

# ПРОБЛЕМА ЭВТРОФИКАЦИИ И РЕАЛЬНЫЙ ВОДООБМЕН ВОДОХРАНИЛИЩ

Возняк А.А.

Камский филиал ФГУП РосНИИВХ, Россия

В последнее время на территориях с высокой плотностью населения или с интенсивно ведущимся сельским хозяйством весьма актуальной становится проблема эвтрофикации вследствие многократного увеличения поступления в водоемы недостаточно очищенных коммунально-бытовых стоков, стоков с животноводческих ферм и предприятий пищевой промышленности, а также из-за смыва избыточно внесенных удобрений с полей.

Для борьбы с «цветением» водоемов предложено много различных способов: механические, химические, биологические, технические, комбинированные.

На примере Ижевского водохранилища можно проследить, какие методы борьбы применяются и каковы их КПД. Первым мероприятием был метод биологической очистки – запустить толстолобика. Однако он не дал требуемой эффективности. Второе мероприятие – углубление водохранилища за счет изъятия излишних донных отложений при помощи специальных машин-земснарядов – проводится с 2007 года и продлится еще не менее пятнадцати лет [1]. Поэтому был применен третий метод – так называемая альголизация – помещение вводу Ижевского водохранилища особого штамма зеленой водоросли хлореллы, который является антагонистом сине-зеленой водоросли. К сожалению, необходимого эффекта также не последовало.

Данная проблема актуальна не только для рассматриваемого водохранилища, но и для многих других. Так, в Воткинском водохранилище на р.Вотка наблюдается похожая ситуация. На Урале таких малых и средних водохранилищ, созданных в период освоения уральских месторождений, сотни.

Эвтрофикация является естественным процессом для озер и наливных (практически бессточных) водохранилищ. Удручает тот факт, что растущая эвтрофикация стала проблемой русловых проточных водохранилищ. При нормальном режиме эксплуатации проточного водохранилища, то есть при обязательной предполоводной сработке уровня до УМО или периодической промывке, замедление водообмена, связанное со строительством плотины, не должно способствовать столь значительным темпам эвтрофикации.

Одной из причин утраты самовосстановления водохранилищ может быть снижение реального водообмена в связи с возникновением стратификационных потоков при транзитных пропусках половодий.

Исследования проводились для двух водохранилищ: Ижевского и Воткинского (на р.Вотка). Уровень воды в них практически круглый год поддерживается на уровне НПП, очень незначительно (на 18-26%) сбрасывается перед пропуском весеннего половодья. Основной объем весеннего половодья и полные объемы дождевых паводков пропускаются транзитом.

С другой стороны, общеизвестно, что при слиянии потоков, имеющих разную плотность, они при определенных условиях не смешиваются, скользя один поверх другого. Поэтому возникло предположение, а не проскальзывает ли пресная, более легкая вода весеннего половодья поверх более тяжелой, минерализованной, оставшейся с зимней межени, воды водохранилища? Если это так, то тогда объясняется устойчивость загрязнения и эвтрофикации водохранилищ, на которых нет полноценной предвесенней сработки уровня.

Для проверки гипотезы были проведены расчеты по Ижевскому и Воткинскому на р.Вотка водохранилищам. Проводилась оценка устойчивости стратификации течений на основе критериев, построенных с использованием числа Ричардсона  $Ri$  [2], и плотностного числа Фруда  $Fr_p$  [3, 4].

Выполненные расчеты критерия  $Ri$  при значениях определяющих параметров в трех створах Воткинского и четырех – Ижевского водохранилищ показали, что расчетные значения данного критерия существенно выше критического. Аналогичные расчеты числа  $Fr_p$  для тех же створов показали, что для всех створов его значения много меньше критических.

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что вода половодья проходит транзитом поверх застоявшейся с прошлых лет (если не десятков лет) воды водохранилища. Как известно, споры сине-зеленых водорослей зимуют в придонном слое, а этот слой остается в сохранности многие годы.

Таким образом, среди прочих методов борьбы с сине-зелеными водорослями в русловых водохранилищах необходимо не забывать о промывке водохранилищ. Возможно, проблему может решить устройство донного водоспуска. Для более точного прогноза эффективности работы донного водоспуска необходимо проведение специальных расчетов на 2-3-хмерных моделях водохранилища.

## Литература

1. 246 лет застоя // Научно-технический журнал «Промышленная и экологическая безопасность», изд. «ИД ЕВРО 18», № 2 (4) февраль 2007.
2. Самолубов Б.И. Плотностные течения и диффузия примесей. – М. Изд-во ЛКИ, 2007. – 352 с.
3. ЙиЧиа-Шун. Волновые движения в слоистых жидкостях // Нелинейные волны. М., 1977. С. 271-296.
4. Debler W.R. Stratified flow into a line sink / Y. Eng. Mech. Riv. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng. 1959, vol.85, N3.