

Отзыв официального оппонента на диссертацию
Ериной Оксаны Николаевны «Режим растворенного кислорода в
стратифицированных водохранилищах москворецкой системы водоснабжения г.
Москвы», представленную на соискание ученой степени кандидата
географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные
ресурсы, гидрохимия

По типу источника водоснабжения Москва среди других крупных городов является скорее исключением, чем правилом. В большей части крупных городов источники водоснабжения – подземные воды, а источником водоснабжения г. Москвы являются поверхностные водоемы – сеть искусственных водохранилищ (Волжской и Москворецкой системы). В связи с этим изучение процессов, происходящих в системе так называемых «питьевых» водохранилищ Москвы давно занимают умы гидрологов, гидрохимиков и гидробиологов. На «стыке» трех названных дисциплин находится проблема накопления и расходования растворенного кислорода водой водохранилищ. Это важно по причине того, что содержание растворенного кислорода (РК) является одной из важнейших характеристик для технологии водоподготовки, а также потому, что содержание РК служит интегральным показателем продукционно-деструкционных и динамических процессов, протекающих в водных экосистемах. Образование бескислородных зон чревато ухудшением качества воды (в т.ч. возникновением привкусов и запахов, трудно устранимых в питьевой воде), развитием болезнетворных бактерий и гибелью гидробионтов.

Именно поэтому проблема наблюдения за состоянием РК в водохранилищах является как научно, так и практически очень значимой. Этой проблемой занимались многие исследователи с позиций изучения процессов перераспределения РК в толще воды и при горизонтальном перемещении водных масс. Были разработаны математические модели, как для водотоков, так и для водоемов. Проверке этих моделей способствовало появление в середине XX века датчиков, позволяющих измерять РК непосредственно в полевых условиях и на любой глубине водоема.

Однако, несмотря на накопленный научный материал, в литературе редко встречаются обобщающие работы с интегральными характеристиками кислородного режима и с оценками многолетних трендов его изменений. В том числе остается недостаточно исследованным вопрос количественной оценки влияющих факторов с позиции улучшения кислородных условий водохранилищ при помощи разных управленческих приемов.

Поэтому поставленная цель исследования (анализ и количественная оценка комплекса факторов, определяющих формирование кислородного режима

водохранилищ Москворецкой водной системы) обоснована как логикой предыдущих исследований, так и насущной практической необходимостью: разработать действенные и эффективные приемы для регулирования кислородного режима водохранилищ. В диссертационной работе кислородный режим водохранилищ анализируется на основании обобщения данных полевых наблюдений и результатов расчета концентраций РК в блоке модели водохранилищ, где математическое моделирование служит удобным инструментом для изучения водных экосистем.

Для достижения этой цели решались задачи, которые логически обоснованы формулировкой цели исследования и которые соответствуют выбранным методам исследования.

Поставленные задачи и выбранные методы исследования позволили автору провести обширное исследование системы водохранилищ Москвы, состоящей из четырех базовых водохранилища Москворецкого источника водоснабжения г. Москвы – Можайское, Рузское, Озернинское и Истринское. Экспериментальная часть работы тщательно продумана, начиная с выбора математической модели (где автором была проведена верификация кислородного блока, кислородный блок дополнен процессом поглощения кислорода донными отложениями, проведена калибровка коэффициентов модели и последующая валидация), и заканчивая анализом многолетних рядов баз данных. Защищаемые положения диссертации всесторонне обоснованы представленными результатами работы. О достоверности результатов моделирования свидетельствует высокая сходимость рассчитанных величин с результатами полевых обследований, которая подтверждается статистическими критериями.

Работа хорошо структурирована. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и 6 приложений. Общий объем диссертации 188 страниц, основной текст изложен на 148 страницах и содержит 13 таблиц и 37 рисунков. Список литературы включает 156 наименований, в том числе 74 на иностранных языках. По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 3 – в журналах из перечня, рекомендуемого ВАК.

Во введении обоснованы актуальность работы, ее цель и задачи исследования, показана научная и практическая значимость.

В 1 главе рассматриваются факторы формирования кислородного режима в пресноводных водоемах, различные методы определения содержания растворенного кислорода в воде. Показано, что каждый из перечисленных процессов чрезвычайно сложен, их формализации многочисленны, а количественные оценки зависимостей от определяющих факторов, полученные по данным натурных и лабораторных экспериментов, сильно разнятся. О.Н.Ерина провела обширный анализ литературных источников, литературный обзор отличается четкостью, хорошей структурированностью и широтой охвата проблем. Литературный обзор завершается

хорошо сформулированными выводами по первой главе, которые являются базисом выполненной работы.

В главе 2 обосновывается выбор объектов исследования. Показано, что Можайское, Рузское, Озернинское и Истринское водохранилища являются наиболее интересными для изучения кислородного режима, так как их глубоководность и замедленный водообмен способствуют ежегодному возникновению плотностной стратификации водной толщи. В этой главе показано, что существует тесная связь кислородного режима с гидрофизическими и продукционными условиями водоемов и выявлены различия в кислородном режиме, как в сезонной, так и в многолетней динамике. Показано, что в последние 35 лет в водохранилищах произошло ухудшение кислородных условий в вегетационный период, выразившееся главным образом в увеличении объема гипоксидной водной массы.

В главе 3 приводится обзор подходов к моделированию режима растворенного кислорода в водоемах, обосновывается выбор в качестве инструмента исследования гидрологической модели водохранилища ГМВ-МГУ.

В главе 4 подробно рассматриваются различные аспекты режима растворенного кислорода в водохранилищах долинного типа с замедленным водообменом, предназначенных для питьевого водоснабжения г.Москвы. Автором впервые подробно рассмотрена структура кислородного баланса Москворецких водохранилищ в летний и зимний периоды. Рассчитаны балансы кислорода в водохранилищах и в отдельных его частях: верховом, центральном и приплотинном.

В заключении перечислены основные результаты и сформулированы выводы исследования. Автору удалось доказать следующие положения.

- 1) Использованный для данного исследования интегральный показатель – индекс кислорода (ИК) может эффективно применяться для сравнения кислородного режима в долинных водохранилищах. Это доказано получением статистически значимых связей индекса кислорода с величиной стабильности водной толщи S_t и объемом гипоксидной зоны, а также с содержанием хлорофилла «а», являющимся показателем продуктивности водоемов.
- 2) Результаты верификации кислородного блока модели ГМВ-МГУ, учета в его алгоритме процесса поглощения кислорода донными отложениями, серии калибровочных, а также подробных валидационных расчетов режима растворенного кислорода на независимом материале во всех исследуемых водоемах в различающиеся по гидрометеорологическим условиям и режиму работы гидроузла годы показывают высокое качество воспроизведения кислородного режима гидрологической моделью водохранилища и обосновывают ее применение в качестве инструмента исследования изменчивости пространственных полей растворенного кислорода в водохранилищах.

3) При помощи диагностических модельных расчетов впервые установлен вклад различных составляющих в структуру кислородного баланса в разных районах водохранилищ в зимний и летний период, выявлена роль генетически различных течений воды в переносе кислорода между районами, а также вклад химико-биологических процессов в поступление и отток кислорода из водохранилищ. Показано, что в периоды стратифицированности водной толщи течения играют важнейшую роль в переносе кислорода слабопроточных долинных водохранилищах, особенно в период ледостава.

4) Впервые установлено, что наихудшие кислородные условия формируются в маловодные годы в узких и глубоких Можайском и Рузском водохранилищах. Различия максимальных объемов гипоксидной и аноксидной зон в зависимости от водности года значительно варьируют. Установлено также, что летом при увеличении длительности жаркой погоды происходит увеличение продолжительности существования бескислородных условий и значительно возрастают скорости истощения запасов кислорода в гипolimнионе водохранилищ.

5) Модельными расчетами показано, что в Можайском и Рузском водохранилищах с ростом уровня воды летом следует ожидать существенное увеличение объема гипоксидной водной массы, что связано с увеличением доли гипolimниона в общем объеме водохранилищ. В то же время в более мелководных и морфологически сложных Озернинском и Истринском водохранилищах подобных изменений в кислородных условиях может и не быть.

К работе имеются некоторые замечания:

1. Поскольку главным «потребителем» результатов работы по возможностям регулирования кислородного режима в водохранилищах являются сооружения водоподготовки Москвы, то наиболее важным выводом для них является выявление процессов, влияющих на качество воды в районе водозабора. В диссертации, к сожалению, не обсуждается каким образом кислородный режим водохранилищ хотя бы на качественном (теоретическом) уровне влияет на качество воды, притом, что аноксия в толще воды – одно из важнейших условий формирования биогеохимических процессов и гидробиологических структур. Например, следующий вывод: «Проведены количественные оценки переноса кислорода плотностными течениями. Установлено, что в период существования стратификации водной толщи ... происходит поступления РК в гипolimнион центрального и приплотинного районов, где отмечается дефицит кислорода.» Для оценки протекающих процессов важно не только непосредственное поступление кислорода в гипolimнион, но и динамика этого поступления (чередование периодов создания аэробных и анаэробных условий в толще воды). От этого зависит селекция микробиологических сообществ, которые и формируют качество воды.

2. Скорость потребления кислорода в гипolimнионе уже давно рассматривается исследователями как важнейшим показателем трофии водоемов. Однако в работе этот показатель не рассматривается и не анализируется, хотя примененное автором моделирование позволяет использовать этот показатель для анализа.

3. В процессе анализа многолетних наблюдений автор использовала данные наблюдений в разные годы, по которым проводилась верификация модели. Известно, что экологический мониторинг растворенного кислорода за эти годы службами Мосводоканала измерялся разными методами. В работе уделено внимание методам мониторинга, но нет сравнения электрохимического (его недостатки достаточно хорошо известны) и нового оптического метода.

4. Следующий вывод работы «Расчетами показано, что в Можайском и Рузском водохранилищах с ростом уровня воды летом следует ожидать существенное увеличение объема гипоксидной водной массы, что связано с увеличением доли гипolimниона в общем объеме водохранилищ» является качественным, хотя модель и выполненные исследования позволяли сделать более точный количественный вывод о доли увеличения объема гипоксидной водной массы. Кроме того, существует замечание следующего характера, относящееся к выводам работы: формулировка выводов по диссертации соответствует выводам автореферата по смыслу, но различается по редакции.

5. В качестве пожелания автору можно отметить, что в работе мог бы прозвучать важный практический вывод. О.Н.Ерина показала, что в Можайском и Рузском водохранилищах с ростом уровня воды летом следует ожидать существенного увеличения объема гипоксидной водной массы, в отличие от Озернинского и Истринского водохранилища, которые характеризуются наличием большего числа мелководий и морфологически сложных структур. Это означает, что изменение морфологии водохранилища, само по себе, уже является механизмом регулирования кислородного режима водохранилищ.

Все высказанные замечания не умаляют достоинств работы, которая выполнена на огромном фактическом материале, написана хорошим языком, прекрасно иллюстрирована. Выводы обоснованы материалами диссертации и являются достоверными.

Представленный автореферат и публикации отражают основные положения диссертации.

В целом, можно сделать вывод, что представленная работа решает актуальную теоретическую и практическую проблему, имеющую очень важное хозяйственное и экологическое значение. Считаю, что диссертация «Режим растворенного кислорода в стратифицированных водохранилищах москворецкой системы водоснабжения г. Москвы», представленная на соискание ученой степени кандидата географических наук,

полностью соответствует Положению о присуждении научных степеней и присвоения научных званий ВАК России, а ее автор Ерина Оксана Николаевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник
Института водных проблем РАН
(119333 г. Москва, ул. Губкина, 3,
тел. (499)7833115, e-mail: nshegolko@mail.ru)
доктор биологических наук
(03.00.16 – экология)

Наталья Михайловна Щеголькова

12.11.2015

Подпись Н.М.Щегольковой заверяет

