и подтопления. По данным Башкирской лесоустроительной экспедиции, объем леса, попавшего в зоны затопления и подтопления составляет 50 750 м<sup>3</sup>, из них (м<sup>3</sup>): хвойные — 1400, дуб — 2750, клен — 400, ильмовые — 1740, береза — 11410, липа — 31320, осина — 430, ольха — 128. Таким образом, общий объем подтопленной древесной растительности составляет около 80 тыс. м<sup>3</sup>.

Для получения количественных показателей влияния биогенных и органических веществ, выделяемых затопленной древесной растительностью, на химический состав воды в условиях, приближенных к реальным, впервые в Волго-Уральском регионе, нами проведены экспериментальные исследования в июле — августе 2007 г. непосредственно на Юмагузинском водохранилище.

Для проведения эксперимента были взяты образцы древесины, непосредственно произрастающей на территории, подтопленной водохранилищем (сосна, дуб, липа, береза). В естественных условиях экстракция органических и биогенных

<sup>1</sup> ОАО «Юмагузинское водохранилище», г. Уфа.

веществ из затопленных деревьев и кустарников происходит в основном через кору погруженной в воду древесины, поэтому спилы образцов были заплавлены полиэтиленовой пленкой для того, чтобы диффузия экстрагируемых элементов в наших опытах происходила только через кору, как и в естественных условиях.

В экспериментах использовались полиэтиленовые мешки с объемом воды от 35 до 50 литров, в зависимости от размера образца. Соотношение объемов древесины и воды составляло 1:200. При этом исходили из того, что в замкнутом сосуде изменения химического состава воды под влиянием древесины должны происходить с той же скоростью, что и в водоеме, где практически отсутствует перемешивание слоев. Заполненные емкости на капроновой веревке погружали в водоем на глубину около 10 м, исключая возможность продуцирования кислорода (в 5–6 раз превышающую прозрачность по диску Секки). Пробы отбирались через 2, 4, 7, 9, 11, 16, 23, 36 суток от начала эксперимента.

В течение всего периода исследований по общепринятым методикам проведения гидрохимических исследований определяли содержание  $O_2$ ,  $CO_2$ , рН среды,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , БПК<sub>5</sub>, ХПК. Химические анализы проводились в лаборатории Аналитического центра ФГУ по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урала (г. Мелеуз).

На основе полученных опытных данных с древесной растительностью нами были построены графики динамики концентрации  $O_2$ ,  $CO_2$ , БПК<sub>5</sub>, ХПК (рис. 1). Из графика видно, что в воде, при попадании в нее древесины разных пород, процессы окисления происходят сходные.

Существенные изменения в газовом режиме (кислорода и углекислого газа) в воде опытных сосудов произошли в первые 7–9 дней экспозиции (см. рис. 1). Содержание  $O_2$  во всех образцах снизилось с 7,90 до 3,03–6,33 мг/дм<sup>3</sup> (по сравнению с контрольным образцом), причем если у образцов дуба и сосны этот процесс был более резким (снижение содержания кислорода с 7,90 до 2,93 и 3,87 мг/дм<sup>3</sup>), то у липы и березы — более плавным (до 5,57 и 6,33 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). В дальнейшем концентрация кислорода продолжала постепенно снижаться. В некоторых опытах с дубом на 23 сутки от начала эксперимента кислород практически отсутствовал.

С динамикой содержания кислорода хорошо сочетается динамика концентрации  $CO_2$ . Наибольший прирост концентрации  $CO_2$  также отмечался в начале эксперимента. В первые 4 дня концентрация  $CO_2$  изменилась (мг/дм<sup>3</sup>) от 1,0 до: 3,40 (береза), 4,23 (липа) и 6,63 (сосна). Наибольший рост (9 раз) концентрации  $CO_2$  за эти же дни наблюдался у образцов дуба (до 8,97 мг/дм<sup>3</sup>). К 7-ым суткам концентрация  $CO_2$  во всех опытах увеличилась еще

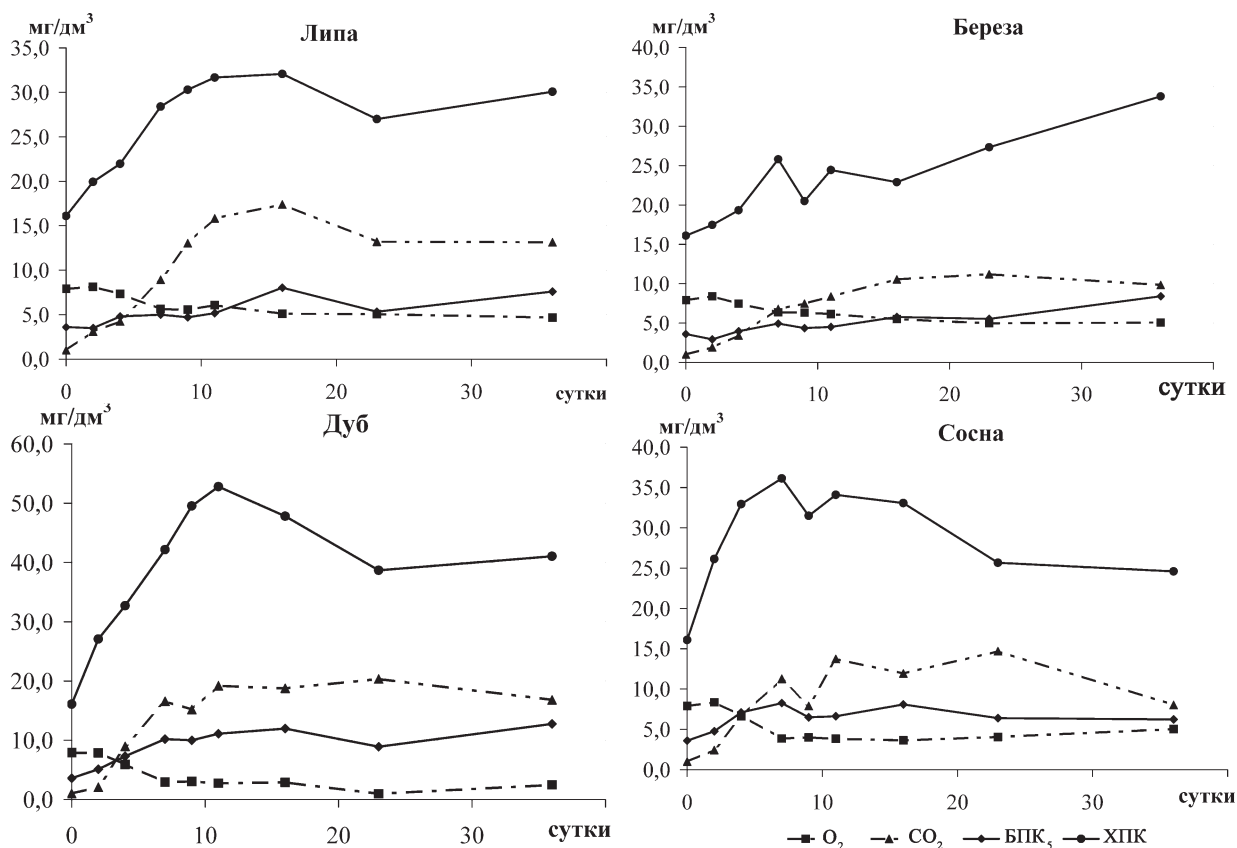


Рис. 1. Динамика концентрации  $O_2$ ,  $CO_2$ , БПК<sub>5</sub>, ХПК в опытах с древесной растительностью

в 2 раза. В дальнейшем содержание этого элемента продолжало повышаться у всех пород, но носило уже более ровный характер (см. рис. 1).

С изменением концентрации  $O_2$  и  $CO_2$  хорошо согласуется и динамика потребления кислорода при биохимическом окислении содержащихся в воде веществ в аэробных условиях в течение 5 суток (БПК<sub>5</sub>). В начале эксперимента значение этого параметра составляло 3,6 мг/дм<sup>3</sup>, к концу эксперимента — величину практически в 2 раза большую (7,6–8,4 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>). При этом наибольшая активность биохимических процессов наблюдалась в образцах с дубом, где показатели БПК<sub>5</sub> выросли до 12,77 мг/дм<sup>3</sup>.

Как видно из рис. 1, количество кислорода, потребляемого при химическом окислении (ХПК) содержащихся в воде органических и минеральных веществ под действием окислителей значительно возросло в первые 12 суток эксперимента (с 16,1 до 25,8–52,8 мг/дм<sup>3</sup>), причем наибольшее увеличение этого показателя характерно для сосны и дуба. В дальнейшем произошло некоторое снижение ХПК (до 24,6–33,8 мг/дм<sup>3</sup>) и ход процесса стал равномерным.

Ход изменения содержания биогенных элементов ( $NH_4^+$  и  $NO_3^-$ ) и водородного иона показан на рис. 2. Аналогично газовому составу на 7–9 день экспозиции существенно растет содержание биогенных веществ. Так, концентрация  $NH_4^+$  изме-

няется от 0,58 до 0,75–0,86 мг/дм<sup>3</sup>, особенно большой рост содержания иона наблюдается у дуба (до 2,07 мг/дм<sup>3</sup>). В дальнейшем содержание  $NH_4^+$  в воде несколько падает, но продолжает держаться на довольно высоком уровне.

По поведению в процессе накопления  $NO_3^-$  несколько отличается от других компонентов. Так, в опытах с липой и березой на 7–9 сутки происходило максимальное накопление  $NO_3^-$  (от 1,2 до 1,93 и 2,17 мг/дм<sup>3</sup>), в то время как у сосны произошло некоторое снижение концентрации данного иона (0,87 мг/дм<sup>3</sup>), а у дуба его содержание колебалось в районе исходных значений (1,18–1,30 мг/дм<sup>3</sup>). В дальнейшем содержание  $NO_3^-$  в образцах с сосной продолжало оставаться невысоким, тогда как во всех остальных образцах концентрация этого элемента повысилась, что свидетельствует о различном протекании химических процессов в хвойных и лиственных породах.

Величина водородного показателя (рН) в опытах постоянно менялась (см. рис. 2). Так, если сначала она составляла 8,4, то в последующем этот показатель понижался в течение всего времени проведения эксперимента до 6,86–7,01, что говорит об активных химических процессах, происходящих в воде.

В первые годы существования водохранилища наблюдается потребление растворенного в воде кислорода на биохимические процессы, связанные

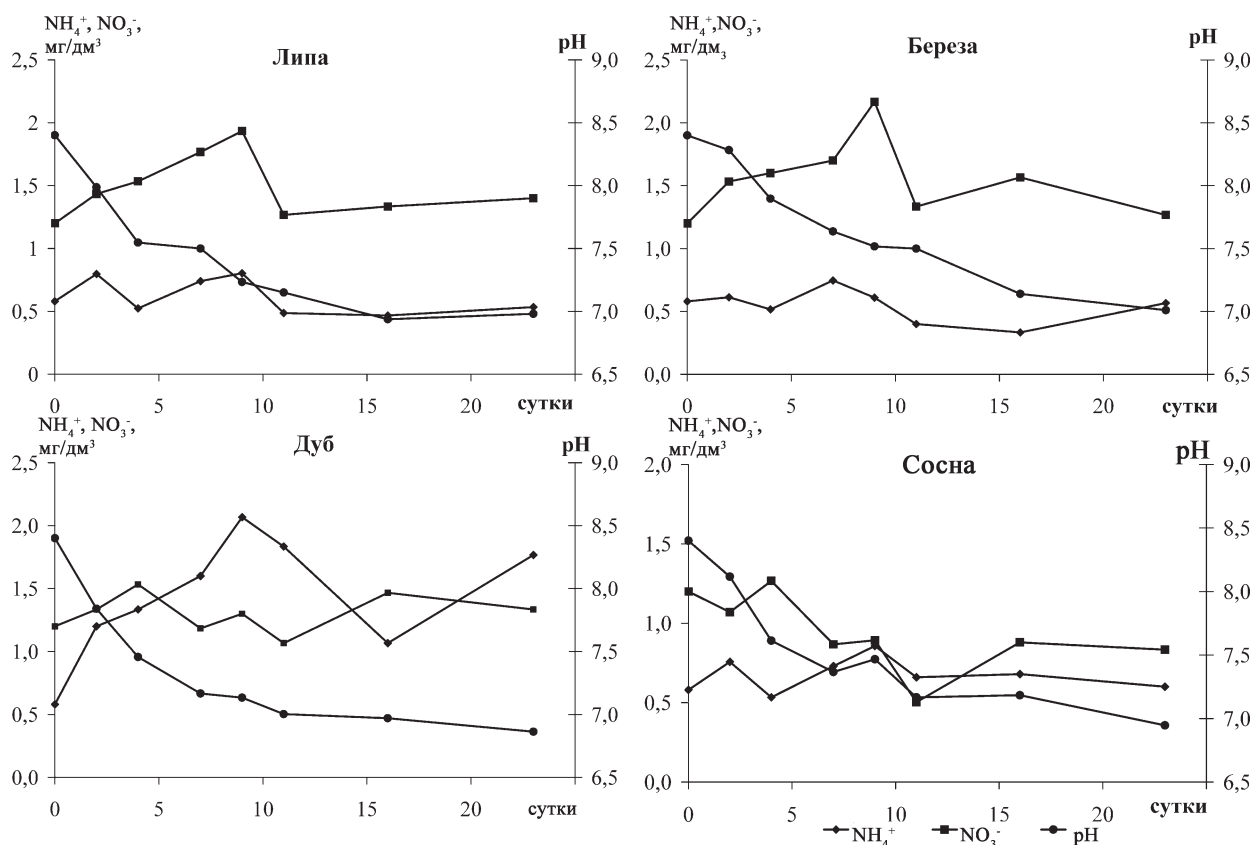


Рис. 2. Динамика биогенных элементов ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ) и рН в опытах с древесной растительностью

с минерализацией затопленных органических веществ почв и растительности. С этим обстоятельством тесно связаны некоторые явления в развитии жизни в водохранилищах. Если это происходит в тех водохранилищах, которые возникли на реках с богатой реофильной фауной рыб и беспозвоночных, то сочетание факторов отсутствия течения и дефицита кислорода губительно действует на реофилов — многие из них, особенно в зимних условиях, погибают [Экология водоемов ..., 1998].

Интерес к изучению влияния техногенеза на качество воды Юмагузинского водохранилища вызван не только тем, что он отрицательно влияет на рыбное хозяйство и рекреационные зоны, а главным образом — на качество воды водозаборов, расположенных в среднем течении р. Белой.

С проблемами охраны от загрязнения поверхностных вод р. Белой неразрывно связано качество и количество ресурсов аллювиального водоносного горизонта долины, который каптирован несколькими крупными водозаборами инфильтрационного типа (Зирганский, Ировский, Каранский, Мелеузовский и др.), обеспечивающими централизованное водоснабжение г.г. Кумертау, Мелеуз, Салават, Ишимбай, Стерлитамак, и групповыми водозаборами для водообеспечения Аургазинского, Кармаскалинского районов [Абдрахманов и др., 2007]. Высокая производительность таких водозаборов объясняется, с одной стороны, хорошими фильтрационными свойствами аллювия и значительными эксплуатационными запасами подземных вод, а с другой — наличием тесной гидравлической связи аллювиального горизонта с рекой Белой, что обеспечивает устойчивое восполнение запасов подземных вод. Количество речных вод, поступающих в скважины инфильтрационного водозабора, в зависимости от проницаемости аллювиальных отложений, кольматации русла и прочих факторов, колеблется в широких пределах и может достигать 70–95% общей производительности водозабора этого типа.

В ходе миграции к водозабору происходит улучшение качества речной воды за счет различных физико-химических процессов: освобождения от механических примесей и патогенных бактерий, снижения содержания некоторых компонентов, главным образом органического происхождения.

Особое негативное значение для оценки качества воды инфильтрационных водозаборов имеют фенолы, которые относятся к токсичным веществам и, кроме того, даже в небольших концентрациях придают воде неприятный специфический запах, усиливаемый при хлорировании. Присутствие в воде р. Белой фенолов и нефтепродуктов сверх допустимых норм является одним из основных факторов, ограничивающих создание в ее долине высокопроизводительных инфильтрационных водозаборов в среднем и нижнем течении. Чрезвычайные происшествия [Абдрахманов, 1991, 2005], которые имели место на Южном водозаборе г. Уфы в 1990 г., когда содержание фенолов, диоксинов и других токсикантов в водопроводной воде достигало десятков и сотен ПДК, свидетельствуют, насколько актуальна охрана водных ресурсов бассейна р. Белой от загрязнения.

#### *Литература:*

- Абдрахманов Р.Ф.** Влияние техногенеза на качество воды Павловского водохранилища: Препринт. Уфа, 1991. 28 с.
- Абдрахманов Р.Ф.** Гидрогеоэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.
- Абдрахманов Р.Ф., Чалов Ю.Н., Абдрахманова Е.Р.** Пресные подземные воды Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2007. 184 с.
- Денисова А.И.** Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования. Киев: Наукова Думка, 1979. 292 с.
- Лабутина Т.М.** Формирование и прогнозирование гидрохимического режима водохранилищ Северо-Востока СССР. Якутск, 1985. 116 с.
- Экология водоемов* Башкирии / Под ред. Б.М. Миркина. Уфа: Гилем, 1998. 209 с.