

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НОВОМОСКОВСКОГО РАЙОНА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

© 2017 г. С.А. Лапин

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, Москва, 107140
E-mail: sal58@mail.ru*

Поступила в редакцию 26.12.2016 г.

По результатам гидролого-гидрохимической съемки рассмотрено современное состояние Шатского и Любовского водохранилищ, находящихся под мощным антропогенным воздействием вследствие их многолетнего использования в промышленных целях. Анализ проведен в сравнении с близлежащим Пронским водохранилищем, которое функционирует в условиях отсутствия промышленной нагрузки. Обосновывается утверждение, что процесс переориентации Шатского и Любовского водохранилищ для использования их в качестве рекреационного и рыбохозяйственного объектов находится в самой начальной стадии.

Ключевые слова: водохранилище, гидрология, гидрохимия, ионный состав.

ВВЕДЕНИЕ

Шатское водохранилище на р. Шат (площадь 12,5 км², длина 14 км, объем 65,65 млн м³) вблизи города Новомосковск Тульской обл. было введено в эксплуатацию (заполнено) в 1932 г. (Григорьева, 2016). Его основное назначение — удовлетворение потребностей в воде промышленных объектов города. Базовым пользователем данного водоема является ОАО «НАК «Азот» (современное название) — основа Новомосковского промышленного района, начало которому в 1930-х г. положило строительство крупного химического завода по производству азотных удобрений. Неотъемлемой частью этого промрайона является крупнейшая для своего времени Новомосковская ГРЭС (до 1934 г. — Бобриковская, до 1961 г. — Сталиногорская). Для нее, в свою очередь, к середине 1932 г. было создано Любовское водохранилище — пруд-охладитель площадью 2,75 км², объемом 14,2 млн м³ и длиной около 7,75 км. Любовское водохранилище

совместно с Шатским, принимающим его сток в своей нижней (приплотинной) части, составляют совместный водохозяйственный комплекс, который функционирует до настоящего времени.

С самого начала существования водохранилища, являющиеся важной составляющей промышленного комплекса, подвергались серьезному воздействию со стороны активно развивавшихся промпредприятий Новомосковска, принимая в своей акватории большое количество неочищенных или плохо очищенных сточных вод. Seriously увеличивали нагрузку и коммунально-бытовые стоки растущего городского хозяйства. В конечном счете к середине 1980-х гг. большая часть Шатского водохранилища (Иван-Озерский рукав, центральная и приплотинная части) стала практически непригодной для жизни гидробионтов.

С конца 2000х гг. в данной системе наметились серьезные изменения. Началась работа по внедрению новых, более современ-

ных технологий и оборудования по очистке стоков. Наряду с реконструкцией очистных сооружений, которые кроме промышленных очищают еще и городские канализационные стоки, у промпредприятий наметился переход с экстенсивного водопользования на постепенное внедрение замкнутых оборотных систем водоснабжения. В частности, на предприятии НАК «Азот» в 2007 г. была принята программа реализации природоохранных мероприятий в бассейне реки Шат и Шатского водохранилища. В свою очередь на ГРЭС с 2013 г. введена в эксплуатацию новая парогазовая установка, у которой основным элементом системы охлаждения воды выступает уже не пруд-охладитель, а градирня. Соответственно, существенно уменьшилось тепловое воздействие ГРЭС на Любовское водохранилище. Все это несколько смещает сложившуюся ситуацию в лучшую сторону.

С другой стороны, для подпитки вводимых оборотных систем (восполнения безвозвратных водопотерь) предприятия нуждаются в дополнительной воде. Однако ее источником уже не могут служить ни местные артезианские воды, ни воды Любовского и Шатского водохранилищ, отличающиеся не только различными загрязнениями, но и высоким солесодержанием. Использование данных ресурсов требует внедрения новых дорогостоящих технологий водоподготовки, которые в свою очередь приводят к нерентабельности производимой продукции. Решением данной проблемы является поставка воды из Пронского водохранилища (площадь 16,2 км², длина 26 км, объем 71,5 млн м³), расположенного в 30 км восточнее Новомосковской промагломерации, которое и было создано в 1968 г. именно с целью ее водообеспечения (Григорьева, 2016). Для более эффективного использования пронских вод НАК «Азот» планирует создание современной установки водоподготовки производительностью 60000 м³/сут. питьевой воды (программа «Чистая вода»). Дополнительно тем же инвестором реализуется проект «Большая вода», заключающийся в

трубопроводной доставке высококачественных артезианских вод питьевого качества из перепрофилированного шахтного хозяйства в соседнем Белевском районе. Все это дает возможность надеяться на благоприятную перспективу обновления Любовского и, главным образом, Шатского водохранилищ с их дальнейшим использованием в рыбохозяйственной и рекреационной целях.

Таким образом, сложившиеся реалии требуют серьезного мониторинга упомянутых водных объектов, что особенно важно при проведении столь глобальных преобразований всего водного хозяйства в Новомосковском регионе. В настоящей работе представлены результаты гидролого-гидрохимических исследований Шатского, Любовского и Пронского водохранилищ, которые осуществлялись в рамках комплексного мониторинга объектов рыбохозяйственного значения, находящихся в зоне ответственности ФГБНУ «ВНИРО». Съёмка Шатского и Любовского водохранилищ проводилась 23, а Пронского – 27 сентября 2016 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы проводили на семи гидролого-гидрохимических станциях Шатского, двух Любовского и четырех Пронского водохранилищ (рис. 1). На каждой из них осуществляли зондирование водной толщи от поверхности до дна гидрологическим зондом EXO2 («YSI Incorporated», США), снабженным датчиками давления (глубины), температуры, электропроводности, растворенного кислорода и водородного показателя (рН) с возможностью непрерывного визуального контроля получаемых результатов.

Вследствие того, что состояние вод водохранилищ в исследуемый период отвечало осенней гомотермии, то есть они были практически полностью перемешаны от поверхности до дна, пробы на гидрохимический анализ отбирали только из поверхностного горизонта (5-литровым пластиковым батометром Van Dorn). В пробах определяли следующие гидрохимические параметры:



Рис. 1. Схема расположения гидролого-гидрохимических станций в Шатском (1–7), Любовском (8–9) (23.09.2016 г.) и Пронском (1–4) водохранилищах 27.09.2016 г.

растворенный кислород (O_2), кремний (Si), фосфор фосфатов ($P-PO_4^{3-}$); аммонийный ($N-NH_4^+$), нитритный ($N-NO_2^-$) и нитратный ($N-NO_3^-$) азот; органические фосфор ($P_{орг}$) и азот ($N_{орг}$), а также их валовое количество ($P_{вал}$ и $N_{вал}$); растворенный углерод ($C_{орг}$) и главные ионы: хлоридные (Cl^-), сульфатные (SO_4^{2-}), гидрокарбонатные (HCO_3^-); калия (K^+), натрия (Na^+), кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), а также общую минерализацию и жесткость воды. Анализ проб проводили в сертифицированной гидрохимической лаборатории ФГБНУ «ВНИРО» с использованием современных аккредитованных методик (Руководство ..., 2003). Определение ионного состава проводили посредством системы капиллярного электрофореза на приборе «Капель-104Т», а растворенного органического углерода — методом высокотемпературного сожжения на автоанализаторе ТОС-Vсrh (Япония).

Параллельное исследование Шатского и Любовского водохранилищ с Пронским представляется целесообразным и интересным по нескольким причинам. Изначально вследствие близкого местоположения в рамках одной природно-климатической

зоны, а соответственно, и схожих условий формирования стока на водосборе все три водохранилища к моменту своего первичного заполнения были если не идентичны, то весьма близки друг другу по большинству параметров, в том числе и химическому составу их вод. В дальнейшем первые два водохранилища являлись объектом длительного (85 лет) промышленного водопользования с высокой техногенной нагрузкой. Пронское же испытывало существенно меньшее антропогенное давление и избежало прямого воздействия промышленных предприятий. В этой связи использовать его при анализе как контрольное для оценки масштабов изменений соседних Шатского и Любовского водохранилищ вполне правомочно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На Пронском водохранилище четыре станции были расположены следующим образом: первая — в верховьях, вторая — в месте впадения основных притоков в центральной части, третья и четвертая — в нижней части водоема, соответственно выше и ниже деревень Гремячее и Стрельцы, расположен-

Таблица 1. Гидролого-гидрохимические параметры поверхностных вод Пронского водохранилища 27.09.2016 г.

Параметр, мг/л	Станция, №				ПДК _{рх}
	1	2	3	4	
Температура, °С	9,9	11,1	12,4	13,4	
pH	8,8	7,8	7,9	8,0	6,5–8,5
O ₂	9,85	9,36	8,54	7,57	>6
Si	3,775	3,512	3,198	3,029	10,00
P-PO ₄ ³⁻	0,004	0,007	0,012	0,061	0,15
N-NH ₄ ⁺	0,012	0,061	0,117	0,270	0,40
N-NO ₂ ⁻	0,001	0,003	0,004	0,004	0,02
N-NO ₃ ⁻	0,008	0,066	0,081	0,074	9,00
P _{вал}	0,097	0,104	0,098	0,132	
P _{орг}	0,093	0,097	0,086	0,071	
N _{вал}	1,75	2,01	1,78	1,87	
N _{орг}	1,726	1,878	1,577	1,520	
C _{орг}	6,70	6,25	5,73	5,51	

Примечание. Здесь и в табл. 2–4 обозначения см. в тексте.

Таблица 2. Ионный состав поверхностных вод Пронского водохранилища 27.09.2016 г.

Параметр, мг/л	Станция, №				ПДК _{рх}
	1	2	3	4	
Cl ⁻	11,8	8,3	9,8	8,2	300
SO ₄ ²⁻	56,3	67,1	70,7	66,1	100
HCO ₃ ⁻	148,7	137,1	129,0	137,2	
K ⁺	2,4	2,4	3,2	2,5	50
Na ⁺	9,7	6,6	7,5	6,4	120
Ca ²⁺	50,1	51,8	50,4	51,5	180
Mg ²⁺	11,7	11,5	11,4	11,5	40
Минерализация общая	290,6	284,7	282,1	283,4	
Жесткость общая (Ca ²⁺ + Mg ²⁺), мг-экв/л	3,46	3,53	3,46	3,51	7,00

ных в приплотинной части (рис. 1). В табл. 1, 2 представлены гидролого-гидрохимические параметры и ионный состав вод Пронского водохранилища в период проведенных исследований. Как видно из данных таблиц, все исследованные параметры колеблются в пределах, обычных для относительно чистых водоемов. Существенное увеличение содержания от верховий к плотине фосфора фосфатов, а также аммонийного азота связано с

замедлением водообмена и более активным процессом деструкции органического вещества в приплотинной области. Эта особенность является весьма характерной для водохранилищ. Тем не менее все определенные гидрохимические показатели находятся существенно ниже установленных рыбохозяйственных нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК_{рх}).

Согласно классификации Алекина (1970), воды Пронского водохранилища на период съемки характеризуются как умеренно жесткие (на границе с мягкими), а их минерализация не превышает 300 мг/л. Ионный состав отвечает характерному для данной природной зоны гидрокарбонатному классу вод кальциевой группы (Алекин, 1970).

На Шатском водохранилище семь станций были расположены следующим образом (рис. 1): первая—пятая — в местах приема вод составляющих его рек (Белоколодезь, Аселок, Шат и Любовка), а третья, шестая и седьмая — в местах, позволяющих оценить результаты смешения вод в водоеме. На Любовском водохранилище одна станция (№ 8) была размещена около плотины, а другая (№ 9) — существенно выше по течению в районе выхода в водоем циркуляционного канала ГРЭС. Результаты исследований представлены в табл. 3, 4.

Полученные данные свидетельствуют о том, что экологическое состояние исследуемых водоемов трудно признать благополучным. Судя по данным на момент проведенной съемки, значительное органическое загрязнение попадает в Шатское водохранилище из Любовского, в котором содержание аммонийного азота в приплотинном створе достигает 1,2 мг/л, что в три раза превышает ПДК_{рх}. Соответственно в Шатском водохранилище фиксируется активный процесс нитрификации, отражением которого является аномально высокое содержание в воде нитритного азота на четырех нижних станциях в диапазоне 0,48—0,71 мг/л, что в 24—35 раз превышает допустимые нормы. Описанная ситу-

ация и особенности процесса нитрификации в Любовском и Шатском водохранилищах наглядно отражены на рис. 2.

Возможно, зафиксированное состояние вод является следствием произошедшего в канун съемки прорыва канализационных коммуникаций и связанного с этим залпового попадания загрязнений в Шатское водохранилище, что здесь случается. В любом случае содержание в воде в значительном количестве нитрит-иона (NO₂⁻) — объективное подтверждение загрязнения водоема. Другим признаком загрязнения данных водохранилищ является содержание в их водах фосфора фосфатов в количестве, не только повсеместно превышающем ПДК_{рх}, но и в среднем вдвое большем максимальных значений данного параметра, обычно наблюдаемых в естественных водоемах. Отчасти ситуацию в период исследований водоемов смягчало состояние полной перемешанности водной толщи, что способствовало ее дополнительному обогащению кислородом. Однако, учитывая слабый водообмен в водохранилище, поступающие загрязнения будут постоянно накапливаться в его нижней части. В зимний период это с высокой вероятностью приведет к гипоксии. Дополнительно возможность такой перспективы увеличивается также вследствие уменьшения теплового стока из Любовского водохранилища. Последнее обстоятельство, в свою очередь, меняет как температурно-ледовый режим, так и продукционно-деструкционные условия для гидробионтов.

Очень показателен представленный в табл. 4 ионный состав исследуемых водохранилищ, который весьма не характерен для природных вод данного региона. Воды Шатского водохранилища по классификации Алекина (1970) относятся к верхней границе умеренно жестких — ближе к жестким (свыше 5 мг-экв/л), а соответственно, отличаются и высокой минерализацией (почти повсеместно выше 700 мг/л). Данные показатели в Любовском водохранилище еще выше (9—10 мг-экв/л и до 953 мг/л соответственно), что отвечает уровню очень жестких вод и

Таблица 3. Гидролого-гидрохимические параметры поверхностных вод в Шатском и Любовском водохранилищах 23.09.2016 г.

Параметр, мг/л	Станция, №									ПДК _{рх}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Температура, °С	12,1	12,5	12,7	12,4	12,7	13,1	13,3	13,2	8,4	
рН	7,7	7,3	7,9	7,8	7,6	7,6	7,6	7,6	11,8	6,5–8,5
O ₂	8,12	8,80	8,09	9,22	9,16	8,55	8,30	5,12	10,36	>6,0
Si	1,38	1,76	1,92	1,96	2,03	2,03	2,07	3,26	4,02	10,0
P-PO ₄ ³⁻	0,157	0,204	0,232	0,232	0,251	0,269	0,266	0,170	0,119	0,15
N-NH ₄ ⁺	0,139	0,065	0,195	0,233	0,297	0,294	0,348	1,207	0,401	0,40
N-NO ₂ ⁻	0,038	0,049	0,148	0,480	0,672	0,700	0,713	0,036	0,031	0,02
N-NO ₃ ⁻	1,108	1,087	1,079	0,719	0,511	0,492	0,470	0,260	0,264	9,00
P _{вал}	0,248	0,271	0,299	0,306	0,315	0,329	0,324	0,286	0,284	
P _{орг}	0,091	0,067	0,067	0,074	0,064	0,059	0,058	0,116	0,165	
N _{вал}	2,905	3,232	3,680	4,357	5,143	5,121	5,580	3,309	2,708	
N _{орг}	1,620	2,031	2,259	2,925	3,664	3,635	4,049	1,807	2,012	
C _{орг}	6,05	5,85	5,33	5,74	5,87	5,77	5,30	6,41	6,01	

Таблица 4. Ионный состав поверхностных вод в Шатском и Любовском водохранилищах 23.09.2016 г.

Параметр, мг/л	Станция, №									ПДК _{рх}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cl ⁻	163,4	161,6	176,6	189,8	198,8	193,1	202,6	139,7	121,2	300
SO ₄ ²⁻	224,4	224,7	237,8	244,4	243,5	231,3	244,3	346,1	346,7	100
HCO ₃ ⁻	82,1	102,1	89,9	91,8	84,3	107,5	87,3	98,1	210,8	
K ⁺	6,5	6,4	6,7	6,9	6,8	6,8	6,8	3,3	3,3	50
Na ⁺	128,2	128,8	138,3	146,4	149,9	150,3	153,0	84,0	78,9	120
Ca ²⁺	67,1	70,7	71,6	74,8	74,3	73,5	74,8	134,6	161,7	180
Mg ²⁺	18,6	19,6	19,9	20,3	20,2	20,0	20,4	27,9	30,5	40
Минерализация общая	690,4	713,9	740,8	774,2	777,8	782,6	789,2	833,8	953,0	
Жесткость общая (Ca ²⁺ + Mg ²⁺), мг-экв/л	4,88	5,15	5,21	5,40	5,37	5,31	5,41	9,02	10,58	7,0

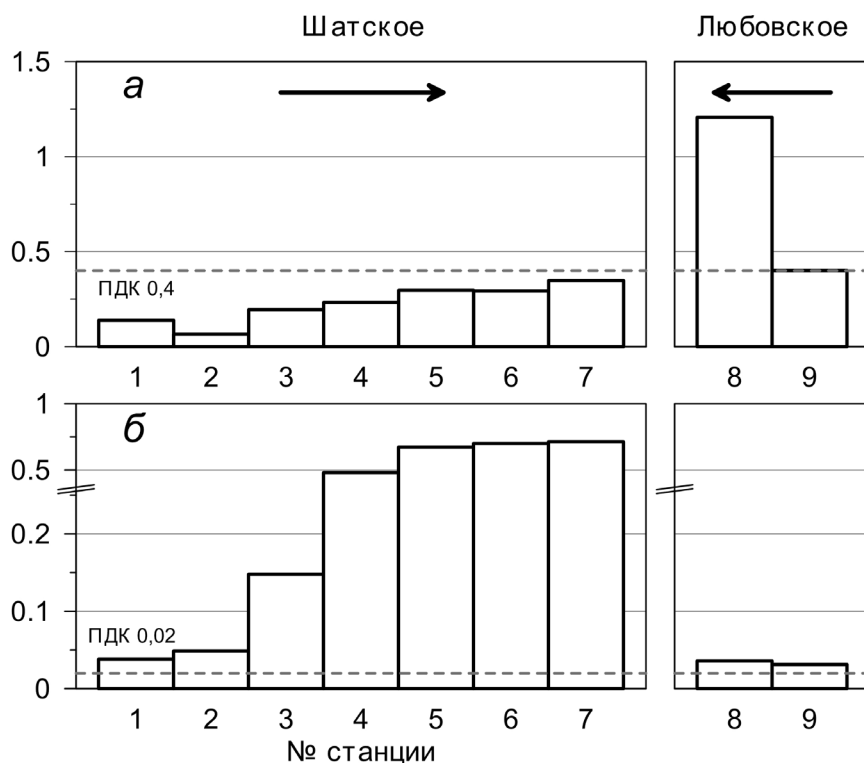


Рис. 2. Содержание аммонийного (а) и нитритного (б) азота (мг/л) в поверхностных водах Шатского и Любовского водохранилищ 23.09.2016 г.; (→) – направление течения.

уже приближается к характеристикам вод солоноватых. Соответственно условиям повышенной минерализации полностью меняется и ионный состав вод Шатского и Любовского водохранилищ в сравнении с Пронским. Отмечается увеличение анионов: сульфат-ионов – в 4–5 раз и хлорид-ионов – в 15–20 раз. Из катионов наиболее заметно увеличение ионов натрия в Шатском водохранилище (> 20 раз). Отдельно необходимо отметить аномально высокое содержание сульфатных и повышенное – гидрокарбонатных анионов в верхней части Любовского водохранилища (станция №9, вблизи впадения в него канала от ГРЭС). Это обстоятельство косвенно свидетельствует о пополнении водохранилища вблизи данной точки водами грунтового генезиса. Значение водородного показателя в этом месте максимально отклоняется в щелочную сторону (рН достигает отметки 11,8).

Необходимо отметить еще одну важную особенность ионного состава ис-

следуемых водоемов. В водах Пронского водохранилища сульфат-ионы могут связываться с превышающими их по количеству ионами кальция. В Шатском и Любовском водохранилищах ситуация иная: содержание сульфат-ионов существенно выше, чем кальция. В подледный период при гипоксии и наличии значительного количества органического вещества создаются условия для процесса сульфаторедукции – восстановления сульфатных ионов до сероводорода. Это обстоятельство также существенно осложняет условия обитания гидробионтов в зимний период.

В целом ионный состав Шатского и Любовского водохранилищ кардинально изменился относительно контрольного Пронского. В настоящее время воды Шатского водохранилища уже относятся к натриевой группе сульфатного (в верховье) и хлоридного (в средней и нижней частях) классов, а Любовского – к сульфатному классу кальциевой группы (Алекин, 1970).

ВЫВОДЫ

По результатам проведенного анализа необходимо отметить совершенно необычное состояние вод Шатского и Любовского водохранилищ, к которому его привело интенсивное загрязнение различными промышленными и коммунальными стоками, а также стоками с высоким содержанием. В настоящее время данный водохозяйственный комплекс представляет собой абсолютно искусственную техногенную систему. Несмотря на предпринимаемые руководством промышленных предприятий и городскими властями меры, процесс восстановления экосистемы измененных водохранилищ, которые в идеале должны стремиться к состоянию, присущему Пронскому водохранилищу, находится в самой начальной стадии. Это в свою очередь делает затруднительным их устойчивое использование в рекреационном и рыбохозяйственном аспектах. Шатское и Любовское водохранилища нуждаются в постоянном контроле состояния их вод, а расположенная по берегам инфраструктура промышленных и очистных объектов — в дальнейшей реконструкции и инновациях. Кроме решения задач уменьшения или прекращения сброса неочищенных стоков в акваторию водохранилищ весьма полезным был бы комплекс мероприятий по периодической очистке во-

дохранилищ путем промывки в период прохождения половодья или паводков.

В период очевидных глубоких преобразований исследуемого водохозяйственного комплекса знание его текущих гидролого-гидрохимических особенностей поможет своевременно реагировать на возникающие проблемы и корректировать в нужном направлении весьма дорогостоящие мероприятия по преобразованию экосистем Шатского и Любовского водохранилищ.

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам ФГБНУ «ВНИРО» А.К. Грузевичу и В.Л. Зубаревичу (полевые работы), Н.М. Зозуле (гидрохимический анализ проб) и К.К. Кивве (иллюстративный материал).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.

Григорьева И.Л. Пронское и Шатское водохранилища // Вода России (науч.-поп. энциклопедия). 2016. (http://water-rf.ru/Водные_объекты/2504,3411)

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана / Под ред. В.В. Сапожникова. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.

COMPARATIVE EVALUATION OF HYDROLOGIC-HYDROCHEMICAL STATE OF THE WATER RESERVOIRS IN THE NOVOMOSKOVSK AREA OF THE TULA REGION IN AUTUMN

© 2017 y. S.A. Lapin

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140

Current condition of the Shatskoye and Lubovskoye reservoirs is described based on results of hydrological-hydrochemical survey. The reservoirs are under heavy anthropogenic press due to many years of industrial exploitation. The analysis is conducted in comparison with the neighboring Pronskoye reservoir which performs without any industrial press. The former reservoirs are subject of reorientation to recreational and fishery water bodies. Yet it is substantiated that the process is in the very first phase.

Keywords: reservoir, hydrology, hydrochemistry, ion composition.