

## К ВОПРОСУ О ЛИКВИДАЦИИ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

© 2010 г. А.Н. Попов

*ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Екатеринбург*

**Ключевые слова:** водохранилище, пруд, донные отложения, загрязнение.

В работе представлены результаты наблюдений за изменением качества сбрасываемых вод при опорожнении пруда на р. Исеть, заиленного донными отложениями, образовавшимися под воздействием городских сточных вод крупного промышленного узла.

Водохранилищный фонд Российской Федерации насчитывает 2650 водохранилищ объемом более 1 млн м<sup>3</sup>, в т. ч. более 10 млн м<sup>3</sup> – 260 объектов и 42 тысячи прудов менее 1 млн м<sup>3</sup>. Таким образом, основная часть водохранилищного фонда – это малые водоемы.

До 70 % малых искусственных водоемов создавались хозяйственным способом и не имеют технической документации, около 10 % являются бесхозными, 25 % сооружений подпорного фронта находятся в аварийном состоянии, 40 % водоемов эксплуатируются более 30 лет.

В целом, по предварительным оценкам, до 50 % построенных ранее малых и средних водохранилищ, прудов утратили свое хозяйственное значение в результате снижения потребности в водных ресурсах.

Старение прудов и водохранилищ, их заиление, неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений напорного фронта становятся дополнительным фактором экологической опасности и причиной возникновения чрезвычайных ситуаций. Эта проблема усугубляется увеличением в последнее десятилетие напряженности гидрометеорологической обстановки, частоты возникновения гидрологических катастроф.

В сложившейся ситуации необходимы научно обоснованные решения по организованному и контролируемому демонтажу гидротехнических сооружений,

опорожнению водохранилищ, рекультивации их ложа и береговой полосы с возвращением аквальных ландшафтов в земельный оборот.

Одной из проблем, возникающей при сбросе воды из водохранилищ, прудов, заиленных донными отложениями со сравнительно большим содержанием органических веществ, металлов, может оказаться загрязнение сбрасываемых вод поровыми водами илов, разгружающимися в промытое русло реки под действием гравитационных сил либо при размыве заиленного русла реки. При понижении уровня воды в опорожняемом водном объекте следует ожидать лавинообразное загрязнение сбрасываемых из него вод, особенно при максимальном его опорожнении. Возможно поступление в нижний бьеф соединений аммония, органических веществ (окисляемость, ХПК), металлов и пр. Все зависит от ингредиентов, депонированных в донных отложениях конкретного водоема.

Для подтверждения высказанного предположения в реальных условиях были проведены наблюдения на одном из прудов, возведенных на р. Исеть в Свердловской области, состояние гидротехнических сооружений которого заставили принять решение о полном его опорожнении и, возможно, последующей ликвидации. Русло реки в пруду на момент его опорожнения не было заилено, поскольку примерно за полгода до обсуждаемой ситуации производилось значительное понижение уровня воды в водоеме с промывкой русла, сопровождающееся массовой гибелью рыбы. Таким образом, причиной возможного загрязнения сбрасываемой в нижний бьеф воды в данном случае должна быть разгрузка в русло поровых вод донных отложений.

Формирование донных отложений в пруду происходило под воздействием сточных вод большого промышленного узла (бытовые и промышленные сточные воды, прошедшие частичную очистку). По визуальным оценкам объем пруда заилен примерно на треть. Максимальная мощность донных отложений – более метра. Анализ состава донных отложений не проводился. Однако, по аналогии с донными отложениями вышележащих прудов, подверженных воздействию сточных вод того же промышленного узла, в исследуемых следует ожидать сравнительно высокое содержание органических веществ, металлов, нефтепродуктов. В поровых водах донных отложений ожидается повышенное содержание соединений аммония, органических веществ, сероводорода, метана и других продуктов анаэробного распада органических веществ, нефтепродуктов (выпавшие тяжелые фракции и легкие фракции, сорбированные на взвешенных веществах, соединения металлов и пр.).

Гидротехнические сооружения пруда построены в XIX в., реконструированы в 1948 г. Пруд был сооружен для промышленного водоснабжения, объем пруда – 1,25 млн м<sup>3</sup>, площадь – 0,81 км<sup>2</sup>.

Процесс опорожнения проводился в ноябре 2009 г., продолжался в течение 15 дней. В сбрасываемой воде контролировалось содержание соединений аммония, нефтепродуктов, органических веществ, железа, взвешенных веществ, фосфора фосфатов. При этом в водоеме контролировался уровень воды, который в процессе опорожнения постоянно менялся.

Состав воды, поступающей в пруд, в течение исследуемого периода был сравнительно постоянным и в среднем составлял (по исследуемым компонентам) в мг/л: ион аммония – 1; нефтепродукты – 0,091; окисляемость – 5,11; ХПК – 22,0; железо – 0,209; фосфор фосфатов – 0,243; взвешенных веществ – 1.

Представленные на рис. 1–5 результаты однозначно указывают на загрязнение сбрасываемых из пруда вод компонентами, депонированными в донных отложениях, а также взвешенными веществами. Поскольку замер уровня воды проводился по отношению к реперу, не привязанному к уровню моря, уровень воды на графиках представлен в условных единицах (метрах от уровня репера).

Так, замеченное максимальное увеличение концентрации (в мг/л) соединений аммония в сбрасываемой воде составило 6,8; нефтепродуктов – 3,28; легкоокисляемых растворенных органических веществ (окисляемость) – 132; суммы растворенных органических веществ (ХПК) – 430; ионов железа – 37; взвешенных веществ – 1120; фосфора фосфатов – 5,2.

**Рис. 1.** Прирост концентрации ионов аммония (а) и нефтепродуктов (б) в сбрасываемой воде при различном уровне воды в водоеме (ряд 1 – уровень, усл. ед. \*, ряд 2 – концентрация, мг/л).

**Рис. 2.** Прирост окисляемости в сбрасываемой воде при различном уровне воды в водоеме (ряд 1 – уровень, усл. ед., ряд 2 – концентрация, мг/л; величины окисляемости 17, 19 и 24 ноября на гистограмме уменьшены в 2 раза).

**Рис. 3.** Прирост ХПК (а) и концентрации ионов железа (б) в сбрасываемой воде при различном уровне воды в водоеме (ряд 1 – уровень, усл. ед., ряд 2 – концентрация, мг/л; величины концентраций 17, 19 и 24 ноября на гистограмме уменьшены в 10 раз).

**Рис. 4.** Прирост концентрации взвешенных веществ в сбрасываемой воде при различном уровне воды в водоеме (ряд 1 – уровень, усл. ед., ряд 2 – концентрация, мг/л; концентрация 17, 19 и 24 ноября на гистограмме уменьшена в 20 раз).

**Рис. 5.** Прирост фосфора фосфатов в сбрасываемой воде при различном уровне воды в водоеме (ряд 1 – уровень, усл. ед., ряд 2 – концентрация, мг/л).

Ионы аммония, фосфора, органические вещества, накапливающиеся в поровых водах, являются продуктами неполного распада азотсодержащих и других депонированных в донных отложениях органических веществ вследствие анаэробных процессов, протекающих в неаэрируемой массе илов.

Вторичное загрязнение нефтепродуктами происходит вследствие десорбции легких фракций со взвешенных веществ либо анаэробной деструкции депонированных в донных отложениях тяжелых фракций нефти.

Ионы железа (2+) появляются вследствие формирования в анаэробной зоне донных отложений восстановительных условий, в результате чего нерастворимое трехвалентное железо восстанавливается до растворимого двухвалентного. В целом, процессы, протекающие в донных отложениях, весьма разнообразны и зависят от многих факторов. Разнообразны и образующиеся в результате этих процессов ингредиенты, могут быть и весьма токсичные.

Таким образом, при ликвидации водохранилища или его экстренном опорожнении необходимо знать объем донных отложений и их состав, на основании чего можно прогнозировать вторичное загрязнение и предусмотреть меры защиты от него.

Поскольку вода на анализ отбиралась только один раз в сутки, максимальное увеличение концентраций отмеченных ингредиентов в сбрасываемой воде могло быть и выше представленных ранее.

По существу, в нижнем бьефе водоема в двух случаях (17 и 24 ноября) сформировались условия, весьма схожие с чрезвычайной ситуацией, возникшей вследствие аварийного сброса загрязняющих веществ.

В табл. 1 представлены значения увеличения концентраций ингредиентов в наиболее критические, по загрязнению сбрасываемой воды, дни. Следует заметить, что

и в другие дни на протяжении всего срока наблюдений отмечается значительное загрязнение речной воды в нижнем бьефе водоема, что видно на рис. 1–5.

**Таблица 1.** Увеличение концентрации ингредиентов в нижнем бьефе в мг/л

<i>Ингредиент</i>	<i>Увеличение концентрации по датам наблюдений, мг/л</i>	
	<i>17.11.09</i>	<i>24.11.09</i>
Азот аммония	4,2	6,79
Нефтепродукты	3,28	2,81
Окисляемость	132,0	72,6
ХПК	430,0	302,0
Железо (2+)	37,0	24,0
Фосфор фосфатов	0,3	1,5
Взвешенные вещества	1130	538

Сброс производился при различных уровнях воды в водоеме, максимум загрязнения пришелся, как и ожидалось, на дни с минимальным уровнем воды в пруду, что способствовало наилучшей разгрузке поровых вод донных отложений в русло реки. Подъем уровня воды в водном объекте приводил к снижению вторичного загрязнения сбрасываемых вод.

Данные о взаимосвязи между уровнями воды в конкретном водоеме и концентрациями загрязнений в сбрасываемых водах (на примере нефтепродуктов и органических веществ) на рис. 6 показывают возможность контролируемого, по отношению к загрязнению нижнего бьефа, опорожнения или ликвидации водохранилища.

**Рис. 6.** Взаимосвязь между уровнем воды в водоеме и концентрацией в сбрасываемой воде нефтепродуктов(а) и органического вещества (б) (окисляемость).

Представленные на рис. 1–5 колебания уровня воды в водоеме явились следствием попытки технического персонала ГТС снизить негативное влияние проводимой процедуры на качество воды в нижнем бьефе. Однако рекомендуемого плавного снижения уровня воды добиться не удалось, из-за чего и наблюдались

ситуации, схожие с чрезвычайными, вследствие аварийного сброса загрязняющих веществ.

Проблемы, возникающие после ликвидации гидротехнических сооружений водохранилища, в дальнейшем связаны с предотвращением негативного влияния на окружающий ландшафт и речные воды накопленных в ложе водоема донных отложений и их рекультивацией.

**Сведения об авторе:**

Попов Александр Николаевич, д. т. н., профессор, заведующий отделом восстановления рек и водоемов, ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ), 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, 23, e-mail: pan1944@rambler.ru.