

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

Географический факультет



На правах рукописи

УДК 556.55:556.114

ДАЦЕНКО Юрий Сергеевич

**ФОРМИРОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ
В СИСТЕМАХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук**

Москва – 2015

Работа выполнена на кафедре гидрологии суши географического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты: **ВЕНЕЦИАНОВ Евгений Викторович**
*доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией Охраны вод
ФГБУН Института водных проблем
Российской академии наук (г. Москва)*

ПОДДУБНЫЙ Сергей Артурович
*доктор географических наук, директор
ФГБУН Института биологии внутренних вод
имени И.Д. Папанина Российской академии наук
(г. Борок)*

НАУМЕНКО Михаил Арсеньевич
*доктор географических наук, заведующий
лабораторией ФГБУН Института озераедения
Российской академии наук (г. Санкт-Петербург)*

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук (г. Москва)**

Защита состоится **17 марта 2016 г. в 15 часов** на заседании диссертационного совета Д 501.001.68 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, МГУ, географический факультет, 18 этаж, аудитория 1801.

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Ломоносовский проспект, д. 27, А8. Автореферат размещен на сайте географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: www.geogr.msu.ru. Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения) просим направлять по адресу: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет, ученому секретарю диссертационного совета Д 501.001.68, e-mail: science@geogr.msu.ru, факс: +7 495 9328836.

Автореферат разослан «___» декабря 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
*доктор геолого-минералогических наук,
профессор*



Савенко В.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Обеспечение населения доброкачественной водой для питья и хозяйственно-бытовых нужд является одним из ключевых моментов водохозяйственной и в целом экологической политики Российской Федерации. С учетом мощного потенциала современных технологий водоподготовки приоритетными задачами водохозяйственной политики остаются обеспечение количества воды. Однако, проблемы количества воды, как правило, решаются единовременно на далекую перспективу, а иногда и вовсе теряют свою актуальность в силу различных причин. В отличие от проблем количества воды для обеспечения водоснабжения, проблема качества воды никогда не теряет свою актуальность в связи с тем, что:

- во-первых, несмотря на широкие возможности современной технологии водоподготовки, качество воды, подаваемой потребителю, в значительной степени зависит от состава исходной для водопроводной станции воды, т.е. от качества воды природных водных объектов – источников водоснабжения;

- во-вторых, от качества воды зависит стоимость ее санитарной подготовки, что всегда экономически актуально.

По этим причинам источники водоснабжения и их охрана были и остаются предметом пристального внимания организаций, ответственных за обеспечение питьевой водой населения.

В нашей стране водоснабжение большинства крупных городов базируется на использовании водных ресурсов поверхностных источников. Как правило, это речные воды со свойственными им сильными внутри- и межгодовыми колебаниями характеристик стока, а также качества воды. Обеспечение гарантированных расходов воды на водоснабжение в этом случае достигается путем создания водохранилищ глубокого сезонного, а часто и многолетнего регулирования стока, поэтому современные водохозяйственные системы источников водоснабжения крупных городов представляют собой сложный комплекс гидротехнических сооружений, насосных станций, каналов, водохранилищ, участков речных русел рек, а их водосборы занимают

обширные территории. Необходимость в таком регулировании стока объясняется тем, что потребность в питьевой воде гораздо менее изменчива в сравнении с речным стоком.

Наиболее яркий пример сложнейшего комплекса водоснабжения – система источников водоснабжения г. Москвы. Для водообеспечения столицы создан крупнейший в стране комплекс, состоящий из 15 водохранилищ (с общей емкостью более 3 км³ и полезным объемом 2,25 км³) и двух крупных каналов, соединяющих Волжский источник водоснабжения с площадью водосбора более 40 тыс. км² и Москворецкий с площадью водосбора 7,5 тыс. км². Эта система водоснабжения более чем на 99% базируется на использовании поверхностных вод. Столь значительная доля поверхностных вод во многом определена историческим развитием системы водоснабжения и в настоящее время обуславливает появление целого ряда рисков, связанных с количественным и качественным составом водных ресурсов, необходимых Москве и Московской области.

Для московского водоснабжения гарантированное количество воды обеспечено на долгосрочную перспективу, но проблемы качества воды постоянно обостряются, поскольку колебания качества воды в широком диапазоне природных условий гораздо труднее регулировать, чем количество водных ресурсов.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы установить закономерности формирования качества воды в сложных системах и разработать теоретические основы решения практических задач, связанных с контролем состояния, оценками трансформации, оперативным прогнозированием и использованием возможностей регулирования качества воды в источниках водоснабжения крупных городов.

В соответствии с этой целью в задачи работы входили:

1. Исследование особенностей гидрологического и гидрохимического режима и изменчивости основных показателей качества воды в водных объектах различного типа.

2. Выявление влияния природных и антропогенных факторов на формирование пространственно-временной изменчивости показателей качества воды в реках и построенных на них водохранилищах.

3. Проведение балансовых расчетов и оценка роли водохранилищ в трансформации химического стока рек и формировании качества воды.

4. Анализ многолетних рядов наблюдений за качеством воды источников водоснабжения и разработка методов регулирования и прогнозирования цветности и окисляемости вод Волжского источника водоснабжения.

5. Изучение особенностей эвтрофирования водохранилищ, уточнение методов его оценки и математического моделирования процесса.

6. Оценка и ранжирование трофического состояния москворецких водохранилищ по комплексу критериев эвтрофирования.

7. Разработка и верификация экологического блока гидрологической модели водохранилищ.

8. Проведение серии сценарных гидроэкологических расчетов водохранилищ для изучения структуры фосфорного баланса и прогнозирования продукционных процессов в экстремальных гидрометеорологических ситуациях.

9. Проведение модельной оценки влияния внутриводоемных процессов на распространение загрязняющих веществ в сложнодолинном Вазузском водохранилище при наличии водозабора в центральной его части.

Предмет защиты – роль гидрологических процессов в режиме качества воды источников водоснабжения г. Москвы.

Объект исследования – водные объекты Москворецкой и Волжской водохозяйственных систем источников водоснабжения г. Москвы.

Материал и методика исследований. В работе использованы:

- материалы полевых исследований автора на реках и водохранилищах – источниках водоснабжения г. Москвы в 1971–1993 и 1997–2014 годах;

- данные регулярных наблюдений на объектах Москворецкой и Волжской систем водоснабжения г. Москвы, выполненных лабораториями Мосводоканала за период 1938–2007 гг.;

- литературные материалы по результатам исследований трансформации химического стока в водохранилищах различного типа.

В исследовании применены следующие методические подходы:

- статистическая обработка многолетних материалов по гидрологии и гидрохимии рек и водохранилищ;
- системный анализ и обобщение современных представлений о закономерностях функционирования экосистем водоемов;
- балансовая оценка трансформации состава воды в разные фазы водного режима водохранилищ в годы различной водности;
- расчетно-аналитический подход с применением ряда стационарных и динамических моделей экологических процессов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности гидроэкологического режима водохранилищ водохозяйственных систем источников водоснабжения, способствующие формированию качества воды, которые состоят в том, что:

- межгодовой и внутригодовой диапазон колебаний показателей качества воды у водозаборов водопроводных станций зависит от структуры водохозяйственной системы источника водоснабжения и сильно снижается в системе, имеющей водохранилище в своем замыкающем звене;
- трансформация химического стока и качества воды в водохранилищах зависит от интенсивности их водообмена, и самоочищающая способность экосистемы водохранилищ усиливается с уменьшением их водообмена;
- влияющие на качество воды продукционные процессы в водохранилищах источниках водоснабжения зависят от особенностей гидрометеорологических условий в вегетационные период.

2. Неблагоприятные для целей водоснабжения природные свойства воды, затрудняющие ее обработку на станциях водоподготовки, приобретаются в водохранилищах в периоды летней стратификации, когда:

- вероятность вспышек цветения водохранилищ и связанного с ним ухудшения качества воды повышается в засушливые годы при интенсивном заборе воды из водохранилищ;

- гидрологическая структура водохранилищ в вегетационный сезон оказывает доминирующее влияние на распределение в них биогенных веществ и растворенного кислорода, увеличивая внутреннюю биогенную нагрузку.

3. Обоснование регулирования высокой цветности вод Волжской системы водоснабжения г. Москвы путем попусков из Вазузского водохранилища.

4. Особенности режима формирования качества воды в водохранилищах водораздельного бьефа канала им. Москвы, связанные с резким возрастанием влияния роли местных притоков в весенний период.

5. Установленные особенности процесса эвтрофирования водохранилищ, которые были использованы:

- для ранжирования трофического состояния водохранилищ Москворецко-Вазузской системы водоснабжения г. Москвы по комплексу показателей эвтрофирования и характеристикам кислородного режима;

- для усовершенствования балансовых расчетов величины удержания фосфора в водоемах;

- для расчета влияния водохранилищ Волжско-Камского каскада на сток фосфора в Каспий.

6. Решения практических задач формирования качества воды водохранилищ, полученные модельными сценарными и диагностическими расчетами по гидрологической модели водохранилища:

- анализ структуры баланса фосфора в Можайском, Истринском, Вазузском и Иваньковском водохранилищах;

- численная оценка влияния изменчивости гидрометеорологических условий на цветение фитопланктона в водохранилищах Москворецкой и Волжской систем водоснабжения;

- особенности распространения потенциально опасных залповых загрязнений в многолопастном Вазузском водохранилище при различных

гидрологических условиях и оценка вероятности их попадания в водозабор канала для межбассейновой переброски стока.

Научная новизна работы. Впервые на основе комплексного анализа гидрологической и гидрохимической информации установлены закономерности трансформации качества воды в крупнейшей в России водохозяйственной системе источников водоснабжения г. Москвы.

Впервые количественно оценено влияние интенсивности водообмена на баланс химических веществ в водохранилищах – источниках водоснабжения, и выявлена роль водохранилищ в формировании качества воды у водозаборов станций водоподготовки.

Впервые показано увеличение самоочищающей способности экосистемы водохранилища не только с уменьшением интенсивности водообмена в ней, но и с ростом биогенной нагрузки. На примере Можайского водохранилища получены количественные связи характеристик биомассы основных групп фитопланктона в водоеме с уровнем воды в водохранилище в вегетационный период.

Впервые обоснованы количественные методы оценки и прогноза высокой цветности и перманганатной окисляемости воды и продемонстрированы возможности их регулирования в Волжской системе водоснабжения.

На основе предложенного автором комплекса методов оценки процесса эвтрофирования проведено ранжирование современного экологического состояния водохранилищ источников водоснабжения г. Москвы.

Практическое значение полученных результатов заключается в возможности использования предложенных методов для оценки степени трансформации химического стока водохранилищами, прогноза качества воды у водозаборов водопроводных станций и оценки эвтрофирования водохранилищ. Результаты диссертационной работы использовались для разработки стратегии водоохранных мероприятий и прогнозирования качества в системе источников водоснабжения г. Москвы.

Выполненные теоретические, методические и научно-технические разработки используются в настоящее время и могут быть использованы в перспективе при:

- планировании и проведении гидроэкологических исследований водных объектов систем источников водоснабжения;
- планировании и обосновании систем наблюдений и контроля за состоянием водных объектов источников водоснабжения, обеспечивающих репрезентативность данных при определенном уровне информативности;
- экспертизе водохозяйственных проектов (как в части информационного обеспечения, так и в прогнозировании качества воды и оценки возможностей управления им);
- принятии решений по видам и режимам попусков из водохранилищ при возникновении в них критических ситуаций.

Результаты, положенные в основу диссертационной работы, были получены в рамках следующих научных проектов и научно-исследовательских хозяйственных работ:

Проекты РФФИ: 02-05-64319 «Моделирование колебаний экологического состояния стратифицированного водохранилища», 05-05-64220 «Теоретические и экспериментальные исследования формирования гидроэкологической структуры сложнодолинных стратифицированных водохранилищ», 12-05-00176 «Моделирование режима растворенного кислорода в стратифицированных водохранилищах»;

Хозяйственные работы по заданию Мосводоканала: проекты: «Оценка современного состояния Москворецких водохранилищ, разработка методов диагностического прогноза и улучшения их экологического состояния», «Оценка степени эвтрофированности Вазузского и Яузского водохранилищ», «Совершенствование методов прогнозирования цветности и окисляемости вод в Волжском водоисточнике с использованием нового программного обеспечения», «Комплексная оценка экологического состояния Учинского, Клязьминского, Пестовского, Пяловского водохранилищ», «Исследования

состояния источников водоснабжения, оценка тенденций изменения качества воды, определение роли антропогенного воздействия на водоисточники, разработка мероприятий по сохранению и улучшению качества воды», «Исследование условий развития фитопланктона и возможностей регулирования его интенсивного цветения в московских водохранилищах»;

Хоздоговорные работы по заданию Минприроды: проекты «Разработка программно-математического комплекса для моделирования процессов тепло- и массообмена в водохранилищах с учетом речного и бокового притока воды», «Оценка трансформации состава воды в водохранилищах – источниках водоснабжения г. Москвы на основе математического моделирования»;

Государственные контракты: «Изучение влияния экстремально жарких периодов на гидрохимические и гидробиологические характеристики систем водоснабжения на примере г. Москвы», «Разработка моделей и технологий дистанционной диагностики состояния и режима водных объектов суши».

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены на 33 конференциях и семинарах, в том числе: 5-й, 6-й и 7-й Всес. гидрологический съезд, секция «Качество вод и научных основ их охраны», 1986, 2004, 2013 гг.; семинар «Современное состояние качества воды Камских водохранилищ», Пермь, 1989; конференция «Экономия и рациональное использование водных ресурсов в г. Москве и повышение надежности ее водообеспечения до 2000 г.», Звенигород, 1988; «Взаимодействие в системе литосфера-гидросфера-атмосфера», Москва, 28-29 ноября 1996 г.; International Conference «Man and River Systems», 1998, March, Paris; 3-th Conference of Reservoir limnology and water quality, 1997, August, Cheske-Budejovice; Всероссийская конференция «Актуальные проблемы водохранилищ», Борок, 2002 г.; Международная научно-практическая конференция «Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии», октябрь 2003 г., Минск; Всероссийский Конгресс работников водного хозяйства, Москва, Декабрь 2003 г.; 3-th Symposium «Quality and Management of Water Resourves», St. Petersburg, Russia, June 2005;

Международное Совещание «Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов», Казань, 2006; конференция «Восстановление водоемов: теория и практика», СПб, 2007, октябрь; Международный Конгресс «Вода: экология и технология», ЭКВАТЭК-2008, Москва, 2008; Всероссийский Симпозиум «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов», Пермь, 2009, 2011, 2013 гг.; Всероссийский симпозиум с международным участием «Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах», Петрозаводск, сентябрь 2012; Открытая конференция НОЦ «Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление», Москва, 2012; Научно-практическая конференция «Питьевая вода в XXI веке», Иркутск, 2013; International Geographical Union Regional Conference «Geography, Culture and Society for our Future Earth», 17-21 August 2015, Moscow.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в монографии «Эвтрофирование водохранилищ» и 92 статьях, в том числе в 36 статьях в журналах, рекомендованных ВАКом.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, выводов, списка использованной литературы. Полный объем диссертации составляет 404 страницы, в том числе 130 рисунков, 47 таблиц.

Автор выражает благодарность всем коллегам, сотрудникам кафедры и УНБ Красновидово, которые принимали участие в совместных исследованиях водохранилищ и в экспедиционных работах, сотрудникам и руководству лабораторий Мосводоканала и лично профессору Алексеевскому Н.И., профессору Эдельштейну К.К., доценту Заславской М.Б., ведущим научным сотрудникам Гончарову А.В., Гречушниковой М.Г., старшим научным сотрудникам Пуклакову В.В, Ершовой М.Г., Ефимовой Л.Е., научному сотруднику Соколову Д.И., инженеру Ериной О.Н.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлены актуальность и новизна исследований, приведены цель и задачи работы, обоснована практическая значимость исследований.

Глава 1. Структура водохозяйственных систем – источников централизованного водоснабжения

Для водоснабжения крупных городов, мегаполисов, урбанизированных территорий и промышленных узлов используют преимущественно поверхностные источники пресной воды, изъятие необходимого количества воды из которых обеспечивается созданием специальных систем поверхностных источников водоснабжения. Разнообразие таких систем связано с наличием водными ресурсами региона и особенностями гидрографической сети объекта водоснабжения. Современные системы источников водоснабжения, ориентирующиеся на речные водные ресурсы, включают, по крайней мере, два основных элемента – объект регулирования речного стока и создания резервов воды и объект транспортировки воды от источника до станции водоподготовки.

Для обеспечения наилучшего качества воды в местах водозаборов водопроводных станций структура водохозяйственного комплекса имеет чрезвычайно большое значение. Имеется несколько схем водохозяйственных систем в источниках водоснабжения, основными из которых можно считать две схемы, различающиеся по расположению регулирующих сток водохранилищ:

- 1) водохранилища находятся в верхних звеньях системы водоснабжения и
- 2) водозабор водопроводных станций расположен непосредственно на водохранилище.

Оба выделенных типа структуры водохозяйственных систем включает в себя исторически сложившаяся система источников водоснабжения г. Москвы, которая на 99% использует поверхностные водные объекты – ресурсы р. Москвы и р. Волги. В настоящее время источники водоснабжения г. Москвы – сложный водохозяйственный комплекс, состоящий из поочередно создававшихся трех гидротехнических систем – Волжской, Москворецкой и Вазузской (рис. 1).

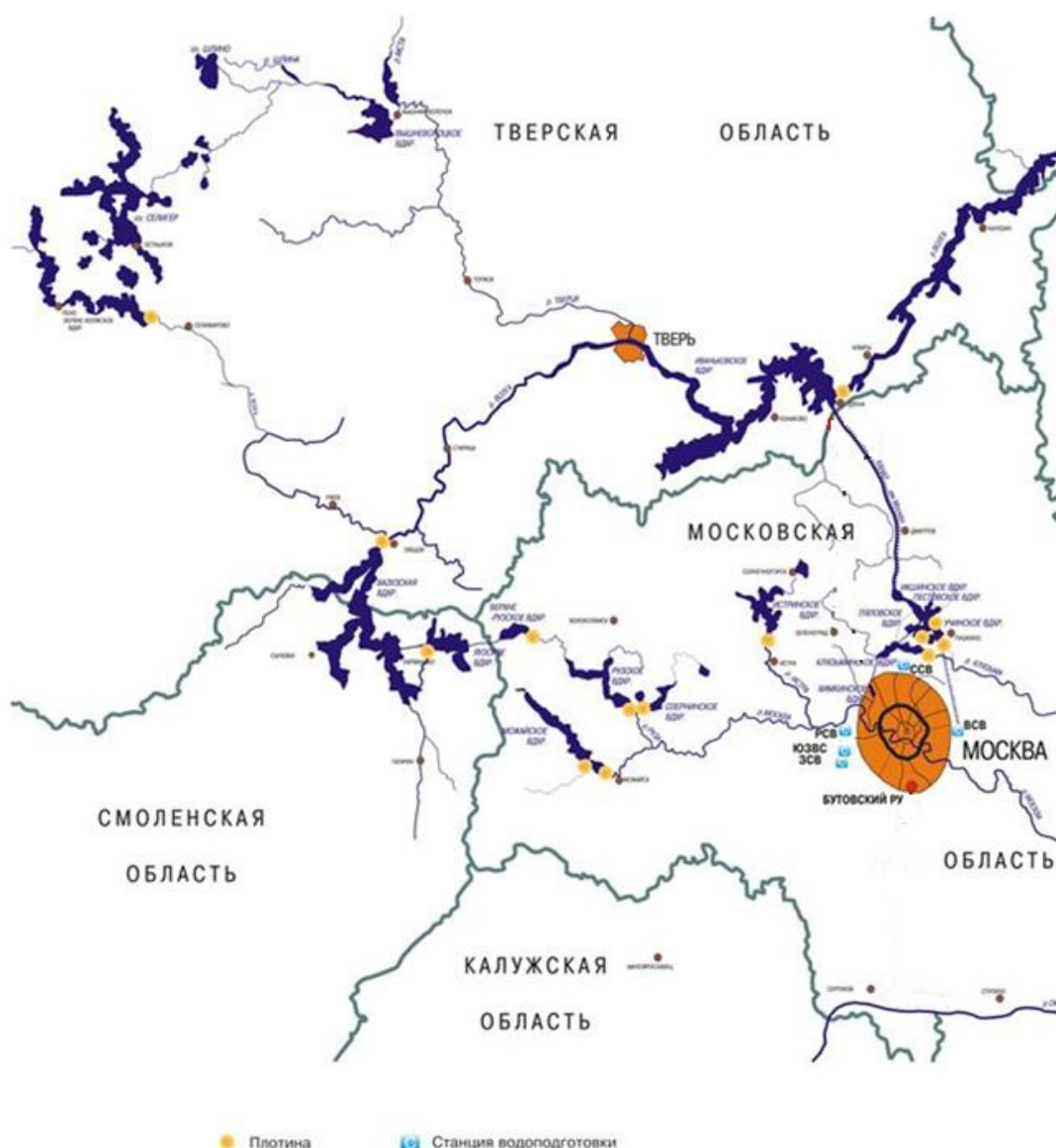


Рисунок 1 – Схема источников водоснабжения г. Москвы

Качество воды с системах источников оценивается по комплексу физических, химических и биологических показателей, изменение которых зависит от действия природных и антропогенных факторов (рис. 2). Среди первых особого внимания заслуживают гидрометеорологические факторы, среди вторых — загрязнение вод и регулирование речного стока водохранилищами.

Гидрометеорологические факторы можно условно разделить на внешние и внутриводоемные, поскольку химический состав и качество воды каждого водоема определяется этими двумя группами воздействий. Под внешними факторами понимается, прежде всего, режим и состав воды притока в водоем.

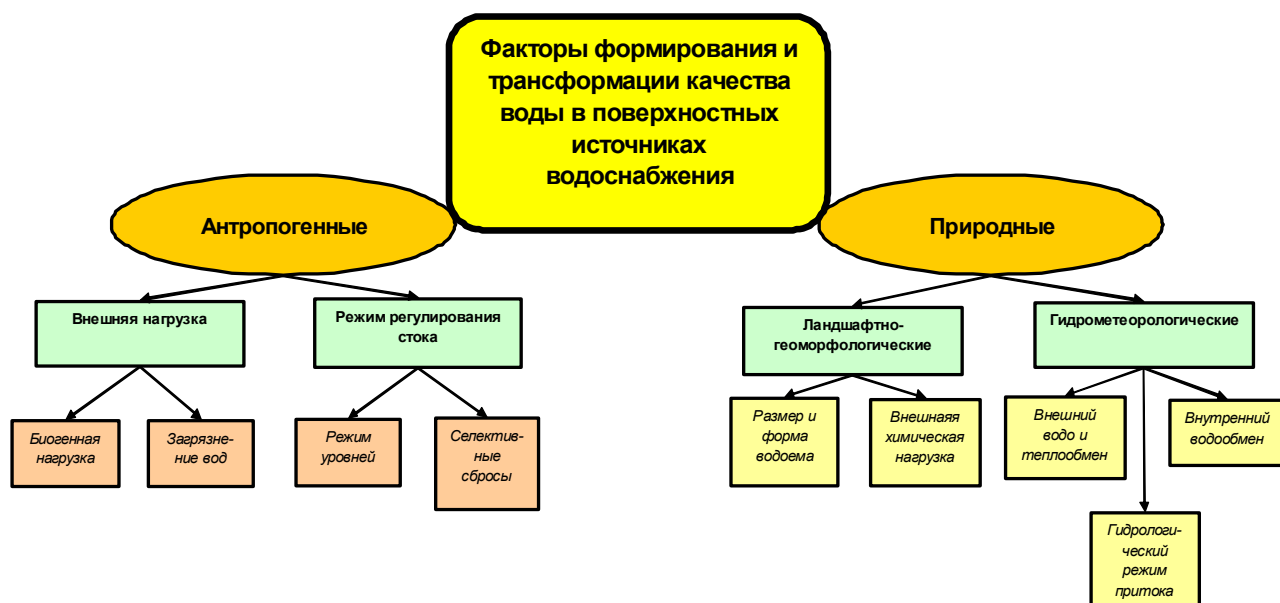


Рисунок 2 – Факторы формирования качества воды источников водоснабжения

Внутриводоемные факторы включают внутренний водообмен, представляющий собой совокупность динамических процессов, протекающих в водоеме и приводящих к обмену вод внутри и между участками водоема или слоями.

В рассматриваемом комплексе факторов, количественная оценка которых необходима для решения практических задач регулирования и прогнозирования качества воды в водохранилищах-источниках водоснабжения, ведущую роль играют факторы гидрологического режима [Алексеевский, 2009].

Внутренний водообмен тесно связан с внешним воздействием на водоем, поскольку горизонтальная составляющая внешнего водообмена в водоеме проявляется в форме стокового течения. Из гидрофизических процессов особое внимание уделяется гидродинамическим (процессы перемешивания вод) и гидротермическим (формирование термической стратификации водных масс).

В отличие от внешнего баланса составление внутреннего баланса химических веществ представляет собой крайне сложную проблему [Никаноров, 1999]. При любой сложности внутриводоемных процессов их необходимо разделять на процессы, не изменяющие общую массу вещества, связанные с переносом веществ в результате перемешивания вод и на процессы физико-химической, биохимической и биологической природы, определяющие изменение массы и состава веществ в воде водоема.

Глава 2. Особенности трансформации качества воды в транзитных водных объектах – реках и каналах

На участках водохозяйственной системы, отличающихся быстрым водообменом и малым временем пребывания водной массы, влияние гидрометеорологических факторов не столь значительно и здесь трансформация (т.е. изменение показателей качества воды) в большей степени определяется факторами гидрологического режима реки.

В системе водоснабжения Москвы основных транзитных участков два: в Волжской системе это участок канала им. Москвы от Иваньковского водохранилища до водохранилищ водораздельного бьефа, в Москворецкой – участок р. Москвы от нижних бьефов водохранилищ до водозабора Рублевской и Западной станций водоподготовки.

В Волжской системе 120-километровый участок канала практически не влияет на изменение химического состава воды. Главная причина этого – полное отсутствие бокового притока воды в канал, обеспеченное еще в проекте канала.

Время пребывания воды в канале в среднем за многолетний период его эксплуатации составляет 8 суток, с колебаниями от 5 суток в периоды максимальной водоподдачи и до 21 суток при минимуме (в первые послевоенные годы). Практическую неизменность химического состава воды в канале за это время подтверждают данные многолетних наблюдений за качеством воды в трех пунктах канала: в головном участке (1-я паромная переправа), в средней части канала и в замыкающем створе канала на входе в Икшинское водохранилище) [Канал им. Москвы..., 1987].

В Москворецкой системе, несмотря на небольшое (не более 3-х дней) время добегания, происходят существенные изменения показателей качества воды за счет притоков р. Москвы в нижнем бьефе водохранилищ и наличия значительных антропогенных источников загрязнения. Это влияние исследовано экспедиционным обследованием вдоль реки, в течение которого отслеживалось изменение химического состава воды водной массы. Пример изменений содержания в реке биогенных веществ в ходе обследования показан на рис. 3.

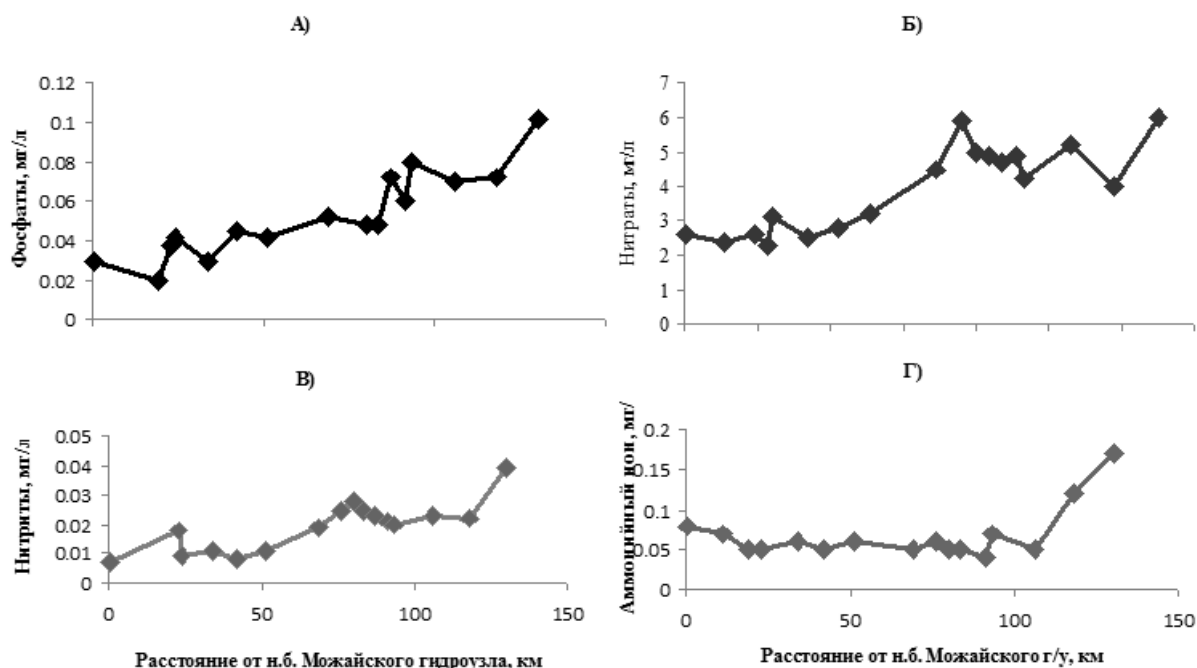


Рисунок 3 – Распределение концентраций биогенных веществ вдоль р. Москвы по данным эксперимента весной 2007 г.: А) фосфаты, Б) нитраты, В) нитриты, Г) аммонийный азот

Увеличение концентраций химических веществ связаны с загрязнениями этого участка реки коммунальными и сельскохозяйственными стоками. Рост наблюдается в разные сезоны и это влияние оказывается весьма существенным для станций водоподготовки. Оценка водности отдельных притоков р. Москвы позволила оценить их вклад в формирование качества воды у водозаборов станций водоподготовки и ранжировать их по степени значимости.

В Волжской системе водоснабжения речные участки относятся к верховьям системы – водосбору Ивановского водохранилища. На этом водосборе происходит формирование состава волжской воды, характеризующегося существенным недостатком качества воды – высокой цветностью и окисляемостью вод. Изменение цветности и окисляемости вод этих рек обусловлено высокой степенью заболоченности водосборов отдельных их притоков. Результаты специальных экспедиционных обследований бассейна Верхней Волги, проведенных автором и учет водности притоков Тверцы и Волги позволили ранжировать степень их значимости в процессе формирования стока органических органического вещества в системе.

Ниже входного створа Иваньковского водохранилища (д. Городня) источники цветности и окисляемости волжских вод практически отсутствуют (за исключением небольших притоков водохранилища – рек Орша и Созь), и далее основные изменения качества воды по этим показателям связаны с их снижением в результате трансформации состава волжских вод.

С созданием Вазузского водохранилища на водосборе Иваньковского водохранилища появилась возможность управления цветностью вод р. Волги попусками малоцветных вод из Вазузского водохранилища для разбавления высокоцветных вод р. Волги на этом участке. Количественная оценка влияния этих попусков проведена по простой балансовой модели, учитывающей расходы р. Волги и закономерности изменения цветности ниже Зубцовского гидроузла. В результате таких оценок получена номограмма, по которой можно рассчитать снижение цветности в зависимости от разницы цветности р. Волга и Вазузского водохранилища ($C_p - C_v$) при заданном соотношении расхода попуска и расхода р. Волга (альфа) (рис. 4).

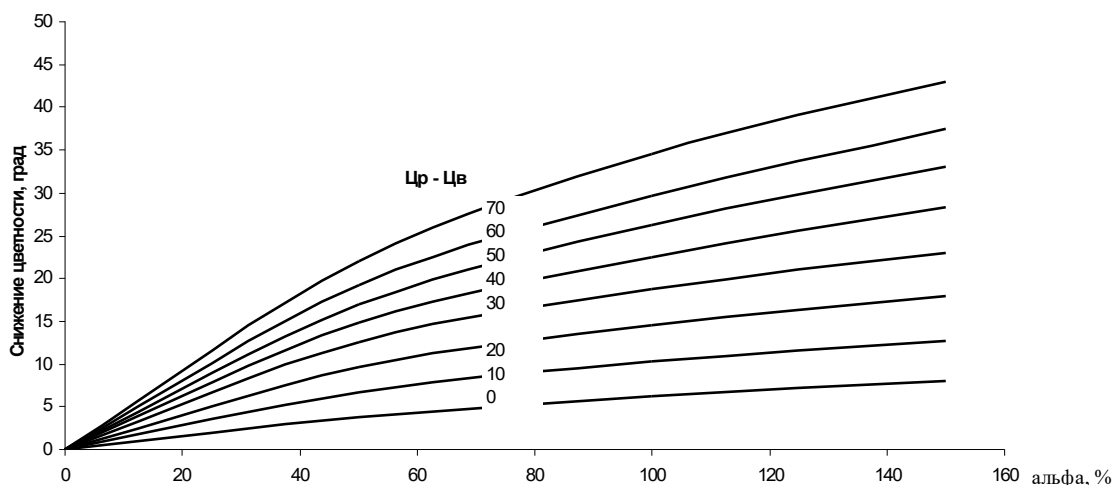


Рисунок 4 – Оценка влияния попусков Вазузского водохранилища на цветность р. Волги

Глава 3. Гидрологический режим водохранилищ системы водоснабжения г. Москвы

Москворецкая система источников водоснабжения. Все водохранилища Москворецкой водной системы выполняют многолетнее и глубокое внутригодовое регулирование р. Москвы и ее притоков – Истры и

Рузы с Озерной. Поэтому им присущи большие и нерегулярные колебания уровня воды и проточности. Эти колебания обусловлены внутригодовой и межгодовой изменчивостью притока воды с их водосборов и режимом сбросов воды с целью обеспечения стабильной работы водопроводных станций.

Детальный анализ многолетних изменений составляющих водного баланса московских водохранилищ проведен на примере Можайского водохранилища, так как стоковый ряд притока в Можайское водохранилище самый надежный из всех московских водохранилищ.

В последнее 13-тилетие в верховьях бассейна р. Москвы увеличилась климатически обусловленная изменчивость водного стока (и годового, и особенно внутригодового) из-за увеличения водности преимущественно осенних паводков [Самолубов и др., 1998]. Изменчивость годовых величин сброса воды из водохранилищ больше, чем годового ее притока, что не свойственно водохранилищам многолетнего регулирования стока, сглаживающим колебания речного стока.

Из внутриводоемных гидрологических факторов в работе анализируются основные черты термического и динамического режима водохранилищ. Закономерности термического режима водоемов, расположенных в одной климатической зоне, определяются синоптическими особенностями года и в водоемах с близкими морфометрическими характеристиками оказываются сходными. Процесс формирования термической стратификации в летний период анализируется по данным ежедневных наблюдений на русловой вертикали приплотинного плеса Учинского водохранилища. С момента установления устойчивых температурных градиентов в слое скачка вертикальное расслоение водохранилища не нарушается даже сильными ветрами. В летний период интенсивное нагревание эпилимниона при слабом повышении температуры воды придонных слоев приводит к плавному росту разницы температур у поверхности и у дна. При этом перемешивание эпилимниона способствует увеличению градиентов температуры в слое скачка и возрастанию устойчивости водной массы водохранилища. Постепенное

увеличение градиентов температуры до середины лета – закономерное явление в развитии стратификации водоемов умеренной зоны. Наибольших значений градиент температуры в слое скачка достигает в середине лета, когда теплоприток к водной поверхности максимален.

В экологических исследованиях особый интерес вызывает анализ связи между гидрооптическими характеристиками и показателями первичной продуктивности экосистемы. По материалам детальных наблюдений, выполненных на Можайском водохранилище установлена связь прозрачности и биомассы водорослей, которую можно использовать для ориентировочной оценки биомассы фитопланктона в летний период.

Москворецкие водохранилища слабопроточны: среднегодовые значения коэффициента водообмена для Можайского и Озернинского водохранилищ равны 1,3, для Рузского и Истринского – $1,5 \text{ год}^{-1}$. Поэтому в них скорость и расход стокового течения, обусловленные уклоном водной поверхности, столь малы, что во все фазы водного режима, кроме короткой (1–2 недели) фазы интенсивного весеннего наполнения, соизмеримы со скоростью и расходом сопутствующего стоковому течению придонного плотностного течения. Это течение образуется вследствие имеющих во все сезоны года горизонтальных градиентов плотности в водной толще из-за различий температуры и минерализации водных масс [Пуклаков, 1999].

В водохранилищах Волжской системы водоснабжения вследствие их более высокой проточности возникновение плотностных течений значительно менее вероятно, чем в москворецких. Сравнительно небольшая глубина водохранилищ способствует интенсивному вертикальному перемешиванию, вследствие чего стратификации в водохранилищах возникает эпизодически и по этому параметру их можно отнести к типу полимиктических водоемов. Исключение составляет наименее проточное и наиболее глубокое Учинское водохранилище, стратификации в котором наблюдается постоянно в течение почти всего лета.

Волжская система источников водоснабжения относится к системам с водозабором непосредственно из водохранилищ – подача воды на водопроводные станции производится из Клязьминского и Учинского водохранилищ. Основные гидрологические факторы формирования качества воды в этой системе: режим стока рек в бассейне Верхней Волги, водный баланс и водообмен Иваньковского водохранилища, водный баланс водораздельного бьефа.

Гарантированная водоотдача базового в системе Иваньковского водохранилища в канал с учетом безвозвратного отбора воды в верховьях Волги на водоснабжение составляет в год 97%-ной обеспеченности стока $79 \text{ м}^3/\text{с}$. Водораздельный бьеф состоит из пяти судоходных водохранилищ, соединенных между собой участками канала, и одного отдельного и строго охраняемого в санитарном отношении Учинского водохранилища, питающего Восточную и Северную станции водоподготовки системы водоснабжения г. Москвы.

Анализ годовых водных балансов водораздельного бьефа показал, что его водные ресурсы в основном формируются из волжской воды. Накопленная вода расходуется преимущественно на водоснабжение г. Москвы, санитарное обводнение рек Москвы, Яузы, Учи, Клязьмы и шлюзование. Объем водозабора из Иваньковского водохранилища зависит как от естественных причин (водности года), так и от антропогенного фактора (водопотребление г. Москвы).

Структура баланса за период эксплуатации канала представлена в таблице 1. Интенсивность водообмена отдельных водохранилищ за декадный период оценивалась его средним коэффициентом $K_B = (W_{\text{пр}} + W_{\text{ст}}) / (2W_{\text{ве}})$, где $W_{\text{пр}}$ – объем притока воды, $W_{\text{ст}}$ – объем оттока и водопотребления, $W_{\text{ве}}$ – средний объем водохранилища за рассматриваемую декаду. Структура водного баланса почти не изменяется в зависимости от водности года. В маловодные годы несколько возрастает использование воды на обводнение рек. В многоводные годы возрастает доля бокового притока воды водохранилищ

водораздельного бьефа. Внутригодовая изменчивость составляющих водного баланса водохранилищ водораздельного бьефа более тесно связана с антропогенным фактором.

За последние 10 лет произошли наиболее существенные изменения гидрологического режима водораздельного бьефа, связанные в большей степени не с гидрологическими факторами, а с изменением интенсивности эксплуатации его водных ресурсов. За это время потребления воды на водоснабжение снизилось на 32%, обводнение рек – на 17%, перекачка волжской воды – на 19%, внешний водообмен – на 17%. Причина этих изменений – резкое сокращение отбора воды на водоснабжения, обусловленное снижением водопотребления города, а также сокращение транспортного использования канала. Многолетние изменения составляющих водного баланса канала им. Москвы, представленные на рис. 5, иллюстрируют особенности изменений компонентов баланса, зависимых от антропогенных факторов.

Таблица 1 – Водный баланс водораздельного бьефа канала им. Москвы (W_B – объем перекачки волжской воды; $W_{\text{Б}}$ – приток воды с примыкающего водосборного бассейна; $W_{\text{ПВ}}$ – потребление воды на промышленное и питьевое водоснабжение; W_C – сброс воды во время пропуска судов через шлюзы №6 и №7; W_P – потребление воды на санитарное обводнение рек, входящих в систему канала; $W_{\text{П}}$ – потери воды на фильтрацию и испарение)

Статьи баланса	Среднее за 1938–2014 гг.	
	млн м ³	%
W_B	1759	88
$W_{\text{Б}}$	230	12
Σ прихода	1989	100
$W_{\text{ПВ}}$	826	42
W_P	878	44
W_C	167	8
$W_{\text{П}}$	118	6
Σ расхода	1989	100
K_B	8,1	

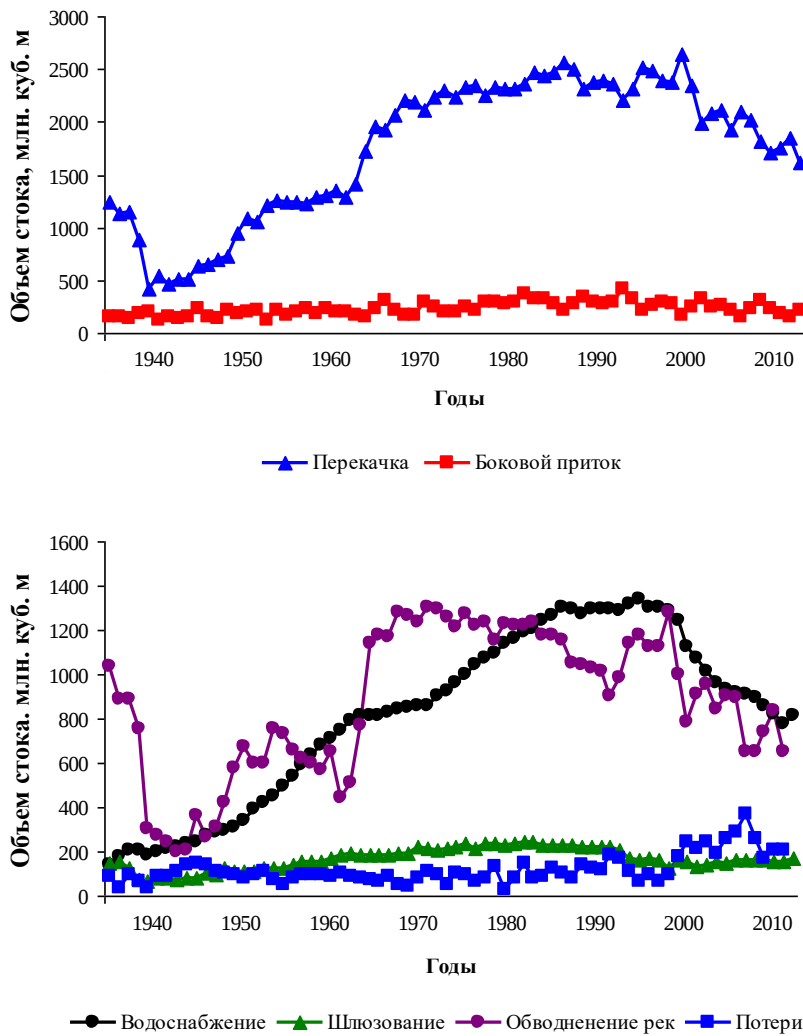


Рисунок 5 – Многолетние изменения приходных (А) и расходных (Б) составляющих водного баланса канала

Глава 4. Гидрохимический режим водохранилищ систем водоснабжения

Химический состав вод водных объектов систем московских источников водоснабжения формируется в результате сложного взаимодействия гидрологических, геохимических и биохимических процессов на речных водосборах и в самих водоемах, протекающих под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Изменения химического состава воды на водозаборах водопроводных станций определяются особенностями его формирования на водосборах источников водоснабжения и трансформации в водоемах, и зависят от структуры водохозяйственной системы. Эти особенности существенно различаются в обеих системах источников водоснабжения г. Москвы.

При изучении процессов формирования и трансформации качества воды в водных объектах Москворецкой системы источников водоснабжения особое значение имеет режим биогенных веществ, поскольку биогенная нагрузка водохранилищ многолетнего регулирования представляется одним из важнейших факторов эвтрофирования водохранилищ, в значительной степени определяющего особенности формирования качества воды в системе.

Особое значение для процессов формирования качества воды имеет вертикальное распределение биогенных веществ в водоеме, тесно связанное с плотностным расслоением водной массы в летний период. Учащенными наблюдениями на 5 горизонтах русловой вертикали Красновидовского плеса установлена исключительно высокая изменчивость различных форм фосфора в период летней стратификации. Изменения минерального фосфора на русловой вертикали плеса в начальный период активного развития биологических процессов показаны на рис. 6.

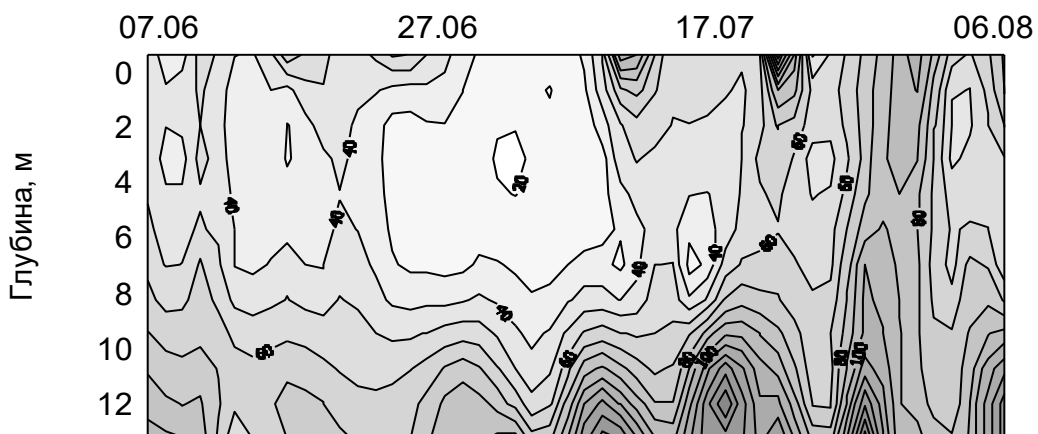


Рисунок 6 – Распределение минерального фосфора (мкг/л) по вертикали в Красновидовском плесе Можайского водохранилища летом 1990 г.

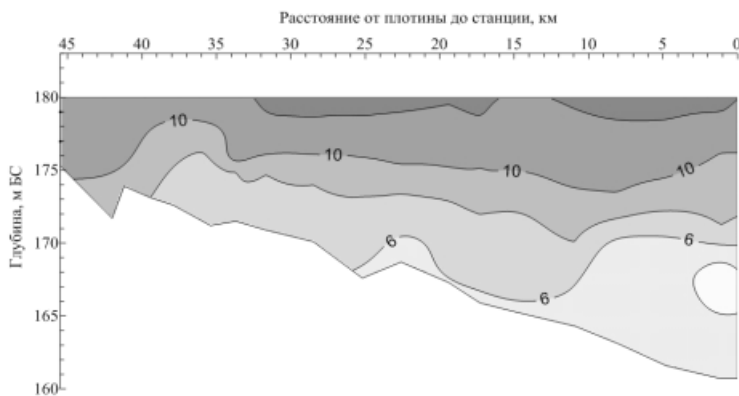
В начале летнего периода в водохранилище резко усиливается стратификация фосфора, обусловленная интенсификацией продукционных процессов, усилением стратификации кислорода и поступлением фосфора из донных отложений. Периодические изменения вертикальных градиентов концентраций фосфора связаны с вертикальным перемешиванием водной

толщи водохранилища при изменении синоптической ситуации и короткопериодной изменчивостью интенсивности продукционных процессов.

Из-за особенностей режима регулирования стока возникают различия в характере круговорота фосфора в московских водохранилищах, а именно: в Можайском и Рузском водохранилищах доля минерального фосфора значительно выше, чем в Истринском и Озернинском. Эти особенности режима фосфора отражают более высокую продуктивность Озернинского и Истринского водохранилищ.

В оценках качества воды и трофического состояния водохранилищ – источников водоснабжения использованы данные по содержанию и распределению растворенного кислорода. Типичный для летнего периода характер изменения содержания растворенного кислорода по глубине в течение вегетационного периода демонстрируют результаты гидролого-гидрохимических съемок Можайского водохранилища 2012 г. (рис. 7).

24.03.



10.07.

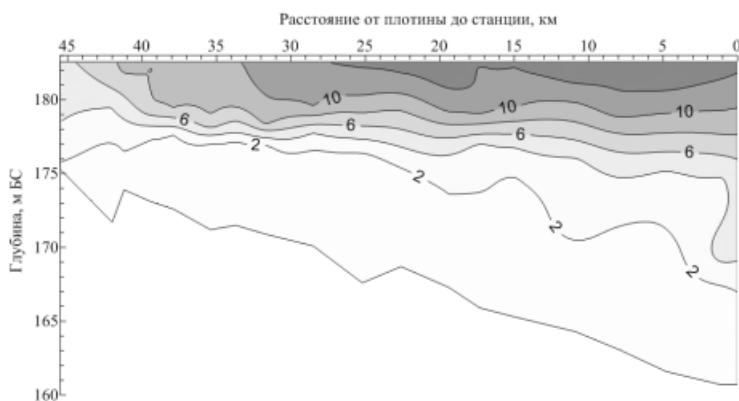


Рисунок 7 – Распределение растворенного кислорода в Можайском водохранилище по данным гидролого-гидрохимических съемок в 2012 г.

Главная особенность гидрохимического режима Волжского источника водоснабжения г. Москвы, во многом определяющая серьезные проблемы качества воды этого источника, – высокое содержание органических веществ в воде водных объектов системы, обусловленное формированием состава вод на заболоченном водосборе Верхней Волги и, особенно ее левого притока р. Тверцы. Эта особенность качества воды рассматриваемой системы была известна еще на стадии проектирования и создания волжской системы водоснабжения столицы, но ни в то время, ни в настоящее время ликвидировать ее не представляется возможным.

Обобщением данных многолетних (1957–2004 гг.) наблюдений в 11 пунктах Волжской системы установлены особенности сезонных изменений показателей цветности и окисляемости. Сезонный ход цветности в реках Волга и Тверца идентичен: после весеннего максимума цветности, обусловленного смывом органических веществ с поверхности почвы водами половодья, цветность плавно понижается к летне-осеннему периоду, достигая минимума зимой. При значительных различиях абсолютных значений цветности в р. Волге (55 град) и р. Тверце (71 град) режим внутригодовых изменений содержания ОВ в этих реках одинаков, а изменчивость цветности минимальна в весенний период. В начале осени цветность и окисляемость речных вод зависят от особенностей гидрометеорологического режима и от состояния увлажненности почв бассейна, что приводит к возрастанию коэффициента вариации значений цветности в реках. Это существенно усложняет прогнозирование цветности в наиболее неблагоприятный с точки зрения технологии обработки воды – зимний период.

Глава 5. Трансформация качества воды в водохранилищах

Влияние регулирования речного стока водохранилищами в системах источников водоснабжения на химический сток и формирование качества воды проявляется во внутригодовом перераспределении стока веществ, в изменении общего содержания и концентраций в воде неконсервативных химических

веществ в результате внутриводоемных процессов и в изменении состава химических веществ.

Баланс химических веществ наиболее надежно оценивается в замыкающем волжскую систему Учинском водохранилище, поскольку Учинское водохранилище практически не имеет площади собственного водосбора, и во входном створе водохранилища и у водозаборов станций наблюдения за химическим составом воды ведутся с высокой частотой (2 раза в месяц). Но главное, что коэффициент водообмена водохранилища постоянно изменялся в течение многолетней эксплуатации водохранилища в зависимости от изменений величины водозабора из водохранилища.

Расчетом баланса химических веществ за этот многолетний период (1970–1990 гг.) получены значения коэффициента удержания веществ в Учинском водохранилище. Их зависимости от коэффициента водообмена показаны на рис. 8.

Для всех рассмотренных показателей (кроме нитратов) наблюдается статистически значимые обратные зависимости R от K_B . Наибольшие коэффициенты корреляции характерны для марганца и железа, поскольку трансформация стока этих элементов в водоисточнике существенно зависит от интенсивности водообмена Учинского водохранилища.

Интенсивность водообмена – главный, но не единственный фактор эффективности снижения концентраций веществ. Для марганца и железа обнаружены, хотя и не столь тесные, но все же значимые зависимости между концентрациями этих веществ на выходе из водохранилища с концентрациями их на входе. Чем больше нагрузка водохранилища веществом, тем больше степень его трансформации (коэффициент удержания) в водохранилище. Для трансформации органического вещества важное значение имеет структура его баланса в водоеме. Обобщением данных по озерам и водохранилищам в работе установлены зависимости коэффициента удержания органического вещества в водоеме от коэффициента водообмена и соотношения автохтонного и аллохтонному вещества.

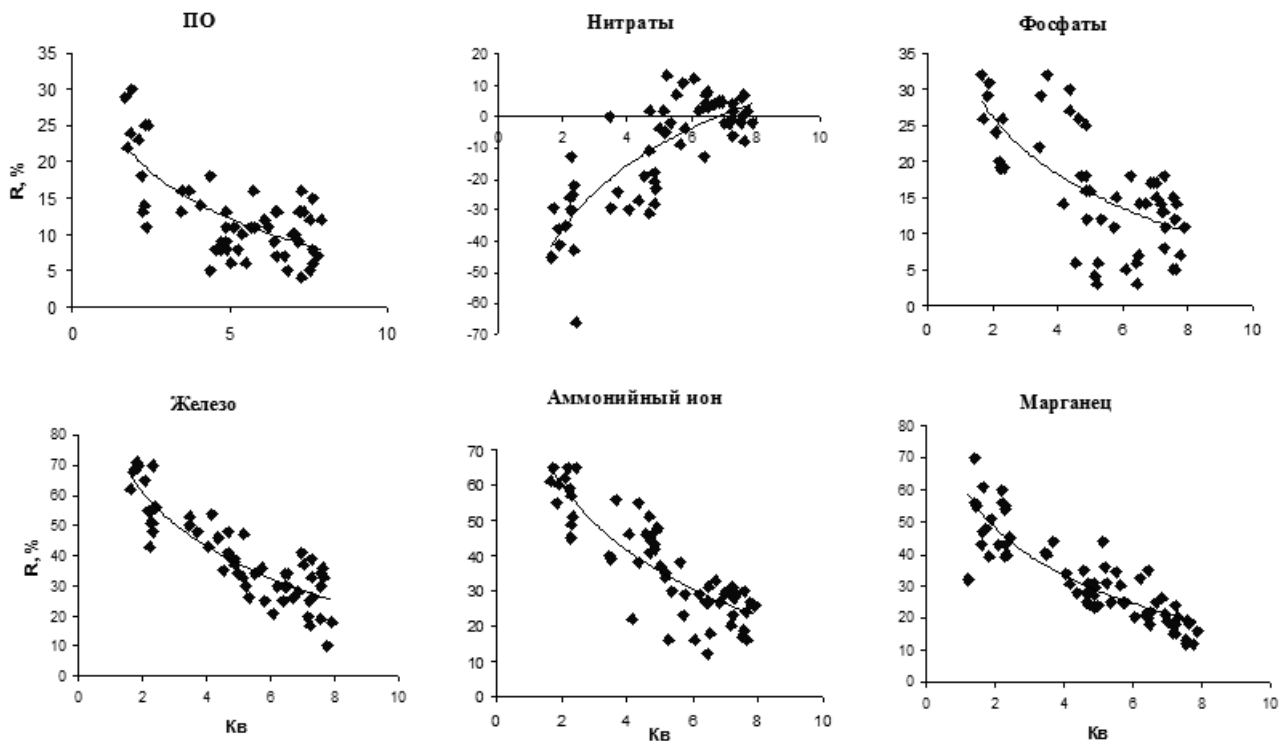


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента удержания веществ от коэффициента водообмена Учинского водохранилища

Данные регулярного мониторинга качества воды волжской системы позволили рассчитать балансы и для других водохранилищ водораздельного бьефа канала им. Москвы. Структура годовых химических балансов биогенных и органических веществ в водохранилищах водораздельного бьефа канала им. Москвы представлена в табл. 2.

Главная причина положительных значений коэффициентов удержания аммонийного азота и фосфатов – благоприятные условия окисления, возникающие в водохранилищах, а также поглощение фитопланктоном с последующей седиментацией.

В водном балансе волжской системы водоснабжения роль боковой приточности водохранилищ водораздельного бьефа относительно мала. Однако небольшие притоки этих водохранилищ имеют высоко освоенные в хозяйственном отношении водосборы, расположенные в густонаселенных районах Московской области, поэтому испытывают значительные антропогенные нагрузки. В работе по расчетам баланса с использованием данных мониторинга качества вод притоков проведена оценка суммарной доли вклада

Таблица 2 – Соотношение составляющих химического баланса (т) и коэффициентов удержания (%) для водохранилищ водораздельного бьефа в среднем за 1988–1992 гг.

Характеристики химического баланса		Водохранилище				
		Икшинское- Пестовское	Пяловское	Учинское	Клязьминское	Водораздель- ный бьеф
Аммоний- ный азот	∑Прихода	699	417	287	539	1058
	∑Расхода	565	318	243	327	569
	K _y	19	24	15	39	46
Нитраты	∑Прихода	824	409	387	463	1002
	∑Расхода	747	329	390	434	824
	K _y	9	20	-1	6	18
Фосфаты	∑Прихода	141	77	51	88	196
	∑Расхода	105	56	47	55	115
	K _y	26	27	8	37	41
ОВ по ПО	∑Прихода	27300	12200	12500	13000	29200
	∑Расхода	24200	11600	11300	12300	23600
	K _y	11	6	9	5	19

всех притоков и доля вклада отдельных притоков в формирование химического состава вод водохранилищ канала им. Москвы. Результаты расчетов в процентах от потока веществ через канал показаны на рис. 9.

Внутригодовые изменения влияния бокового притока на формирование химического состава воды водохранилищ практически одинаковы для всех притоков водораздельного бьефа, поэтому главная причина загрязнения – поступление загрязняющих веществ с поверхности водосбора.

По данным многолетних наблюдений проведена оценка степени трансформации стока органических веществ и изменения качества воды в отдельных участках Волжского водоисточника: Иваньковское водохранилище, канал им. Москвы и водохранилища водораздельного бьефа, Учинское водохранилище. Эти участки характеризуются различными коэффициентами водообмена, поэтому степень их влияния на трансформацию цветности и окисляемости различна (рис. 10).

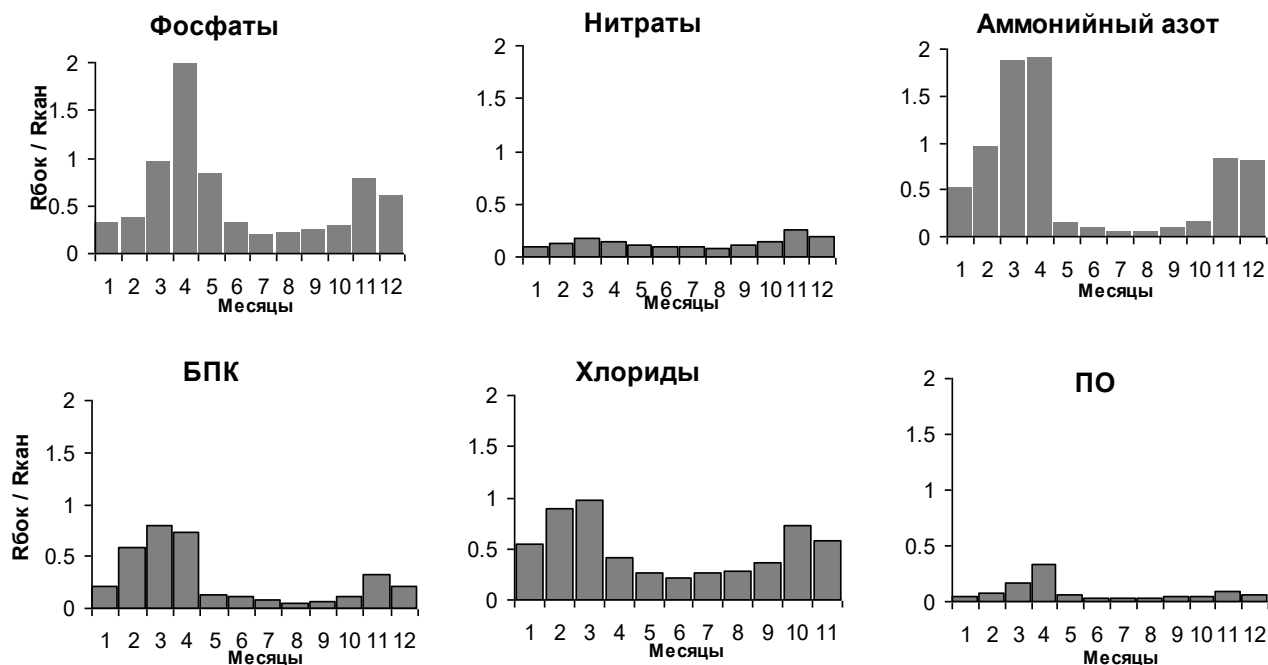


Рисунок 9 – Внутригодовое изменение доли поступления химических веществ с водами боковых притоков в воду канала ($R_{бок} / R_{кан}$) водохранилищ водораздельного бьефа

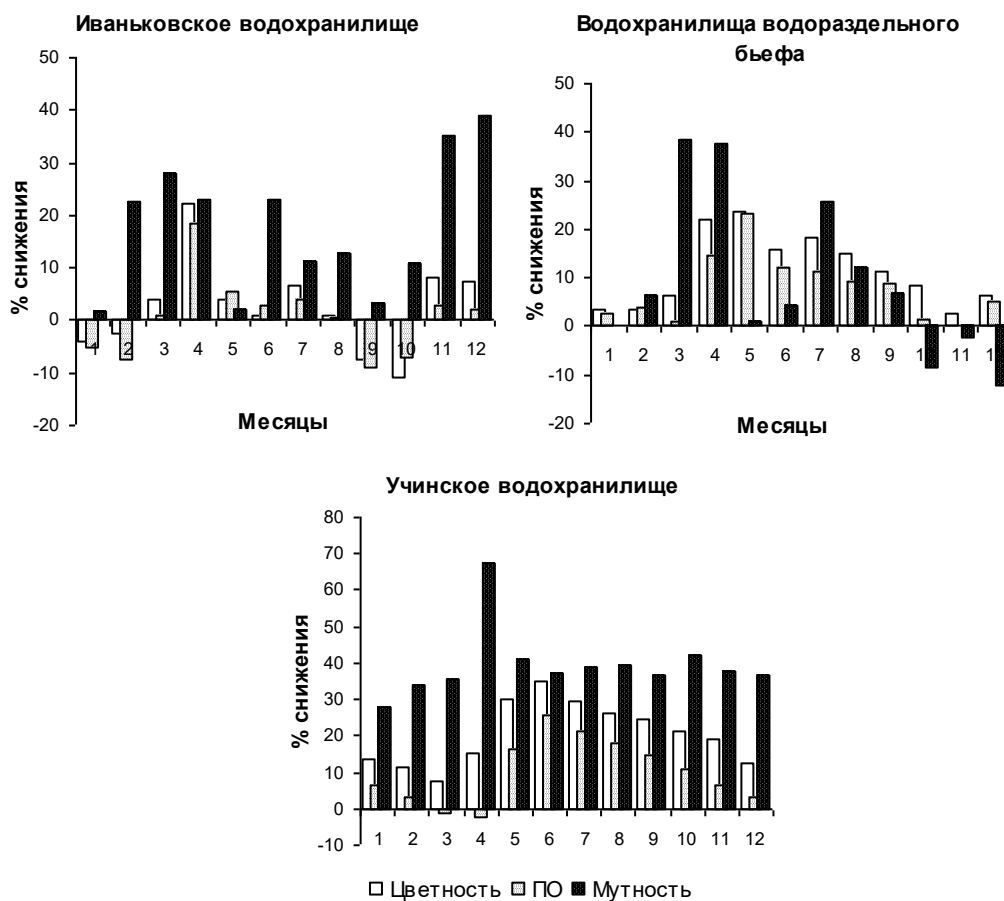


Рисунок 10 – Сезонные изменения снижения цветности, перманганатной окисляемости и мутности в различных участках Волжской системы

Эффективность самоочищения выделенных участков системы водоисточника увеличивается в ряду Иваньковское водохранилище – водохранилища водораздельного бьефа – Учинское водохранилище, при этом снижение абсолютных значений рассмотренных показателей в зарегулированных участках системы сопровождается снижением их изменчивости.

Сдвиг максимума самоочищающей способности Учинского водохранилища на июнь обусловлен временем добегания вод половодья Верхней Волги. В Иваньковском водохранилище эффект снижения цветности минимален: в апреле он достигает 20%, а в зимний период отмечаются даже отрицательные значения эффекта самоочищения, т.е. цветность в водохранилище в среднем даже немного увеличивается. Кроме общего содержания органических веществ, для процесса водоподготовки большое значение имеет их состав, закономерно изменяющийся по сезонам года и в различных участках водоисточника. О составе ОВ можно судить по изменению коэффициента цветности – отношение величины цветности воды к ее перманганатной окисляемости (табл. 3).

Значения коэффициента цветности свидетельствуют о преобладании в Волжском источнике относительно стойких органических соединений гумусовой природы. Этот коэффициент закономерно снижается от верхних участков системы (Иваньковского водохранилища) к водозаборам водопроводных станций, расположенных на Учинском водохранилище.

Таблица 3 – Среднемноголетние значения коэффициента цветности в различных участках Волжской системы

Участок, створ	Среднемноголетнее значение	Коэффициент вариации
Иваньковское водохранилище	4,98	0,26
Канал им. Москвы	4,88	0,24
Водоохранилища водораздельного бьефа	4,68	0,23
Учинское водохранилище	4,13	0,18

Для практики водоподготовки чрезвычайно важное значение имеет прогнозирование величин цветности и ПО у водозаборов станций водоподготовки Волжской водохозяйственной системы источников водоснабжения. Длинные ряды наблюдений за рассматриваемыми показателями позволили разработать схему расчета этих показателей с учетом времени добегания от створов в верховьях водоисточника до водозаборов. Схема основана на методе множественной регрессии отклонений значений показателей от среднегодовых значений при использовании квартальных осреднений методом скользящего среднего с 3-х месячным сдвигом между данными для пунктов-предикторов и выходным пунктом. В качестве предикторов установлены значения показателей в пунктах – р. Волга, р. Тверца, Иваньковское водохранилище (д. Городня).

Уравнения множественной линейной регрессии для цветности и перманганатной окисляемости, соответствующие выбранным нами схемам прогноза, имеют следующий вид:

Водозабор Восточной станции водоподготовки:

Цветность

$$\Delta ЦВ_{ЛГЭС} = 0,216 \cdot \Delta ЦВ_{Гор} + 0,187 \cdot \Delta ЦВ_{Т} + 0,102 \cdot \Delta ЦВ_{В}$$

$$\Delta ПО_{ЛГЭС} = 0,292 \cdot \Delta ПО_{Гор} + 0,182 \cdot \Delta ПО_{В} + 0,055 \cdot \Delta ПО_{Т}$$

Водозабор Северной станции водоподготовки:

$$\Delta ЦВ_{СВС} = 0,222 \cdot \Delta ЦВ_{Гор} + 0,176 \cdot \Delta ЦВ_{Т} + 0,110 \cdot \Delta ЦВ_{В}$$

$$\Delta ПО_{СВС} = 0,317 \cdot \Delta ПО_{Гор} + 0,159 \cdot \Delta ПО_{В} + 0,047 \cdot \Delta ПО_{Т}$$

Проверка формул прогноза на независимых рядах наблюдений показала удовлетворительное качество полученной прогностической формулы (рассчитанные критерии S/σ не превышают значения 0,61).

Глава 6. Эвтрофирование водных объектов систем водоснабжения

В процессах формирования качества воды в системах источников водоснабжения особое значение имеет прогрессирующее эвтрофирование водохранилищ. Прямым следствием роста трофического уровня водоемов

является резкое ухудшение ряда важнейших показателей качества воды, таких как увеличение биомассы фитопланктона, увеличение общего содержания органического вещества в воде за счет автохтонного органического вещества, мутности воды, интенсивности ее запаха и т.д.

Процесс эвтрофирования в водохранилищах по сравнению с озерами имеет свои особенности, обусловленные морфологической и гидрологической спецификой этих водных объектов. В частности использование известных диаграмм Фолленвейдера для оценки процесса эвтрофирования водохранилищ приводит к выводу, что водохранилища выдерживают более высокие, чем озера, нагрузки биогенными веществами без существенного увеличения их трофического уровня.

В исследованиях процесса эвтрофирования важна оценка трофического состояния водоемов, оцениваемое по различным критериям, классификациям и индексам. Эффективным показателем состояния экосистемы в водохранилищах питьевого назначения может служить кислородный индекс (ИК), определяемый как средневзвешенное по слоям водоема значение отклонений концентраций кислорода от равновесных [Даценко, Ветрова, 2002].

На основе обобщения многолетних данных наблюдений за показателями процесса эвтрофирования и материалов их гидролого-гидрохимических съемок, проведенных в летние периоды, проведено ранжирование их трофического состояния. Для этого были использованы 11 классификаций трофности водоемов по биомассе фитопланктона и значения предложенного нами ИК. Самым высоким уровнем трофии характеризуется Озернинское водохранилище. Далее по уменьшению трофности следует Можайское водохранилище и наименее эвтрофировано Рузское водохранилище.

Принципиальное значение при оценке эвтрофирования водохранилища имеет величина удержания фосфора в нем. По многолетним данным наблюдений (1978–1991 гг.) нами получена связь между величиной фосфорной нагрузки в Учинском водохранилище и удержанием в нем фосфора, что дает основание предложить в оценке удержания фосфора в водохранилищах

учитывать не только интенсивность водообмена, но и величину внешней фосфорной нагрузки.

С помощью простых балансовых моделей, учитывающих величину удержания фосфора в водохранилищах, проведена оценка влияния водохранилищ на сток фосфора в речной системе на примере водохранилищ Волжского каскада, которая показала, что каскад волжских водохранилищ более чем в 2 раза снижает сток фосфора и, соответственно, фосфорную нагрузку на Каспийское море.

Внутрисезонную динамику фосфора можно успешно оценивать на основе простых динамических балансовых моделей фосфора. Расчет внутригодовых изменений средних концентраций минерального фосфора с использованием переменного по сезонам значения коэффициента седиментации фосфора представлен в работе на примере Иваньковского водохранилища.

Глава 7. Моделирование качества воды в водохранилищах – источниках водоснабжения г. Москвы

Моделирование характеристик экологического состояния водохранилищ

Для оценки трансформации качества воды в источниках водоснабжения важное значение имеют диагностические исследования короткопериодной внутригодовой изменчивости процессов функционирования экосистемы водоема, наиболее перспективным методом исследования которых является математическое моделирование.

Для оценки процессов эвтрофирования водохранилищ систем водоснабжения г. Москвы в работе использована боксовая гидрологическая модель водохранилища (ГМВ), разработанная на кафедре гидрологии суши МГУ [Пуклаков, 1999]. Эта модель, воспроизводящая с суточным шагом основные процессы внутреннего тепломассообмена, была использована для моделирования пространственно-временных изменений важнейших экологических переменных, определяющих формирование качества воды

в водохранилищах волжской и москворецкой системы – минерального фосфора, растворенного кислорода и биомассы фитопланктона.

При моделировании **режима фосфора** в водохранилищах проведена детальная верификация фосфорного блока гидрологической модели по данным синхронных гидрохимических съемок Можайского водохранилища, проведенных ежемесячно в 1984 г. Результаты верификации показали, что модель удовлетворительно описывает изменения общего и минерального фосфора в водохранилище (рис. 11). Значения критерия Тейла для различных пунктов и съемок колебались от 0,168 до 0,611, составляя в среднем 0,290.

По результатам модельных расчетов концентраций фосфора в водохранилищах Москворецко-Вазузской системы – Можайском, Истринском, Вазузском и Волжской системы – Ивановском проанализированы внутригодовые изменения составляющих фосфорного баланса водохранилищ. Установлено, что роль седиментационных процессов в расходной части баланса фосфора Ивановского водохранилища в 2 раза меньше, чем в водохранилищах москворецкой системы и Вазузском водохранилище.

Расчеты **кислородного режима** проводилось для четырех долинных водохранилищ Москворецкой системы водоснабжения г. Москвы: морфологически простых Можайского и Рузского и морфологически сложных Озернинского и Истринского за пятилетний период (1998–2002 гг.). Эти годы различались по гидрометеорологическим условиям, соответственно по уровню интенсивности продукционно-деструкционных процессов, поэтому на фоне общих закономерностей кислородного режима проявлялись межгодовые особенности изменений растворенного кислорода.

Наиболее общие черты кислородного режима в водохранилище – образование и постепенное в течение лета заглубление термоклина и оксиклина, его относительно горизонтальное положение и короткопериодные колебание градиентов, в целом сохраняются от года к году. Однако колебания уровня водохранилищ в отдельные годы и изменчивость синоптических ситуаций в течение вегетационного оказывают влияние на особенности распределения

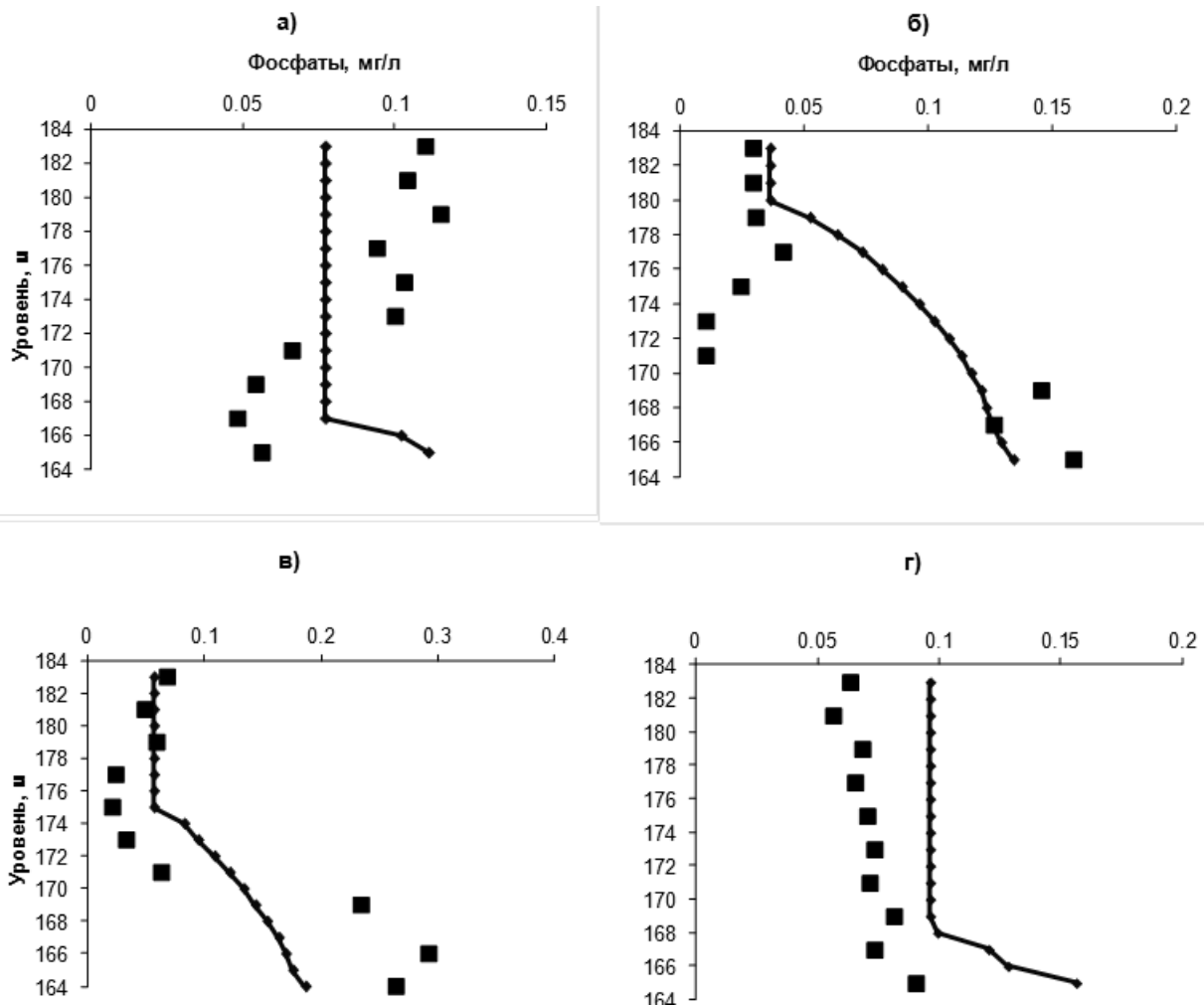


Рисунок 11 – Рассчитанные (линии) и измеренные (точки) в гидрохимических съемках концентрации растворенного минерального и общего фосфора в приплотинном участке Можайского водохранилища 27.04 (а), 24.07 (б) , 21.08 (в) и 1.10 (г) 1984 г.

кислорода в водохранилище. В многоводные годы в водохранилищах многолетнего регулирования при высоком, как правило, уровне воды процессы расслоения водной массы выражены менее отчетливо, градиенты в слое термоклина меньше и вероятность появления зон аноксии в гипolimнионе мала. В маловодные годы при низком уровне и, особенно в условиях жаркой погоды, сопровождающей обычно маловодье, продукционно-деструкционные процессы протекают более напряженно и градиенты пространственных изменений кислорода возрастают.

Наибольшее внимание уделено **моделированию фитопланктона** водохранилищ. Для московских водохранилищ характерно бимодальное развитие фитопланктона с преобладанием диатомовых водорослей весной

(обычно с максимумом в мае) и синезеленых или динофитовых водорослей в летний период (с максимумом в июле-августе). В используемой модели блок развития фитопланктона учитывает основные процессы развития трех групп фитопланктона (диатомовые, зеленые и синезеленые), используемые в классических моделях экосистем и качества воды [Стил, 1981, Йоргенсен, 1985].

Результаты сравнения наблюдаемых лабораториями ОАО Мосводоканал и рассчитанных нами по модели величин биомассы фитопланктона для Можайского водохранилища представлены на рис. 12. Надежная оценка качества расчетов проведена также по данным о биомассе фитопланктона Рыбинского водохранилища, которая показала, что по всем критериям валидации моделей получено удовлетворительное соответствие рассчитанных и измеренных значений биомассы.

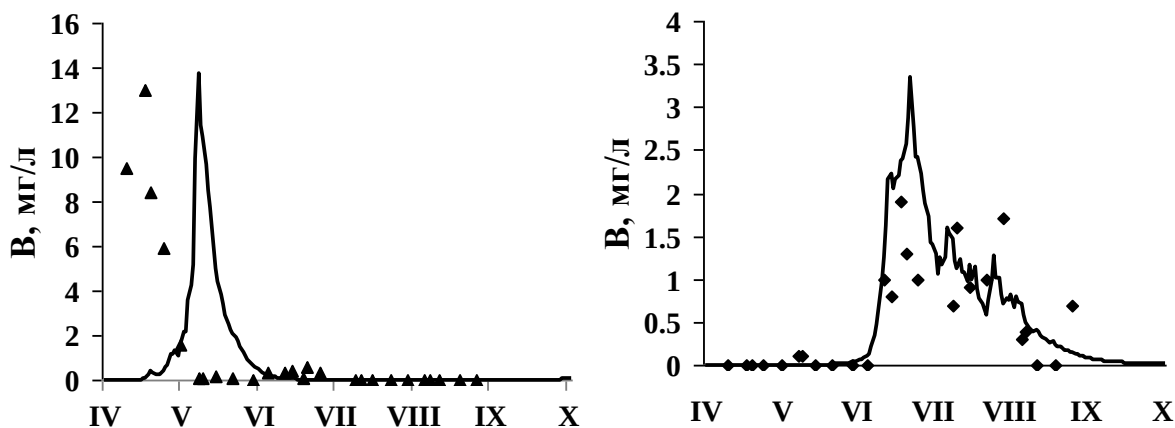


Рисунок 12 – Результаты расчета биомассы диатомовых (слева) и синезеленых (справа) водорослей в приплотинном участке Можайского водохранилища (линия – рассчитанные значения, точки – наблюдаемые значения) в 1997 г.

Модель фитопланктона была использована для анализа режима цветения москворецких водохранилищ. Колебания биомассы водорослей в различные годы оказались весьма значительными. Различалась также длительность цветения обеих групп: диатомовых водорослей – от 2 недель в 1997 и 1998 гг. и до 6 недель в 2000 г., а период цветения синезеленых во все годы наблюдений и расчетов продолжался с конца июня до начала сентября. Распределение биомассы фитопланктона в водохранилище характеризуется высокой

пространственной неравномерностью (для синезеленых водорослей различия в биомассе достигают 5 мг/л), обусловленной сложностью полей биогенных веществ и динамическими явлениями переноса биомассы водорослей. При сохранении общих закономерностей развития фитопланктона, сроки начала цветения и водохранилища и моменты достижения максимума биомасс в разных частях водохранилища существенно различаются. Эти сдвиги для диатомовых водорослей превышают неделю, а для синезеленых – более месяца.

Гидрологическая модель водохранилищ, дополненная блоками расчета экологически значимых веществ, использовалась также для прогноза влияния гидрометеорологических условий на развитие фитопланктона в водохранилищах. Расчетами показано, что снижение уровня водохранилища в летний период приводит к сокращению периода развития фитопланктона на верхнем участке водохранилища и наоборот – увеличению периода цветения в приплотинном районе. Интенсивность развития фитопланктона и общая продуктивность водохранилища при снижении уровня возрастает. Особенно четко это проявляется для верхнего участка водохранилища (рис. 13).

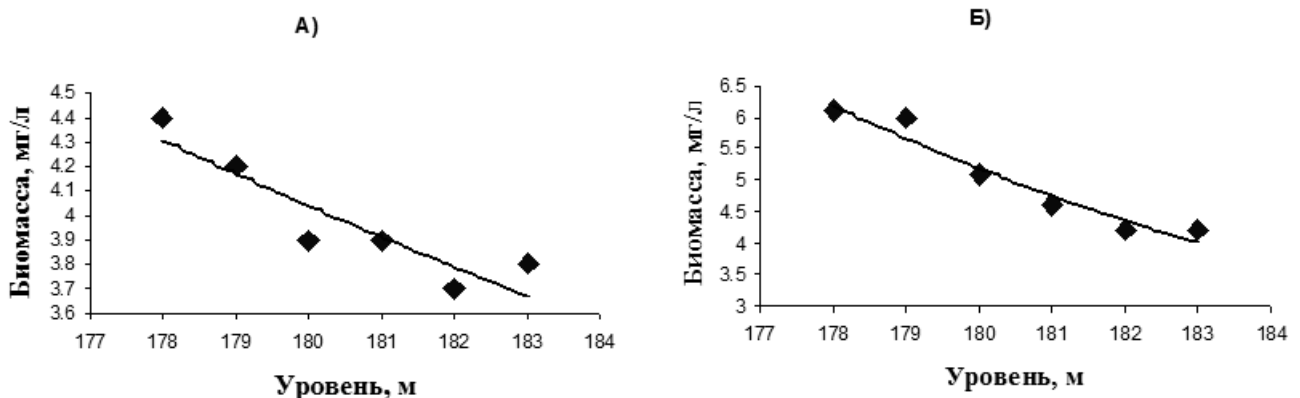


Рисунок 13 – Зависимость биомассы фитопланктона от уровня воды в Можайском водохранилище для поверхностного слоя всего водохранилища (А) и верхнего его участка (Б)

При низком уровне водохранилища на фоне малого притока биогенных веществ с водосбора, даже короткое штормовое перемешивание слоев приводит к быстрому обогащению прогретого эпилимниона биогенными веществами и наблюдается интенсивное развитие фитопланктона, иногда в виде резких

вспышек цветения. В многоводные годы с высоким уровнем водохранилища эти процессы протекают гораздо менее интенсивно и развитие фитопланктона происходит слабее.

Оценка распространения загрязнений в Вазузском водохранилище.

Адекватное описание процессов тепло-массообмена в водохранилищах представляет возможность моделировать процессы распространения загрязняющих веществ (ЗВ) при их поступлении в водохранилище в результате залповых сбросов. Такая задача решалась на примере сложного долинного многолопастного Вазузского водохранилища, водозабор из которого расположен в центральной части Гжатского плеса, в верхней части водохранилища. Расчеты проводились по сценариям, включавшим изменение пунктов поступления ЗВ в водохранилище (крупные городские центры на берегах водоема), времени начала поступления ЗВ в водоем, расходов сброса загрязненных вод в водохранилище. Моделированием воспроизводилась динамика загрязнений в продольном разрезе водохранилища, пример которой для сценария залпового поступления ЗВ в р. Вазуза в половодье показан на рис. 14.

Особое значение для прогноза последствий аварийных сбросов в бассейне Вазузского водохранилища для качества воды системы водоснабжения имеет возможность достижения ЗВ в стоке рек Осуга и Вазуза водозаборного плеса Гжатской лопасти, расположенного в 50 км от плотины Зубцовского гидроузла.

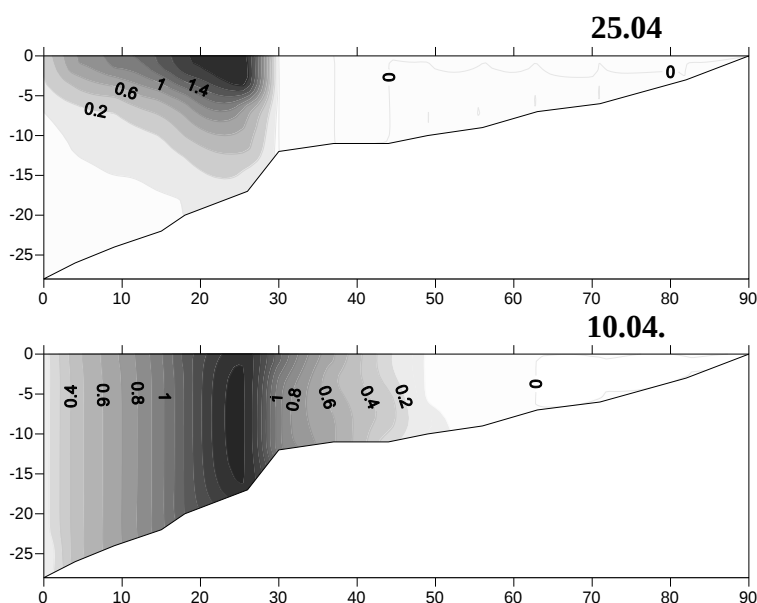


Рисунок 14 — Изменение концентраций ЗВ в Вазузском водохранилище при их поступлении со стоком р. Вазуза 01.04.1984 г.

Расчетами получены зависимости времени добегания ЗВ от расходов на перекачку для рек Вазузы и Гжати, которые показывают уменьшение времени добегания при увеличении расходов перекачки. Увеличение расходов перекачки воды в 7 раз снижает время добегания ЗВ, поступающих Вазузы и Гжати в 2 и 2,5 раза соответственно. Следовательно, изменениями режимов перекачки можно увеличивать или сокращать время добегания ЗВ до водозаборного плеса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Основные теоретические, методические и практические результаты диссертации, обладающие научной новизной, сводятся к следующему:

1. Гидроэкологический режим водохранилищ–источников водоснабжения крупных городов способствует формированию благоприятного качества воды при наличии в замыкающем звене структуры системы водоснабжения водохранилища, обеспечивающего направленную трансформацию химического стока и качества воды за счет регулирования процессов водообмена и самоочищения.

2. Установлено, что во всех водохранилищах, используемых для водоснабжения г. Москвы, благодаря интенсивным внутриводоемным процессам самоочищения в водных экосистемах, происходит стабилизации качества исходной для станций водоподготовки воды по большинству показателей, выражающаяся в снижении концентраций химических веществ и уменьшении их внутригодовой изменчивости в течение года. Воздействие комплекса гидрологических условий, влияющих на величину притока воды к водохозяйственной системе, химический состав поступающих вод, определяет основные закономерности межгодовой и сезонной трансформации качества воды в водоемах. Баланс в водохранилищах и коэффициенты удержания веществ в водохранилищах зависят от интенсивности их водообмена.

3. Разработана классификация трофического состояния водоемов по кислородному индексу и впервые проведено ранжирование состояния

водохранилищ Москворецкой системы водоснабжения по различным критериям эвтрофирования. Трофическое состояние водохранилищ Москворецко-Вазузской системы сменяется от мезотрофного к эвтрофному от Яузского и Вазузского, затем Рузское и Можайское, к Озернинскому и Истринскому. Прогрессирующее эвтрофирование москворецких водохранилищ и повышение их продуктивности способствует накоплению автохтонного органического вещества и образованию обширных анаэробных зон в глубинных слоях водоемов.

4. Анализом балансов химических веществ в водохранилищах Волжской системы водоснабжения столицы выявлено, что в половодье – (март–апрель), вклад потока биогенных веществ с бокового водосбора канала, загрязняющих воду, в среднем вдвое превышает поток этих веществ из Иваньковского водохранилища. Вследствие уменьшения водообмена в настоящее время эффективность самоочищающей способности водохранилищ увеличивается.

5. На основе обобщения многолетних наблюдений за содержанием органического вещества в воде рек и водохранилищ Волжской системы водоснабжения разработана методика прогноза цветности и окисляемости воды у водозаборов станций водоподготовки с 3-х месячной заблаговременностью. Предложены методы направленного регулирования цветности и окисляемости вод Волжского источника водоснабжения специальными попусками воды из Вазузского водохранилища в речной участок Верхней Волги.

6. Показано, что главным фактором самоочищающей способности водохранилищ от органических веществ служит сочетание интенсивности их водообмена со структурой баланса органических веществ в водохранилище. Усовершенствована методика оценки самоочищения водных масс водохранилищ путем включением в расчет коэффициента удержания фосфора двух факторов – фосфорной нагрузки экосистемы водохранилища и интенсивности его водообмена. Методика использована для оценки самоочищения водных масс водохранилищ Волжского каскада и для расчета фосфорной нагрузки Северного Каспия.

7. Верифицирован экологический блок гидрологической модели водохранилища, расчетами по нему впервые воспроизведены закономерности ежесуточные изменения пространственного распределения состава воды в водохранилищах. Модельными расчетами оценено влияние на качество воды комплекса внутриводоемных процессов: особенностей пространственно-временного распределения растворенного кислорода и минерального фосфора в водохранилищах в годы различной водности; снижение фосфорной нагрузки в нижнем бьефе водохранилищ при разных вариантах сработки воды из водоема; возникновения причин «вспышек» в развитии фитопланктона.

8. Расчетами по сценариям установлено, что по сравнению с обычным (среднеклиматическим) годом аномально жаркая погода в вегетационный период приводит к увеличению первичной продуктивности московских водохранилищ, и средняя биомасса фитопланктона в поверхностном слое приплотинного участка водохранилищ может возрасти на 30%. Выявлено влияние уровня водохранилища в вегетационный период на величину биомассы фитопланктона - чем ниже уровень водохранилища во время цветения, тем выше биомасса. В водохранилищах Волжской системы водоснабжения жаркая погода приводит к большему увеличению продуктивности водохранилищ, чем в московских водохранилищах.

9. Показано, что моделирование внутреннего водообмена многолопастных водохранилищ позволяет решать практические задачи расчета распространения загрязнений при аварийных ситуациях на притоках водохранилища. Установлено, что залповое поступление загрязняющих веществ в главную лопасть Вазузского водохранилища может приводить к кризисным ситуациям в работе водозабора в канал переброски резервных водных ресурсов в Московскую систему, которые возможны вследствие возникновения противотечения в Гжатском плесе водохранилища. Время добегания загрязняющих веществ от места их поступления в Вазузский, Осугский и Гжатский плесы зависит от расхода сброса, фазы гидрологического режима водохранилища и работы гидротехнических сооружений водохранилища.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Багоцкий С.В., Вавилин В.А., Овчинникова Л.С., **Даценко Ю.С.** Модель развития фитопланктона в Учинском водохранилище // Водные ресурсы. 1983. №2. С. 87–92.
2. **Даценко Ю.С.** Гидрохимический режим Учинского водохранилища // Водные ресурсы. 1984. №2. С. 136–142.
3. **Даценко Ю.С.**, Виленский В.Д. Микроэлементы в донных отложениях Учинского водохранилища: оценка изменений в бассейне Волжского источника водоснабжения // Водные ресурсы. 1985. №4, С. 128–136.
4. **Даценко Ю.С.** Обесцвечивание вод в водохранилищах питьевого назначения. // Инф. бюлл. Биология внутренних вод. 1987. №75. С. 54–58.
5. **Даценко Ю.С.**, Сысоев В.Е. Характеристика сапробности Учинского водохранилища // Инф. бюлл. Биология внутренних вод. 1988. №80. С. 26–29.
6. Гордин И.В., **Даценко Ю.С.**, Кочарян А.Г., Малютин А.Н. Экспериментально-аналитический метод прогнозирования трансформации неконсервативных веществ в водохранилищах.// Водные ресурсы. 1989. №2. С. 71–77.
7. **Даценко Ю.С.**, Аппель М.В., Денисов Н.Б. Анализ и количественное описание некоторых закономерностей формирования цветности вод Волжского источника водоснабжения г. Москвы // Водные ресурсы. 1991. №3. С. 83–90.
8. **Даценко Ю.С.**, Иваненко С.А. Моделирование водообмена Учинского водохранилища для оценки его влияния на цветность воды // Водные ресурсы. 1992. №1. С. 76–84.
9. **Даценко Ю.С.** Особенности использования балансовых моделей при оценке эвтрофирования водохранилищ // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1992. №2. С. 33–37.
10. **Даценко Ю.С.** Режим и баланс фосфора в Учинском водохранилище // Гидробиологический журнал. 1993. №2. С. 76–84.

11. **Даценко Ю.С.**, Булдовская О.Р., Моделирование фитопланктона Учинского водохранилища // Водные ресурсы. 1995. №1. С. 536–542.
12. Леонов А.В., Фаст С.Г., **Даценко Ю.С.** Динамика соединений фосфора и его внутренние потоки в экосистеме Можайского водохранилища // Водные ресурсы. 1996. №1. С. 44–59.
13. Скорняков В.А., **Даценко Ю.С.**, Масленникова Т.А. Картографирование условий самоочищения природных вод // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1997. №5. С. 62–68.
14. **Даценко Ю.С.** Оценка количественной трансформации стока фосфора в долинных водохранилищах // Водные ресурсы. 1997. №6. С. 729–733.
15. **Даценко Ю.С.** Балансовая оценка выноса фосфора из донных отложений Можайского водохранилища // Водные ресурсы. 1998. №4. С. 507–509.
16. Эдельштейн К.К., **Даценко Ю.С.** Водоемы суши и их роль в трансформации стока фосфора // Водные ресурсы. Т. 25. №5. 1998. С. 581–588.
17. **Даценко Ю.С.** О статье В.В. Бульона «Имеет ли место естественное эвтрофирование озер» // Водные ресурсы. 1998. №6. С. 765–766.
18. Самолубов Б.И., Блохина Н.С., **Даценко Ю.С.**, Ершова М.Г., Шакирова Е.И. Эдельштейн К.К. Исследование гидрологических и гидрохимических полей Можайского водохранилища // Метеорология и гидрология. 1998. №3. С. 82–91.
19. Савенко В.С., **Даценко Ю.С.**, Эдельштейн К.К. Глобальные потоки фосфора в атмосфере и гидросфере // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1999. №2. С. 25–29.
20. **Даценко Ю.С.**, Иваненко С.А., Корявов П.П., Эдельштейн К.К. Математическая модель динамики вод и распространения загрязняющих веществ в Ивановском водохранилище // Водные ресурсы. Т. 27(3). 2000. С. 292–305.
21. **Даценко Ю.С.** Вертикальное распределение концентрации фосфора в Можайском водохранилище летом // Водные ресурсы. 2002. №3. С. 358–364.
22. **Даценко Ю.С.** Влияние водообмена на развитие фитопланктона в водоемах // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2002. №2. С. 29–33.

23. **Даценко Ю.С.** Оценка влияния каскада волжских водохранилищ на среднесуточный вынос фосфора в Каспий // Водные ресурсы. 2002. №6. С. 636–638.
24. **Даценко Ю.С.,** Эдельштейн К.К., Пуклаков В.В., Черкасов А.А. Программный комплекс для расчета гидрологического режима и качества воды в водохранилищах // Водное хозяйство России. 2003. №4. С. 339–347.
25. **Даценко Ю.С.** Моделирование пространственно-временных изменений содержания фосфора в стратифицированных водохранилищах // Метеорология и гидрология. 2004. №2. С. 88–95.
26. **Даценко Ю.С.,** Эдельштейн К.К., Гончаров А.В., Пуклаков В.В., Чернега С.С. Изменчивость гидроэкологических характеристик водных масс в центральном плесе Можайского водохранилища // Водные ресурсы. 2005. №3. С. 352–360.
27. **Даценко Ю.С.,** Эдельштейн К.К., Пуклаков В.В. Экспериментальная оценка погрешности модельного расчета стратификации водной толщи в водохранилище // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2005. №6. С. 21–24.
28. **Даценко Ю.С.,** Ветрова Е.И. Оценка трофического состояния озер умеренной зоны по характеристикам их кислородного режима // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2006. №1. С. 36–39.
29. **Даценко Ю.С.** Оценка трофического состояния водохранилищ Вазузско-Москворецкой системы // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. Приложение 1. Часть 1. Т. 114. №3. С. 245–249.
30. **Даценко Ю.С.** Трансформация стока и состава органического вещества в Волжской системе водоснабжения г. Москвы // Водное хозяйство России. 2009. №2. С. 27–34.
31. **Даценко Ю.С.,** Пуклаков В.В. Моделирование развития фитопланктона в Можайском водохранилище // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. №3. С. 41–47.
32. **Даценко Ю.С.,** Эдельштейн К.К. Основные факторы формирования и режима качества воды в источниках муниципального водоснабжения // Вода: химия и экология. 2010. №8. С. 25–31.

33. **Даценко Ю.С.**, Заславская М.Б. Балансовая оценка роли боковой приточности в формировании качества воды водохранилищ водораздельного бьефа канала им. Москвы // Водные ресурсы. 2012. №1. С. 98–104.
34. Христофоров А.В., Гармаев Е.Ж., **Даценко Ю.С.**, Бальжиров С., Даваа Г. Научные основы совместного использования и охраны водных ресурсов трансграничной р. Селенга // Водное хозяйство России. 2007. №5. С. 79–93.
35. **Даценко Ю.С.**, Пуклаков В.В., Ерина О.Н. Модельная оценка влияния внутриводоемных процессов на экологическое состояние стратифицированных водохранилищ // Вода: Химия и экология. 2014. №9. С. 9–14.
36. **Даценко Ю.С.**, Пуклаков В.В., Ерина О.Н. Моделирование развития фитопланктона в Рыбинском водохранилище // Водное хозяйство России. 2015. №1. С. 32–40.

Статьи и тезисы в зарубежных изданиях:

37. **Datsenko Y.S.**, Araujo J.C., Souza Filho F.A. Avaliação preliminar da eutrofização de açudes da bacia do Curu, Ceará // Anais do 4 Simposio de recursos hidricos do Nordeste. De 9 a 12 de 1998. Campina Grande. Brasil. Pp. 36–40 (порт.)
38. **Datsenko Y.S.** Modelagem do ciclo de nutrientes e fitoplancton nos reservatorios estratificados // Anais do 1 Seminario da qualidade de aguas continentais no MERCOSUL. 7-9 de dezembro. 1994. Porto-Alegre. Pp. 56–61 (порт.)
39. **Datsenko Y.S.** Uma abordagem para simular as variacoes da salinidade da agua nos reservatorios das regioes semi-aridas. // Anais do 1 Seminario da qualidade de aguas continentais no MERCOSUL. 7-9 de dezembro. 1994. Porto-Alegre. Pp. 88–93 (порт.)
40. **Datsenko Y.S.** The estimation of the phosphorus cycle in valley reservoirs // Abstracts of 3-th Conference of Reservoir limnology and water quality. 1997. August. Cheske-Budejovice. Pp. 27–28.
41. **Datsenko Y.S.** The avaluation of the short-term phosphorus variations in stratified reservoirs // Abstracts of International Conference «Man and River Systems». 1998. March. Paris. Pp. 98–99.

Монографии и разделы в коллективных монографиях:

42. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 351 с.
43. Даценко Ю.С. Качество воды канала им. Москвы // В кн. Канал им. Москвы – 50 лет эксплуатации. М.: Стройиздат, 1987. 240 с.
44. Даценко Ю.С., Эдельштейн К.К., Гончаров А.В., Гречушникова М.Г., Ершова М.Г., Заславская М.Б., Пуклаков В.В., Пуклакова Н.Г., Сахарова М.И. Внутриводоемные процессы трансформации речного стока в водохранилищах // В кн. Динамика и взаимодействие атмосферы и гидросферы. М.: Изд. Дом Городец, 2004. С. 311–344.

Учебные пособия:

45. Эдельштейн К.К., Даценко Ю.С. Лимнологическое моделирование. М.: Изд-во МГУ, 1998. 88 с.
46. Даценко Ю.С., Эдельштейн К.К. Основы управления водными экосистемами. М.: Изд-во МГУ, 2001. 102 с.
47. Эдельштейн К.К., Даценко Ю.С., Ершова М.Г., Заславская М.Б., Гречушникова М.Г. Практикум по лимнологии. М.: Изд-во МГУ, 2005. 104 с.

Основные статьи в сборниках:

48. Даценко Ю.С. Роль Учинского водохранилища в улучшении качества волжской воды // Совершенствование системы водоснабжения г. Москвы. М., 1984. С. 35–39.
49. Даценко Ю.С. Оценка уровня загрязненности притоков водохранилищ водораздельного бьефа канала им. Москвы по обобщенным индексам качества воды // Экологические исследования в г. Москве и Московской области. Состояние водных систем. М., 1992. С. 63–67.
50. Даценко Ю.С. Антропогенное эвтрофирование водоемов-источников водоснабжения // Геоэкологические исследования и охрана недр. Информационный сборник. Вып. 1. М., 1997. С. 19–30.

51. Пуклаков В.В., **Даценко Ю.С.** Моделирование зимнего режима растворенного кислорода в Можайском водохранилище // География и регион. Материалы научно-практ. конф. Т. IV. Пермь, 2002. С. 87–90.
52. **Даценко Ю.С.**, Гончаров А.В. Зависимость степени развития фитопланктона от уровня воды в московских водохранилищах // Актуальные проблемы водохранилищ. Тез. конф. Борок, 2002. С. 63–64.
53. **Даценко Ю.С.** Пуклаков В.В., Черкасов А.А., Эдельштейн К.К. Средства сценарного и оперативного анализа внутриводоемных процессов // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. Вып. 2. Москва, 2004. С. 468–476.
54. **Даценко Ю.С.**, Эдельштейн К.К. Регулирование стока и обеспечение населения питьевой водой // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. Вып. 2. Москва, 2004. С. 253–269.
55. **Даценко Ю.С.** Использование данных о кислородном режиме водоемов для оценки их трофического состояния // VI Всероссийский гидрологический съезд. Секция 4. Экологическое состояние водных объектов. Качество вод и научные основы их охраны. 2006. С. 27–28.
56. **Даценко Ю.С.** Трансформация стока органических веществ в озерах и водохранилищах // Достижения и перспективы гидрохимической науки на рубеже веков. ГХИ. Ростов-на-Дону, 2007. С. 152–156.
57. **Даценко Ю.С.**, Гончаров А.В., Эдельштейн К.К., Пуклаков В.В., Соколов Д.И., Чернега С.С. Гидроэкологические основы управления формированием качества воды в водохранилищах-источниках водоснабжения г. Москвы в экстремальные по водности годы // Вода: экология и технология. ЭКВАТЭК-2008. Тр. Междунар. Конгр. Москва, 2008. С. 67–68.
58. **Даценко Ю.С.** Роль боковой приточности в формировании качества воды водохранилищ водораздельного бьефа канала им.Москвы // Современные фундаментальные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод России. Материалы науч.-практ. конф. Ч. 1. Ростов-на-Дону, 2009. С. 23–26.

59. **Даценко Ю.С.** Статистическое прогнозирование цветности и перманганатной окисляемости в систем водохранилищ Волжского источника водоснабжения г. Москвы // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. науч.-практ. конф. Т. 1. Пермь, 2009. С. 200–204.
60. Пуклаков В.В., **Даценко Ю.С.** Модельная оценка роли бокового притока в формировании запаса фосфора в воде водохранилищ-источников водоснабжения г. Москвы // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. науч.-практ. конф. Т. 1. Пермь, 2009. С. 204–208.
61. **Даценко Ю.С.** Роль боковой приточности в формировании качества воды водохранилищ водораздельного бьефа канала им. Москвы // Современные проблемы гидрохимии и формирования качества вод. Ростов-на-Дону, 2010. С. 78–79.
62. **Даценко Ю.С.** Первые результаты диагностических расчетов экологически значимых веществ в слабозвтрофном стратифицированном водохранилище // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. науч.-практ. конф. Т. 2. Пермь, 2011. С. 46–51.
63. Ерина О.Н., **Даценко Ю.С.**, Пуклаков В.В. Опыт имитационного моделирования кислородного режима стратифицированного водохранилища // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. науч.-практ. конф. Т. 2. Пермь, 2011. С. 51–56.
64. **Даценко Ю.С.** Цветность и окисляемость вод волжского источника водоснабжения г.Москвы: оценка трансформации, прогноз и возможность регулирования // Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах и морских водах. Тр. V Всерос. симп. с междунар. уч. Петрозаводск, 2012. С. 156–160.
65. **Даценко Ю.С.** Ерина О.Н., Пуклаков В.В., Соколов Д.И. Оценка возможности моделирования режима экологически значимых характеристик качества воды водохранилищ московского региона // Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление. Сб. тр. открытой конф. НОЦ Москва, 2012. С. 107–119.

66. Эдельштейн К.К., **Даценко Ю.С.**, Пуклаков В.В., Пуклакова Н.Г. Научно-методические основы проектирования экологической реконструкции водохранилищ // Вода и экология. Проблемы и решения. №2. 2013. С. 46–55.
67. **Даценко Ю.С.** Ерина О.Н., Пуклаков В.В., Соколов Д.И. Адаптация модели ГМВ-МГУ для расчета показателей качества воды в Учинском водохранилище // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. науч.-практ. конф. Т. 2. Пермь, 2013. С. 53–58.
68. **Даценко Ю.С.** Факторы продуцирования фитопланктона в стратифицированных водохранилищах // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. науч.-практ. конф. Т. 2. Пермь, 2013. С. 96–101.
69. **Даценко Ю.С.** Статистическая характеристика многолетних изменений качества воды волжского источника водоснабжения г. Москвы // Питиевая вода в XXI в. Материалы науч.-практ. конф. с междунар. уч. Иркутск, 2013. С. 22–25.
70. Гречушникова М.Г., Эдельштейн К.К., **Даценко Ю.С.**, Пуклаков В.В., Ерина О.Н., Соколов Д.И. Современная методика расчета формирования качества воды в водохранилищах–источниках централизованного водоснабжения // ВОДА MAGAZINE, 2013. № 6(70). С. 48–54.
71. **Даценко Ю.С.**, Пуклаков В.В. Влияние гидрологических условий весеннего наполнения на распределение минерального фосфора и аммонийного азота в водохранилищах // Современные проблемы гидрохимии и качества вод Ч. 2. Материалы науч. конф. с междунар. уч. Ростов-на-Дону, 2015. С. 352–357.
72. Пуклаков В.В., **Даценко Ю.С.** Модельная оценка реакции экосистемы водохранилища на изменение внешней фосфорной нагрузки // Современные проблемы гидрохимии и качества вод Ч. 2. Материалы науч. конф. с междунар. уч. Ростов-на-Дону, 2015. С. 372–377.

