

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГИДРОХИМИИ И МОНИТОРИНГА  
КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

**МАТЕРИАЛЫ  
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(с международным участием)**

8-10 сентября 2015 г.

г. Ростов-на-Дону

**ЧАСТЬ 2**

Ростов-на-Дону

2015

Материалы научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Часть 2. Ростов-на-Дону, 8-10 сентября 2015 г. – Ростов-на-Дону, 2015. – 420 с.

**Редакционная коллегия:**

М.М. Трофимчук, кандидат биологических наук  
Т.А. Хоружая, доктор биологических наук  
Е.Н. Бакаева, доктор биологических наук  
Л.И. Минина, кандидат химических наук  
Ю.А. Андреев, кандидат химических наук  
Е.Е. Лобченко, кандидат химических наук  
О.А. Клименко, кандидат химических наук  
А.А. Матвеев, кандидат химических наук  
Н.П. Матвеева, кандидат химических наук  
Л.С. Косменко, кандидат химических наук  
А.А. Назарова, кандидат химических наук  
Л.М. Предеина, кандидат химических наук  
В.М. Иваник, кандидат географических наук

Сборник материалов опубликован при финансовой поддержке  
Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

В сборнике представлены материалы исследований по широкому кругу вопросов фундаментальной и прикладной гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Во вторую часть сборника включены материалы докладов, посвященных современным методам химического анализа воды и донных отложений поверхностных водных объектов, методам биоиндикации и биотестирования, используемым в мониторинге водных объектов, оценке и прогнозированию загрязненности и состояния водных экосистем.

Тематика опубликованных в сборнике материалов представляет интерес для широкого круга специалистов в области гидрохимии, гидробиологии, токсикологии, экологии.

Компьютерная верстка: Е.Л. Селютина

© Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт»

# ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕСЕННЕГО ЗАПОЛНЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ФОСФОРА И АММОНИЙНОГО АЗОТА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Даценко Ю.С., Пуклаков В.В.

*Московский государственный университет им.М.В. Ломоносова,  
yuri0548@mail.ru*

В современной практике гидроэкологических исследований давно используются модельные расчеты гидрологических и гидрофизических характеристик: режим уровня, особенности внутреннего водообмена, термический режим. Значительно реже моделирование применяется для анализа гидрохимических и гидробиологических показателей, что связано с гораздо более слабой разработкой экологического блока имитационных моделей водоемов. Примеров надежно верифицированного модельного описания гидрохимических и гидробиологических характеристик крайне мало. Однако, при наличии такого блока исследовательские возможности значительно расширяются, поскольку модельные диагностические расчеты дают значительно большую детальность описания процессов, чем любые, даже автоматизированные, средства полевых наблюдений за указанными характеристиками. При использовании моделей большое значение имеет метод сценарных расчетов, позволяющий по заданным сценариям внешних воздействий проанализировать пространственно-временные изменения режима биогенных веществ в водохранилище, в том числе и при аномальных ситуациях его гидрологического режима.

Данный метод был использован нами для оценки влияния гидрологических условий весеннего заполнения водохранилищ на распределение в них минерального фосфора и аммонийного азота. Для расчетов использовалась модель ГМВ-МГУ с включенным в нее экологическим блоком [2], а в качестве объектов исследований – Можайское и Истринское водохранилища Москворецкой водохозяйственной системы, заметно различающиеся по своей морфометрии и продуктивности [1]. Модель ГМВ\_МГУ позволяет получить распределение значений характеристик качества воды в продольно-вертикальной плоскости при различных гидрометеорологических условиях. Для глубоких долинных водохранилищ изменения характеристик именно в этой плоскости представляют наибольший интерес, поскольку именно они определяют сезонные изменения режима гидрохимических и гидробиологических показателей в водоеме.

За основу для расчетов взят обычный по климатическим характеристикам 2012 год, который был хорошо обеспечен исходной гидрометеорологической и гидрохимической информацией. В этом году на Можайском водохранилище коллективом Красновидовской лаборатории выполнен комплекс балансовых исследований, включающий 12 гидрохимические съемки и режимные рейдовые наблюдения в течение всего года, в ходе которых было отобрано и проанализировано 1043 пробы воды водохранилища и его притоков. Верификация качества диагностических расчетов гидрологического режима Можайского водохранилища в этом году показала, что среднеквадратическая погрешность расчета со-

держания минерального фосфора по модели ГМВ-МГУ составляет  $0,044 \text{ г/м}^3$  при диапазоне изменений его концентраций  $0-0,750 \text{ г/м}^3$ .

Анализ поведения минерального фосфора и аммонийного азота проводился путем сравнения их распределения по данным наблюдений и диагностического расчета в 2012 г. с их распределением по результатам сценарных расчетов, включающих наступление в летний период жары, идентичной жаркому периоду аномального 2010 года. Кроме того, были выполнены сценарные расчеты для аномальных условий весеннего периода, а именно: для глубокой предположительной сработки водохранилища при небольшом по объему притоке в период его весеннего наполнения и для противоположной ситуации – поддержания высокого уровня в водохранилище вплоть до начала заполнения его водами высокого половодья. По модельным сценарным расчетам изменения в Можайском водохранилище минеральных биогенных веществ характеризуются следующими закономерностями.

В распределении аммонийного иона и фосфатов в водохранилище в летний период прослеживается вертикальная стратификация, обусловленная влиянием донных отложений и интенсивным потреблением минеральных соединений азота и фосфора в поверхностных слоях фитопланктоном. При наступлении жаркого периода с середины лета общее содержание аммонийного иона практически не изменяется, лишь немного ослабевают вертикальные градиенты концентраций. Как в обычное, так и в жаркое лето стратификация аммонийного азота начнет ослабевать в сентябре, и к концу сентября его распределение в водохранилище становится равномерным. Фосфаты распределяются в водохранилище несколько иначе – стратификация наблюдается только в средней части водохранилища. Также как и для азота она ослабевает к сентябрю, перемещаясь к приплотинному району. Общие запасы минерального азота и фосфора в водохранилище почти не зависят от погодных условий вегетационного сезона, в августе средние концентрации аммонийного азота в приплотинном участке водохранилища в обычный год составляли  $0,06 \text{ г/м}^3$ , в год с жарким летом –  $0,05 \text{ г/м}^3$ , минерального фосфора – в обычный год  $0,030 \text{ г/м}^3$ , в год с жарким летом –  $0,024 \text{ г/м}^3$ .

В годы с крайне различными условиями весеннего наполнения водохранилища распределение минеральных биогенов на конец половодья (май) существенно различаются. Как аммонийный азот, так и фосфаты при низкой проточности водохранилища в период заполнения распределяются в водохранилище неравномерно. Обогащенные минеральными соединениями азота и фосфора воды весеннего половодья задерживаются в центральной части водохранилища, создавая здесь значительные вертикальные градиенты (рисунок 1).

Резкое снижение фосфатов в поверхностных слоях в год с малой проточностью обусловлено интенсивным развитием диатомовых водорослей в этот период. Весьма вероятно, что в такие годы фосфаты могут лимитировать развития фитопланктона, в то время как в годы с обильным весенним притоком концентрации как фосфатов, так и аммонийного иона сохраняются на высоком уровне и распределяются в водохранилище равномерно.

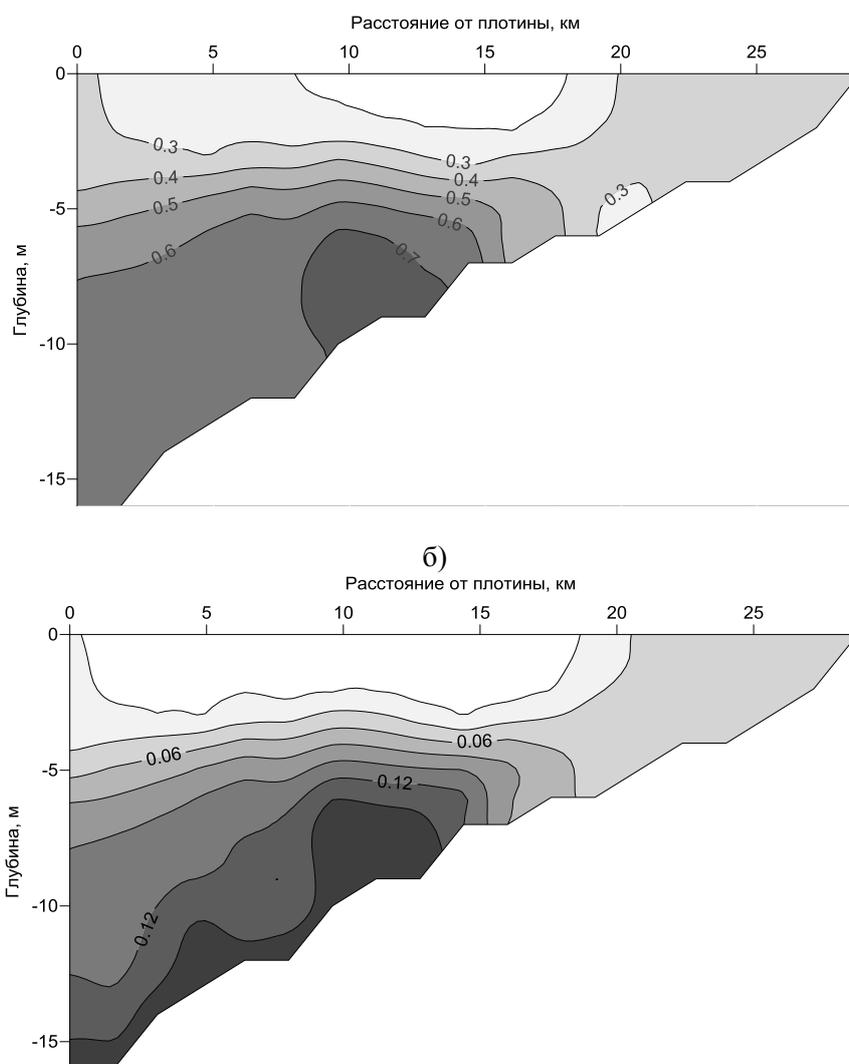


Рисунок 1 – Распределение аммонийного азота (а) и минерального фосфора (б) в Можайском водохранилище 15 мая в год с глубокой предполоводной сработкой водохранилища и низким половодьем

В летний период влияние условий весеннего заполнения водохранилища постепенно затухает и распределением минеральных форм биогенных элементов контролируется больше внутриводоемными процессами, поэтому существенных различий в распределении этих веществ в августе в зависимости от условий наполнения водохранилища отмечено не было.

Однако, влияние различий в заполнении и интенсивности проточности водохранилища в весенний период проявляется в общем запасе этих веществ в летний период. В годы с высоким половодьем запас биогенных веществ в водохранилище значительно выше, чем при низком уровне и слабой проточности, за счет более высоких концентраций биогенов в придонных слоях. А в поверхностных слоях, где идет их активное потребление фитопланктоном, концентрации аммонийного азота и фосфатов в обычный и жаркий годы оказываются близки. Несколько различен характер стратификации аммонийного иона и фосфатов. Если стратификация иона аммония наиболее ярко выражена в приплю-

тинном участке водохранилища, то для фосфатов наибольшие концентрации у дна зафиксированы в центральной части водохранилища.

Влияние уровня воды в вегетационный период на распределение минеральных соединений азота и фосфора также проявляется одинаково. Но в этом влиянии более отчетливо заметно отмеченное выше различие в характере стратификации – ее доминирование в приплотинном участке для аммония и в центральном участке для фосфатов (рисунок 2).

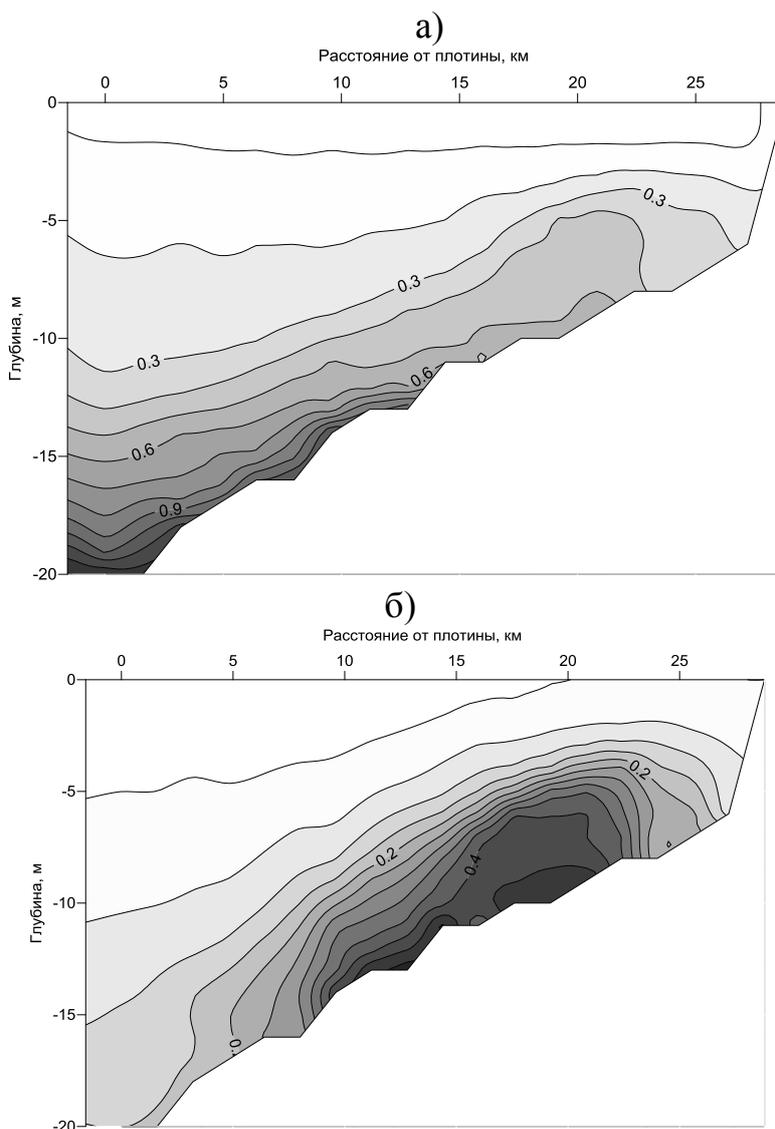


Рисунок 2 – Распределение аммонийного азота (а) и минерального фосфора (б) в Можайском водохранилище 15 августа в год с низким уровнем воды в вегетационный период

Этот характер распределения сохраняется и при высоком, и при низком уровне. Различия проявляются в величине вертикальных градиентов и в общем уровне концентраций минеральных соединений.

В годы с аномально высоким (близким к НПУ) уровнем концентрации аммонийного иона и фосфатов несколько выше, чем при низком уровне, хотя градиенты концентраций сохраняются примерно одинаковыми.

Анализ результатов расчетов по оценке влияния условий заполнения Истринского водохранилища (по сценариям с высокой и низкой проточностью) на распределение биогенных веществ при наступлении жаркого периода полностью подтверждает закономерности, отмеченные для Можайского водохранилища. Влияние различий в заполнении и интенсивности проточности водохранилища весной отмечается только в уровне концентраций этих веществ в летний период. В годы с высоким половодьем запас биогенных веществ в водохранилище значительно выше, чем при низком уровне и слабой проточности.

Как видно из расчетов, гидрологические условия наполнения водохранилищ в весенний период, оказывая некоторое влияние на запас фосфора в водоеме, в целом практически не влияют на характер распределения биогенных веществ в водохранилище в вегетационный период. Закономерности этих определений в значительно большей степени контролируются особенностями внутриводоемных продукционных процессов в различные годы.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №13-05-00137а и №15-05-06108а*

#### Список литературы

1. Водохранилища Москворецкой водной системы. М.: Изд-во МГУ, 1985. 266 с.
2. Эдельштейн К.К., Гречушникова М.Г., Даценко Ю.С., Пуклаков В.В. Диагностическое моделирование внутриводоемных процессов в водохранилищах// Водные ресурсы. 2012. Т.39. №4. С.437-451.