



УДК 551. 481. 1

Л. В. ГУРЬЯНОВА, С. Ф. ТУМИШСКАЯ

ВЗМУЧИВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕЛКОВОДНОГО ОЗЕРА КАК ВНУТРЕННИЙ ИСТОЧНИК ЭВТРОФИРОВАНИЯ (на примере оз. Червоное)

Техногенная эксплуатация природных ресурсов в системах «водосбор – озеро» сопровождается коренными изменениями процессов водного стока и его качественного состава, в частности содержания взвешенных веществ. Наиболее ярко выражены эти изменения на территории Белорусского Полесья, где в условиях осушительной мелиорации низинных торфяников распространено создание торфоучастков, сельхозугодий в пределах водосборной территории озер, а водоемы являются объектами промышленной добычи сапропелевого сырья. Одновременно для распространения в условиях Полесья мелководных озерных котловин характерно явление взмучивания донных отложений под действием ветра, которое является дополнительным внутренним источником поступления в водную массу взвешенных веществ. В этой связи для выяснения роли и характера протекания взмучивания донных отложений под действием ветра в общем балансе поступления взвешенных веществ в техногенных системах «водосбор – озеро» лабораторией озераведения Белгосуниверситета были проведены специальные исследования на оз. Червоное (Житковичский р-н Гомельской обл. Беларуси).

Материал и методика

Оз. Червоное относится к числу проточных водоемов системы р. Припять. Сток с основной части водосбора осуществляется по незарегулированным водотокам – р. Деменка и кан. Тесна. Часть водосбора (40 % общей площади) представлена торфоучастками торфобрикетного завода (ТБЗ) «Житковичский» и сельскохозяйственными угодьями польдерного типа (объекты «Коммунар», «Осовский», «Дяковичи», к-з «Заря»), сток с которых производится насосными станциями (НС) в озеро. В юго-восточной части озера с использованием земснаряда 200-50 идет промышленная добыча сапропелей в объемах 100 тыс. т в год. Технология добычи предусматривает заполнение водяной пульпой специальных отстойников (чеков), из которых отстаивающаяся вода через насосную станцию объекта «Морохорово» поступает в озеро. В течение 1990 г. специальными исследованиями предусматривался отбор проб на содержание взвешенных веществ (мутность) на всех точечных источниках поступления воды с водосборной территории в озеро. Одновременно в ходе площадных комплексных лимнологических съемок по акватории озера производилось определение содержания взвешенных веществ (ВВ) в его водной массе. Сток из озера осуществляется по Житковичскому и Озерному каналам, на истоках которых также произведены специальные определения. Значения мутности воды определялись по стандартной методике [1] с использованием обеззоленных фильтров и вакуумного насоса «МРВ». Для оценки количества веществ, поступающих с водосбора в растворенном и взвешенном состояниях, производилось фильтрование на мембранных фильтрах с диаметром пор 0,30 мкм. Проана-

лизированы данные Белгидромета за период 1976 – 1989 гг. по мутности проб воды отобранных в 0,5 км от гидрологического поста д. Пуховичи на юго-западном берегу озера. Оценка метеоусловий (скорость и направление ветра) проводилась путем непосредственных измерений на высоте 2 м от поверхности воды с применением анемометра чашечного типа МС-13, а также с привлечением данных Белгидромета по метеостанции Житковичи.

По материалам лаборатории озероведения Белгосуниверситета поверхностные донные отложения оз. Червоное в основном представлены органическими и кремнеземистыми сапропелями. По южному и северному берегам озера располагаются зоны песков шириной до 500 м. При анализе полученного экспериментального материала учитывался опыт имеющихся методических разработок по оценке воздействия процессов взмучивания донных отложений на характер протекания лимнических процессов в разнотипных озерах [2–5].

Результаты и их обсуждение

Основными источниками поступления взвешенных веществ с водосбора в оз. Червоное являются дренажные воды торфоучастков, сельскохозяйственных, сбросные воды сапропелевых чеков. В зависимости от объема поступающей воды и концентрации в ней взвесей вклад каждого точечного источника не однозначен. Объем поступления воды с торфоучастка ТБЗ в зависимости от водности года колеблется в пределах 12,1–21,9 млн м³ в год. В период обследования концентрация взвешенных веществ в сбросных водах НС колебалась от 18 до 39 г/м³. Насосная станция сельскохозяйственного объекта «Коммунар» в течение года работает эпизодически (около 3 млн м³/год). На станцию поступают дренажные воды осушаемых пахотных угодий. В период работы станции концентрация взвесей в сбросных водах достигала 12–110 г/м³. Сбросные воды насосных станций польдерных сельскохозяйственных систем объектов «Осовский», «Дяковичи» (сенокосы, пастбища) северного берега озера характеризуются пониженными значениями мутности воды (2–44 г/м³) при значительных объемах ее поступления (соответственно 2,2–11,1 млн м³/год и 2,7–8,6 млн м³/год). К насосной станции объекта «Морохорово» поступают как дренажные воды сельскохозяйственных угодий (сенокосы, пастбища), так и сбросные воды сапропелевых чеков. Доля объема сбросных вод сапропелевых чеков в общем объеме (в среднем около 4,9 млн м³/год) перекачиваемой воды НС достигает 80 %. Содержание илистых частиц данных промстоков оценивается от 18 до 1266 г/м³. С экологических позиций концентрация взвешенных веществ в водных объектах не должна превышать 20 г/м³ [6], здесь, однако, прослеживается значительное превышение предельно допустимых концентраций. Мутность воды незарегулированных водотоков (р. Деменка и кан. Тесна) составляет 4–40 г/м³, при этом в период обследования течения воды в кан. Тесна не наблюдалось. Таким образом, внешняя нагрузка озера по взвешенным веществам складывается в основном (на 80 %) за счет поступления сбросных вод с торфоучастка ТБЗ «Житковичский» и НС объекта «Морохорово» и оценивается от 40 до 309 т в месяц.

Для определения объема поступления со взвешенными веществами соединений фосфора с водосбора в озеро проведено измерение содержания общего фосфора в нефiltroванных и фильтрованных пробах. На основании выполненных расчетов выявлено, что перенос соединений фосфора в сбросных водах насосных станций объектов «Морохорово» на 80–95 %, «Дяковичи» и «Коммунар» на 60 %, «Осовский» – от 30 до 50 % связан с содержанием взвешенных веществ. Общий объем поступлений фосфора с водосбора в оз. Червоное изменяется от 516 до 1249 кг в месяц (таблица).

Объем стока взвешенных веществ из озера определяется стоком по Житковичскому каналу, так как течения воды в кан. Озерный в период обследования не выявлено. Концентрация взвешенных веществ в Житковичском канале тесным образом связана с гидрометеорологическими условиями непосредственно водной массы озера.

Сезонные наблюдения за содержанием взвешенных веществ в оз.

Червоное производится Белгидрометом с 1976 г. В течение периода наблюдения количество взвешенных веществ изменялось в пределах 2–55 г/м³. В течение года прослеживается явно выраженный осенний максимум (рис. 1). Это связано с поступлением в воду значительной

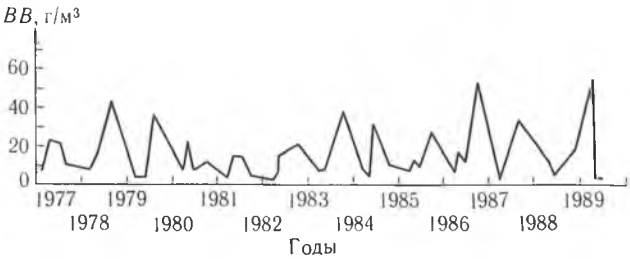


Рис. 1. Межгодовая динамика содержания взвешенных веществ в оз. Червоное

массы отмершего материала макрофитов и является типичным для озерных водоемов умеренной климатической зоны [7]. В конце зимней стагнации содержание взвешенных веществ является минимальным и в целом не превышает 10 г/м³.

Элементы баланса взвешенных веществ (т) и общего фосфора (кг) для оз. Червоное в 1990 г.

Элементы баланса	Апрель		Июнь		Июль	
	взве- шенные веще- ства	общий фосфор	взве- шенные веще- ства	общий фосфор	взве- шенные веще- ства	общий фосфор
Приток						
НС ТБЗ «Житковичский»	25,9	212,8	58,3	403,5	58,3	403,5
НС «Коммунар»	—	—	—	—	24,7	501,4
НС «Осовский»	0,07	0,3	13,3	19,4	18,6	85,2
НС «Дяковичи»	0,6	24,6	4,3	35,7	5,2	62,2
НС «Морохорово»	9,9	198,9	16,8	75,0	202,2	196,9
р. Деменка	3,1	79,3	5,2	27,2	—	—
кан. Тесна	—	—	—	—	—	—
Итого:	39,6	515,9	97,9	560,8	309,0	1249,2
Сток						
кан. Житковичский	53,9	338,7	408,2	1162,5	144,6	562,5
кан. Озерный	—	—	—	—	—	—
Итого:	53,9	338,7	408,2	1162,5	144,6	562,5
Накопление в озере	322,0	2024,0	4001,4	11362,0	1387,0	5320,0

В период экспедиционного обследования 1990 г. средняя мутность озерной воды колебалась от 7 до 105 г/м³. В этой связи объем накопления взвешенного в воде материала изменялся от 322 до 4001 т (см. таблицу). Однако полученные данные значительно выше объемов поступившего с водосбора материала. Непосредственные наблюдения указывают на развитие сильнейших процессов взмучивания донных

отложений под действием ветра, которые обеспечивают дополнительное накопление взвешенных веществ в водной массе.

Проведенные определения мутности воды при разных ветровых ситуациях, на разных глубинах по акватории показали, что глубина воды для условий оз. Червоное не является лимитирующим фактором процессов взмучивания. Определяющим фактором степени воздействия ветрового потока на придонные слои воды и донные отложения в диапазоне глубин до 3 м является соотношение скорости ветра и длины разгона ветрового потока по акватории озера. Длина разгона ветра (L) определяется путем линейного измерения расстояния от уреза воды до точки наблюдений на акватории в зависимости от румба ветра. На рис. 2 показано, что пропорционально увеличению скорости ветра и длины его разгона возрастает интенсивность взмучивания донных отложений. Так, при скоростях ветра в диапазоне 2–6 м/с и длине разгона до 2 км мутность озерной воды не превышает 60 г/м³; при увеличении длины разгона ветра до 8 км мутность воды возрастает до 120 г/м³ и более. Увеличение скорости ветра до 7 м/с и более вызывает скачкообразное увеличение интенсивности взмучивания донных отложений. Например, при длине разгона ветра до 1 км мутность озерной воды достигает 60 г/м³ (см. рис. 2).

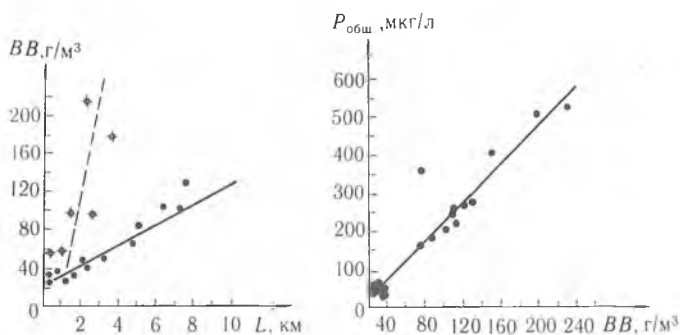


Рис. 2. Графическая и статистическая взаимосвязи между содержанием взвешенных веществ в озере и длиной разгона ветра при различных диапазонах его скорости:

— скорость ветра 2–6 м/с; + — скорость ветра 7 м/с и более

Рис. 3. Графическая и статистическая зависимости между содержанием общего фосфора ($P_{\text{общ.}}$) и взвешенных веществ в водной массе

При определении содержания биогенных и органических веществ в нефильтрованных озерных водах видно, что с увеличением содержания взвесей пропорционально возрастают показатели общего фосфора ($P_{\text{общ.}}$), что позволяет представить данную взаимосвязь графически (рис. 3). Данное обстоятельство подчеркивает важную роль взмучивания донных отложений как внутреннего источника эвтрофирующих поступлений [8]. В целом, исходя из данных таблицы, внутренний источник поступления в озеро взвешенных веществ в 4–40, соединений фосфора в 4–20 раз превышает объем поступающего материала с водосбора.

Природу воздействия ветрового потока на взмучивание донных отложений по акватории озера хорошо иллюстрируют результаты скоростных площадных съемок мутности воды (рис. 4). В условиях штиля на распределении содержания взвешенных веществ по акватории прослеживается влияние сбросных вод работающих насосных станций, действующего земснаряда по добыче сапропелей. В условиях ветрового воздействия (скорость ветра более 2 м/с) поле мутности озерной воды переформировывается. Как видно из рис. 4, у подветренного берега («ветровая тень») мутность воды значительно ниже по сравнению с наветренным берегом. Особенно велика эта разница при значительных

(более 7 м/с) скоростях ветра и ориентации воздушного потока по продольной оси водоема. Так, в период июньской съемки в условиях северо-западного ветра минимальные значения мутности составили 60 г/м³, максимальные – до 211 г/м³.

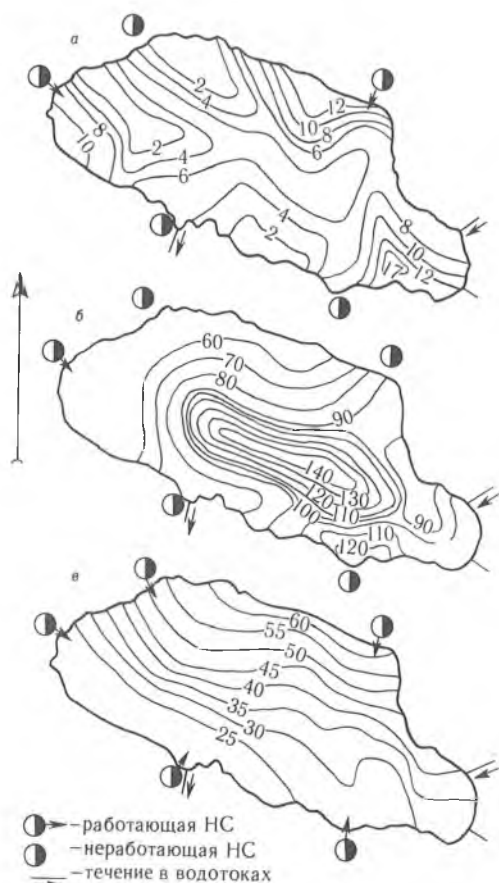


Рис. 4. Распределение мутности воды (г/м³) по акватории в разнотипных метеоусловиях: а – 18.04.90, штиль; б – 24.06.90, северо-западный ветер средней скоростью 6,2 м/с (порывы до 12 м/с); в – 19.07.90, южный ветер средней скоростью 4,5 м/с (порывы до 6,2 м/с)

Выполненные экспериментальные исследования о характере протекания взмучивания донных отложений нуждаются в оценке того, насколько типичны и выражены во времени данные процессы. Анализ многолетних наблюдений за режимом ветров по метеостанции Житковичи показывает, что для безледного периода характерно преобладание действия ветров западных румбов со скоростями 3–4 м/с. В этой связи наиболее подвержена взмучиванию донных отложений восточная часть акватории оз. Червоное, в меньшей степени – застаивающая макрофитами западная.

Таким образом, в условиях мелководного, значительного по площади озера существенным фактором протекания внутриводоемных лимнических процессов является взмучивание донных отложений. Интенсивность его не лимитируется глубиной, но пропорциональна скорости ветра и длине разгона ветрового потока. Резкое увеличение интенсивности взмучивания наблюдается при скорости ветра 7 м/с и более. Пропорционально увеличению взвешенных веществ в озерной массе возрастает содержание общего фосфора, что характеризует данный процесс как внутренний источник эвтрофирования.

Список литературы

1. Быков В. Д., Васильев А. В. Гидрометрия. Л., 1972. С. 338.
2. Groot W. T. // Archiv fur Hydrobiologie. 1981. В. 91. № 4 Р. 475.
3. Aalderink R. H., Lijklema L., Breukelman J., Raaphorst W. van, Brinkman A. G. // Water Science and Technology. 1985. В. 17. № 6, 7. Р. 903.
4. Matty J. M., Anderson J. B., Dunbar R. B. // Environmental Geology and Water Science. 1987. В. 10. № 3. Р. 175.
5. Otsubo K., Muraoka K. // Water Science and Technology. 1988. В. 20. № 6, 7. Р. 263.
6. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду / Под ред. Г. В. Воропаева, А. Б. Авакяна, М., 1986.
7. Экологическая система Нарочанских озер / Под ред. Г. Г. Винберга. Мн., 1985.
8. Мартынова М. В. Азот и фосфор в донных отложениях озер и водохранилищ. М., 1984.