

насколько велико влияние, как механизма процесса (биохимическая ферментативная деструкция и химический процесс), так и физико-химических условий водной среды, где малейшее изменение параметров чутко воспринимается «живой системой». Не смотря на то, что варьировалась температура и значение рН, процесс деструкции ГК в каждом случае протекает достаточно медленно, особенно если оценивать косвенный параметр – изменение цветности (рисунок). Основным признаком наиболее глубокого разложения ГК является полное обесцвечивание растворов с субстратом и изменение цветности до минимальных значений, чего не наблюдалось даже через 45 суток. Эти же выводы подтверждают полученные результаты по ХПК.

В дальнейшем полученные результаты анализа послужат для моделирования кинетических закономерностей биодеструкции ГК в водной среде, что в будущем поможет оценить потенциал самоочищения водных экосистем и оптимизировать мониторинг водных объектов.

Библиографический список

1. *Губернаторова Т.Н., Дину М.И.* Экспериментальные исследования биодеструкции гумусовых соединений под действием ферментативного окислительного комплекса грибов // Вестник ТГУ. 2014. № 12. С. 72-78.

2. *Губернаторова Т.Н., Дину М.И.* Деграция стойкого органического вещества в водных экосистемах под действием микроорганизмов (обзор) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. Т.1. №2 (2). С. 31-38.

3. *Губернаторова Т.Н.* Исследование биодеградации гумусовых соединений при моделировании кинетики разложения органического вещества для оптимизации стратегии мониторинга водных экосистем // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2016): сб. статей по итогам Девятой междунар. конф. Изд-во Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2016. Т.2. (12 стр., в печати).

4. *Долгонос Б.М., Губернаторова Т.Н.* Механизмы и кинетика деструкции органического вещества в водной среде. М.: КРАСАНД/URSS, 2011. 208 с.

УДК 556.551

Ю.С. Даценко, В.В. Пуклаков, yuri0548@mail.ru
*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ВЕСЕННЕГО НАПОЛНЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Рассматриваются особенности пространственно-временного распределения фосфатов и аммонийного азота при различных режимах весеннего заполнения Можайского водохранилища. Анализ основан на результатах модельного расчета ежедневных

концентраций этих веществ за 55-летний период эксплуатации водохранилища. Показано, что главные факторы, определяющие характер распределения биогенных веществ на момент заполнения водохранилища до максимальных отметок, – длительность периода заполнения и цветение водохранилища диатомовыми водорослями.

Ключевые слова: водохранилище, фосфаты, аммонийный азот, половодье, фитопланктон, уровни сброски водохранилища, весеннее наполнение водохранилища

Y. Datsenko, V. Puklakov, yuri0548@mail.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

THE INFLUENCE OF THE SPRING FILLING ON THE DISTRIBUTION OF NUTRIENTS IN THE RESERVOIR

The main features of spatial-temporal distribution of mineral phosphorus and ammonium nitrogen under the various regimes of the spring filling of the Mozhaisk reservoir are discussed. The analysis is based on the results of the model calculations of the daily concentrations for a 55-year period of reservoir operation. It was shown that the main factors determining the distribution pattern of nutrients at the time of complete filling of the reservoir are the duration of the period of filling of the reservoir and diatoms vegetation.

Keywords: reservoir, phosphates, ammonia nitrogen, high water, phytoplankton, levels of release of reservoir, spring filling of reservoir

Особенности пространственно-временного распределения биогенных веществ, прежде всего минеральных форм азота и фосфора, в значительной степени определяют интенсивность процессов первичного продуцирования и трансформации качества воды в экосистеме водохранилищ в вегетационный период. Формирование полей биогенных веществ в водоемах происходит в результате сложного сочетания процессов внутреннего водообмена и биохимических процессов их потребления и регенерации. В глубоких водохранилищах многолетнего регулирования наиболее сложная гидрологическая структура и разнообразие водных масс характерны для периода их весеннего наполнения до максимальных отметок. Именно в этот период с водами речного половодья в водохранилище поступает максимальное количество биогенных веществ. Формирующийся запас биогенных веществ и особенности их распределения на момент заполнения водохранилища зависят от особенностей половодья и режима заполнения водоема.

В настоящей работе представлены особенности распределения биогенных веществ на примере минерального фосфора и аммонийного азота по данным модельных расчетов гидроэкологического состояния Можайского водохранилища за 55-летний период его эксплуатации. Можайское водохранилище – типичное долинное водохранилище многолетнего регулирования стока р. Москвы, созданное в 1961 г. с целью увеличения водных ресурсов москворецкого источника водоснабжения г. Москвы. Для расчетов использовалась математическая двумерная боксовая **гидроэкологическая модель водохранилища ГМВ-МГУ**. Расчетами по ней воспроизводится ежесуточное физико-химико-биологическое состояние водных масс в отдельных участках водохранилищ любой морфологической сложности ложа и проточности в зависимости от почти ежедневно меняющихся погодных условий,

притока воды с водосбора и ее сброса в нижний бьеф гидроузла. Структура последней версии этой модели детально изложена в одной из глав монографии [1]. В этом же издании приводится валидация расчетов данными полевых наблюдений, которая показала, что модель вполне адекватно воспроизводит изменение среднесуточных значений основных характеристик качества воды и биомассы трех групп фитопланктона в течение безледного вегетационного сезона в годы различной водности.

Для анализа многолетних изменений характеристик качества воды был сформирован файл текущих исходных данных за период 1961-2015 гг., который включает в себя следующую информацию: уровень воды водохранилища, расходы водозаборов, метеоданные (осадки, скорость и направление ветра, упругость водяного пара, облачность общая и нижняя, солнечная радиация, атмосферное давление), расходы воды притоков и их физические и гидрохимические характеристики.

На первом этапе рассматривалось разнообразие условий весеннего заполнения водохранилища. В качестве основных характеристик режима заполнения выбраны: уровень предполоводной сработки водохранилища, максимальный уровень после заполнения, величина перепада между этими уровнями, продолжительность наполнения водохранилища. Водохранилище осуществляет многолетнее регулирование стока, поэтому до уровня НПГ (183,0м) оно наполнялось лишь в 7 годах из 55-летнего ряда, уровни в диапазоне 182,0 – 183,0 (не ниже одного метра от НПГ) фиксировались 35 раз за период эксплуатации, уровни в диапазоне 181,0 – 182,0 (не менее 2 м ниже НПГ) – 11 раз и лишь дважды уровень был ниже 2 м от НПГ. Диапазон колебаний уровня предполоводной сработки водохранилища варьировал в большем диапазоне от 175,0 м до 181,0 м. Величина перепада этих уровней изменялась за период эксплуатации водохранилища от 1 до 7 м. Большой диапазон характерен для продолжительности заполнения водохранилища, зависящей от особенностей развития половодья на питающих его реках – от 11 до 72 суток. Из этого ряда были выбраны годы с экстремальными значениями отмеченных характеристик. Два года соответствовали максимальному перепаду уровня, но с крайними значениями продолжительности заполнения и два года с минимальными перепадами и также с наибольшими различиями продолжительности. Величины этих параметров представлены в таблице.

Таблица

Характеристики экстремальных режимов заполнения Можайского водохранилища в весенний период

Год	Минимальный уровень перед заполнением, м	Максимальный уровень заполнения	Перепад уровней, м	Продолжительность периода заполнения, сут	Дата окончания заполнения
1968	176,57	183,01	6,44	19	16.04
1983	179,96	182,90	2,95	15	11.04
1985	176,40	182,92	6,52	42	15.05
1991	179,97	182,65	2,68	71	2.06

Для выбранных нами лет с экстремальными параметрами режима заполнения по результатам модельного расчета были построены графики продольно-вертикального распределения концентраций минерального фосфора (рис. 1) и аммонийного азота (рис.2) в Можайском водохранилище на дату максимального уровня, т.е. после заполнения водами половодья.

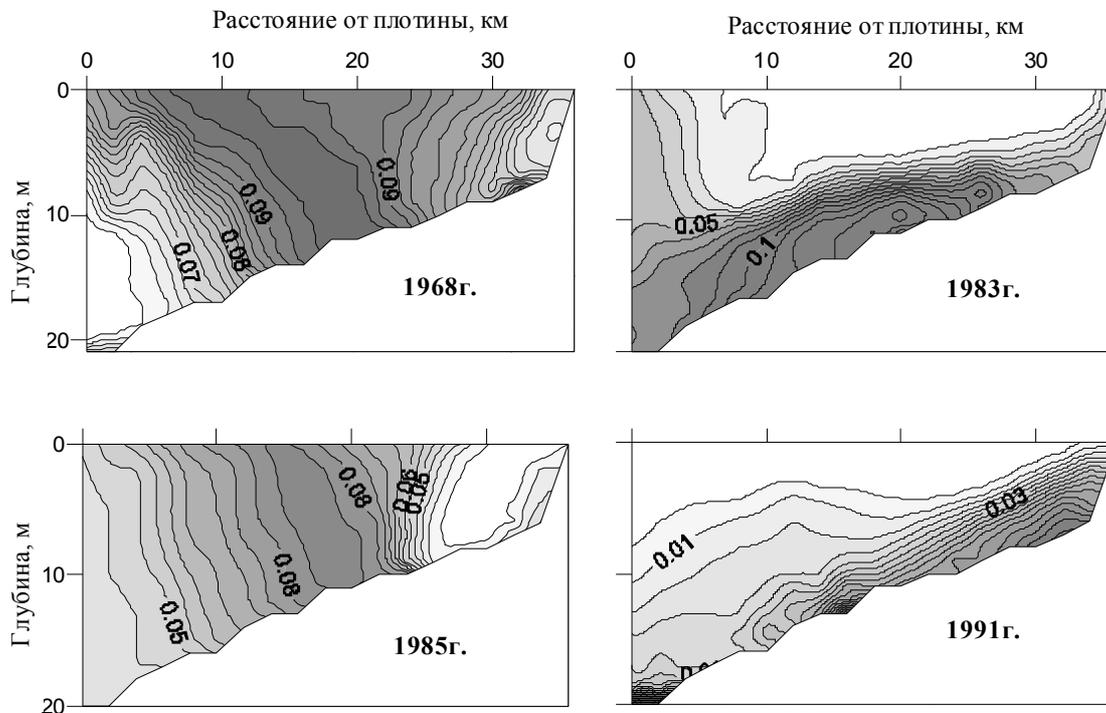


Рис. 1. Распределение концентраций минерального фосфора (мг/л) в Можайском водохранилища на дату достижения максимального уровня заполнения в различные годы

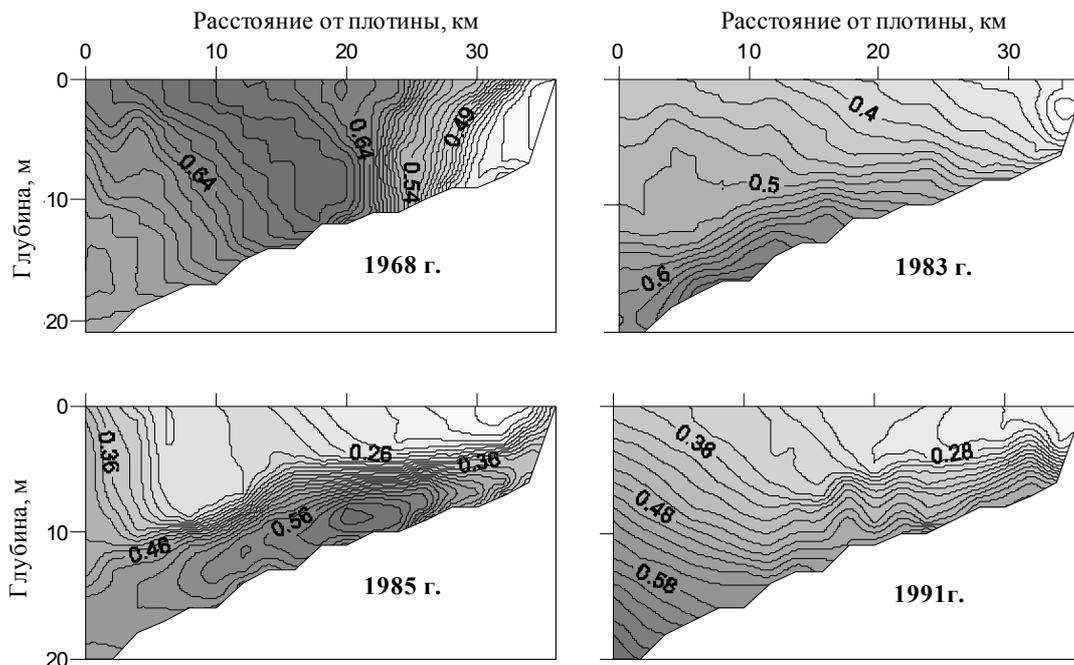


Рис. 2. Распределение концентраций аммонийного азота (мг/л) в Можайском водохранилища на дату достижения максимального уровня заполнения в различные годы

Сравнительный анализ представленных распределений показывает, что наибольшее влияние на формирование полей биогенных веществ в водохранилище оказывает продолжительность заполнения водохранилища. При короткой продолжительности заполнения, которая наблюдается при бурном развитии половодья на реках, речные водные массы фронтально вытесняют воды водохранилища. В водоеме в этот период наблюдаются значительные горизонтальные градиенты концентраций биогенных веществ при полном перемешивании водных масс по вертикали. При этом глубина предполоводной сработки не оказывает существенного влияния на характер распределения фосфора и азота – и в 1968 (при большом перепаде уровней) году и в 1983 (при минимальном перепаде) в водохранилище отчетливо выделяются различные водные массы, соответствующие различным фазам половодья. Однако, в годы с минимальным перепадом уровня к концу половодья водохранилище начинает работать в транзитном режиме, и речные водные массы выделяются более четко, чем в годы с большим перепадом уровня.

При продолжительном заполнении водохранилища, которое соответствует, как правило, растянутому плавному половодью на реках, в водохранилище формируется вертикальный градиент биогенных веществ, особенно четко проявляющийся в годы с максимальным перепадом уровней. При длительном заполнении максимальный уровень водохранилища достигается обычно в мае (иногда даже в июне), когда при благоприятных температурных условиях начинают развиваться диатомовые водоросли. При интенсивном потреблении биогенных веществ эти градиенты усиливаются как для фосфора, так и для азота, но для фосфора многократно сильнее, т.к. в лимитированной фосфором экосистеме Можайского водохранилища концентрации минерального фосфора снижаются практически до нулевых значений. Длительное заполнение водохранилища, нередко способствует сохранению зимних (богатых биогенными веществами) водных масс в водохранилище на начало вегетационного периода, что и проявляется в наблюдающемся вертикальном градиенте минерального фосфора. В 1991 г. с минимальным перепадом уровня, вертикальный градиент сохраняется для фосфора, однако на дату максимального уровня диатомовые водоросли уже прошли пик цветения и основная водная масса водохранилища обеднена минеральным фосфором. Для аммонийного азота в этот годы градиенты выражены намного слабее.

Таким образом, наиболее важное значение для формирования полей биогенных веществ в водохранилищах в весенний период имеет интенсивность развития половодья на питающих его реках. Различия концентраций биогенных веществ, как в абсолютных значениях, так и в их пространственном распределении в водохранилище зависят, в основном, от скорости наполнения водохранилища в весенний период.

Библиографический список

1. Гидроэкологический режим водохранилищ Подмосковья (наблюдения, диагноз, прогноз). М.: Изд-во «Перо», 2015. 286 с.