

## ГИДРОЛОГИЯ

УДК 551.579:556.114

С.А.Двинских, А.Б.Китаев ©

## ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА КАК ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА

Рассматриваются особенности функционирования водохранилищ как природно-техногенных объектов. Дается оценка влияния техногенных факторов на экосистемы водохранилищ. Выявляются особенности формирования химического состава и гидрохимического режима Воткинского водохранилища применительно к его морфологическим районам, оценивается роль техногенных факторов в его формировании.

Ключевые слова: водохранилище; функционирование; морфология; химический состав; загрязнение; техногенный фактор.

Водохранилища – искусственные водные объекты, созданные для удовлетворения запросов различных отраслей хозяйства. Однако их нельзя назвать чисто искусственными, так как они созданы на базе естественных водных объектов, но их функционирование осуществляется путем искусственного регулирования расходов воды через плотину и во многом определяется потребностями водопользователей и водопотребителей. В связи с этим водохранилища можно отнести к природно-техногенным геосистемам, развитие которых происходит под действием нескольких видов факторов: внутренних (представлены естественными условиями и последствиями техногенного регулирования) и внешних (различными видами техногенных нагрузок). При функционировании водохранилищ возникает несколько видов связей: прямые (обусловлены действием названных выше факторов) и обратные. Прямые определяют современный гидрологический режим водоема, а обратные характеризуют действие самого водохранилища на существовавшую ранее (в речных условиях) экосистему и прилегающую территорию [1].

В гидрологии есть понятие «фон», обычно оно относится к химическому составу воды, но, по нашему мнению, с его помощью можно охарактеризовать и состояние водного объекта, не испытывающего влияния техногенных факторов. В этом случае «фоновое» состояние зарегулированной речной системы отличается от фонового состояния речной системы в естественных условиях, поскольку даже при исключении обычных видов водопользования неизбежно воздействие водохранилища на окружающую среду, связанное с затоплением территории и регулированием гидрологического режима [2].

Сложность вопроса оценки влияния техногенных факторов на экосистемы водохранилищ обусловлена многочисленностью самих этих факторов, а также многообразием экосистем, функционирование которых зависит от внутренних и внешних факторов и связей между ними.

Экосистема водохранилища не является природной, т. е. внутри нее уже нарушено равновесие экологического взаимодействия четырех компонентов, определяемых атмосферой, гидросферой, литосферой и биосферой. Она формируется и удерживается в искусственном равновесии (по сравнению с рекой) в результате регулирования гидрологического режима. Дополнительное воздействие техногенных факторов (прокладка продуктопроводов, строительство, распашка прибрежных территорий и пр.) приводит к «вторичному» смещению равновесия в природно-техногенной геосистеме «водохранилище». При этом, как правило, если первичное смещение (создание водохранилища) направлено целиком на все элементы геосистемы,

©©Двинских С.А., Китаев А.Б., 2014

**Двинских Светлана Александровна**, доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета, Россия, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15; hydrology@psu.ru

**Китаев Александр Борисович**, кандидат географических наук, профессор кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета, Россия, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15; hydrology@psu.ru

*Физическая география и геоморфология*

то вторичное происходит в результате интенсивного воздействия на один из компонентов экосистемы (например, загрязнение вод) и последующего взаимодействия его с другими компонентами (биотическими).

Водохранилищами обычно пользуется большое количество разнообразных водопользователей и водопотребителей, поэтому для этих объектов характерен комплексный характер техногенных воздействий, требующий привлечения множества критериев для оценки таких воздействий. Эти критерии должны характеризовать подтопление, переформирование берегов, изменение режима подземных и качества речных вод, эвтрофирование, изменение объема, режима формирования и состава донных отложений, изменение видового состава биоценозов и т.д.

Основными преобразованиями, возникающими в водохранилище в результате действия техногенных факторов, являются: изменение гидродинамического режима водного объекта (изменение амплитуды колебаний уровня, скорости и направления течений, параметров ветрового волнения и др.) вследствие смены режима эксплуатации водохранилища и работы ГЭС; изменение общего и локального гидрохимического режима в результате сбросов сточных вод; переформирование ложа и берегов непосредственно (в результате строительства инженерных и берегоукрепительных сооружений) и косвенно (из-за смены гидродинамических условий). Кроме того, указанные изменения влияют на видовой состав и популяционную численность биоценозов.

Одним из основных воздействий, отрицательно влияющим на экосистему водохранилищ, является изменение химического состава воды, который в пределах водоема не отличается постоянством. Это объясняется тем, что как внешние, так и внутренние факторы имеют пространственно-временную неоднородность, что приводит к различиям гидрологического и гидрохимического режима, как по ширине, так и по длине водохранилища. Учесть постоянно меняющиеся характеристики при оценке влияния техногенных нагрузок на состояние водных масс водохранилищ, не вводя каких-либо ограничений, невозможно. В связи с этим начало исследований связано с выбором таксономической единицы, с одной стороны, обладающей какой-либо постоянной характеристикой, а с другой – отражающей особенности происходящих процессов.

Изучение камских водохранилищ показало, что всестороннее знание формирования их химического состава возможно только на основе комплексных исследований. При этом нужно учитывать, что гидрологические условия водоема и условия формирования его экосистем зависят от интенсивности, направления развития и продолжительности тех или иных процессов в водохранилищах, которые при прочих равных условиях будут неодинаковы на участках, разных в морфологическом отношении. Различия будут наблюдаться и в том случае, если участки отличаются друг от друга по морфометрическим показателям. Морфометрические особенности – промежуточное звено, через которое «преломляется» степень влияния основных групп факторов на происходящие в водоеме изменения. Эти изменения, обусловленные воздействием гидрологических, геодинамических и других процессов в совокупности с хозяйственной деятельностью человека, оказывают воздействие на процессы внутри водоема, отражая сложную связь между искусственным водоемом и окружающей средой. Для того чтобы оценка состояния водоема проводилась корректно и давала объективные результаты, необходимо при анализе принимать во внимание факторы, имеющие в весовом отношении наибольшую долю влияния [2]. При этом выбранные факторы должны быть «генерализованы» таким образом, чтобы максимально точно в рамках выбранных границ отражали и закономерности, и индивидуальность рассматриваемых процессов и состояния водохранилища.

В связи с этим начало исследований связано с выбором таксономической единицы, обладающей какой-либо постоянной во времени характеристикой. По нашему мнению, за такую таксономическую единицу может быть взят морфологический район. В пределах такого района морфометрические характеристики (длина, ширина, изрезанность береговой линии и т.д.) подвержены незначительным изменениям. Кроме того, необходимо отметить, что до начала исследования водоем уже имел определенные гидрографические и гидродинамические характеристики (фоновые), и все процессы проходят при их наличии. Так, гидрохимический фон воды водохранилища складывается из химического состава исходной (речной) воды, определяемого природными факторами, а также химического состава вод, поступающих с водосбора и со сточными водами различного происхождения.

Следующим этапом исследований является изучение видов техногенной нагрузки и ее влияния на состояние водного объекта в связи с особенностями гидрологического режима: возможностями разбавления и снижения последствий нагрузки за счет различных процессов самоочищения. По результатам исследований можно сделать вывод о степени воздействия нагрузки на экосистему

водоема и принять решение о возможности поддержания установленного уровня техногенных воздействий или о его снижении.

Контроль состояния водного объекта осуществляется фактическими измерениями в заранее выбранных створах. Створы выбираются для контроля фоновых концентраций и степени загрязнения от крупных промышленных узлов, населенных пунктов и других неблагоприятных территорий в соответствии с существующими рекомендациями.

В графическом варианте схема исследования представлена на рис. 1. В основании схемы лежат морфологический район как таксономическая единица и фон как отправная точка исследования. Виды техногенной нагрузки и составляющие гидрологического режима уравнивают друг друга и находятся во взаимосвязи, оказывая влияние на экосистему и участвуя в ее формировании. Получившийся в результате этого взаимодействия состав воды отражается в результатах контрольных измерений химического состава воды, позволяя оценить правильность принятых решений в сфере охраны водных ресурсов.

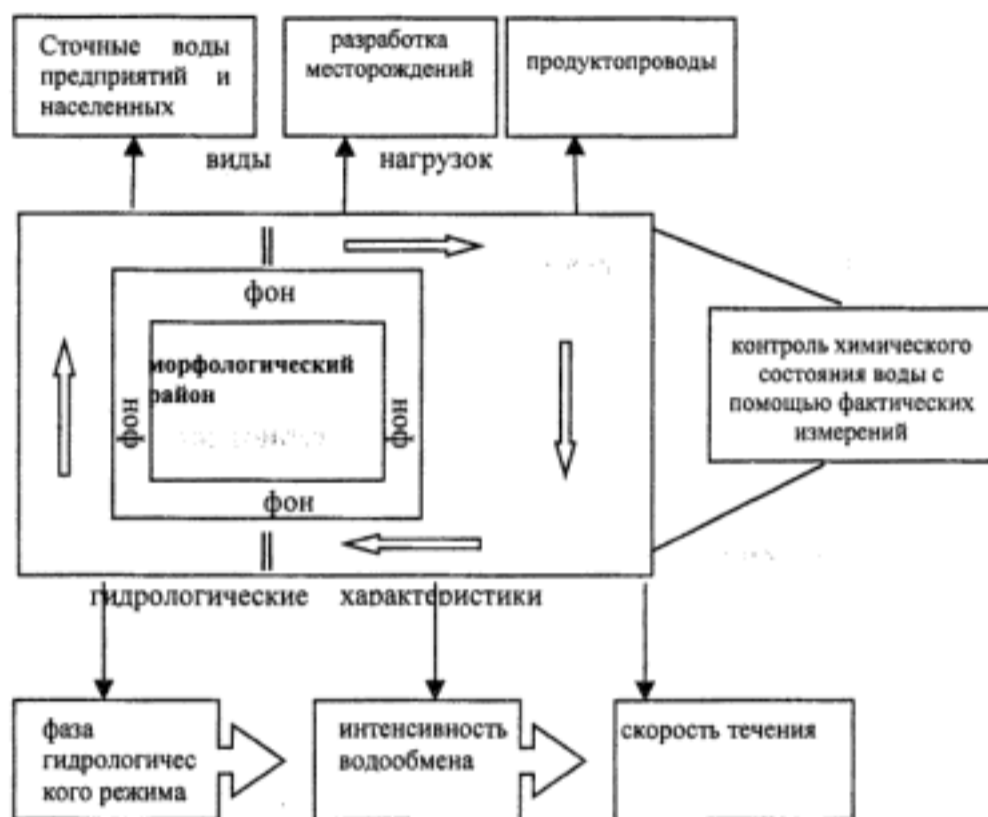


Рис 1. Схема техногенного воздействия на морфологический район водохранилища [1].

В применении к Воткинскому водохранилищу данная схема будет выглядеть следующим образом. Первый морфологический район (рис.2) страдает от техногенной нагрузки в большей степени, чем другие. Это связано как с его административным положением, ибо здесь вдоль берегов расположены такие крупные населенные пункты и промышленные центры, как Пермь и Краснокамск, так и с положением в каскаде. Первый район является нижним бьефом Камского водохранилища, в водах которого содержится большое количество загрязняющих веществ. Фоновым для первого района и Воткинского водохранилища в целом выбран створ в 1 км от плотины Камской ГЭС. Этот створ находится в 500 м ниже одного из выпусков ООО «Новогор-Прикамье», которое и занимается отбором и анализом проб. Кроме того, необходимо отметить, что для простоты и точности исследования использованы концентрации веществ, представляющих интегральную характеристику загрязнения воды. К таким веществам относятся: БПК, характеризующее дефицит кислорода в воде, нефтепродукты, сухой остаток, характеризующий содержание солей и взвешенные вещества.

В настоящее время наблюдения за химическим составом воды исследуемого водоема ведутся ГУ «Пермский ЦГМС» в следующих створах:

- два створа в районе расположения Пермского промышленного комплекса;
- створ ниже г. Перми (в районе с.Н.Мулы);
- два створа в районе Краснокамского промышленного комплекса (ниже и выше города);
- створ в районе г. Оханска;
- створ в районе с. Елово;
- створ в приплотинной части водоема (в непосредственной близости от г. Чайковского).

## Физическая география и геоморфология

Результаты исследований, выполненные в последнее десятилетие, показали следующую картину пространственно-временного изменения минерализации, БПК и ХПК.

**Общая минерализация.** Фаза зимней сработки водохранилища характеризуется колебаниями суммы ионов в пределах г. Перми – от 310 до 430 мг/л. В створе ниже промышленных выбросов города максимальная величина минерализации вод составила 530 мг/л. Вниз по течению величина суммы ионов постепенно снижалась. Ее максимальное значение ниже г. Краснокамска достигло 440 мг/л, в районе г. Оханска – 390 мг/л, в приплотинной части водоема – 375 мг/л.

В период весеннего наполнения водохранилища, в связи с поступлением в него маломинерализованных талых вод с водосбора, величина суммы ионов в водоеме заметно снизилась. В рассматриваемых створах она была равна: 78 – 105 – 101 – 82 – 79 – 83 – 92 – 95 мг/л. Приведенные величины минерализации воды свидетельствуют о малой амплитуде ее колебаний по длине водохранилища. Сами же величины суммы ионов являются минимальными в годовом аспекте.

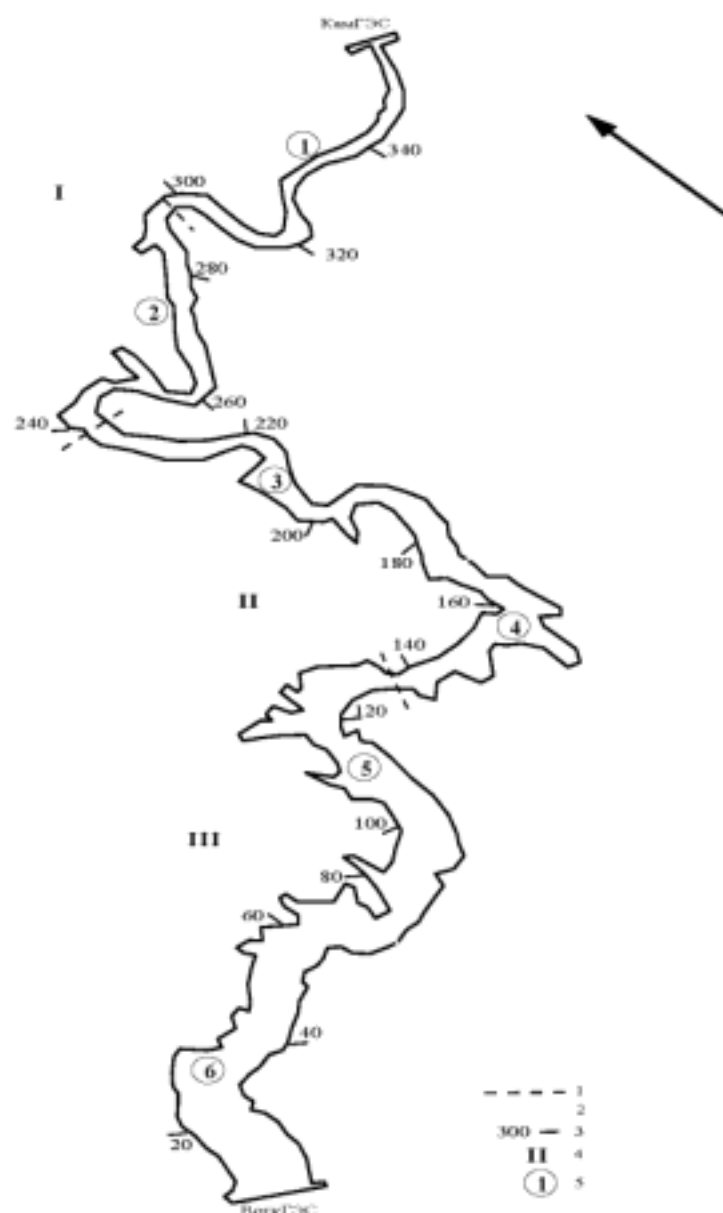


Рис.2. Схема морфологических таксономов Воткинского водохранилища [5]:

1 - границы районов; 2 - границы участков; 3 - расстояние (км) от плотины (по судовому ходу); 4 - номера районов; 5 - номера участков:

1 – Пермь - Краснокамск, 2 – Краснокамск - Сосновка (Оханск), 3 – Сосновка - Березовка, 4 – Березовка - Жулиновка, 5 – Жулановка - Калиновка, 6 – Калиновка - ВотГЭС

Фаза летне-осенней стабилизации уровня воды в водоеме характеризуется повышенными величинами минерализации вод в районе г.Перми и в створе ниже его промышленных выбросов. Максимальные величины суммы ионов в отмеченных створах достигали 380 мг/л. По длине водохранилища наблюдалось уменьшение минерализации вод. Так, ниже г.Краснокамска она составила 200 мг/л, в районе г.Оханска – 200 мг/л, у с.Елово – 160 мг/л, а в приплотинной части водоема – 130 мг/л. Таким образом, произошло снижение минерализации вод практически в 3 раза.

Превышения ПДК по общей минерализации в рассматриваемом году ни в одной из частей водохранилища отмечено не было. Правда, следует сказать, что наиболее загрязненные струи воды,



*Физическая география и геоморфология*

особенно в период зимней сработки водоема, движутся в придонном горизонте вод. Следовательно, приведенные выше значения суммы ионов, характеризующие поверхностный горизонт, не в полной мере позволяют оценить существующую картину загрязнения вод водохранилища. Величины минерализации вод, как и других компонентов химического состава в придонных слоях водоема, могут оказаться в 1,5, а возможно, и в 2 раза выше их значений, зафиксированных в поверхностном горизонте.

**БПК<sub>5</sub>.** В природных поверхностных водах биологическое потребление кислорода колеблется в достаточно широких пределах: от 0,5 до 4,0 мг/л. Считается, что предельно-допустимая концентрация БПК<sub>5</sub> находится в районе 3,0 мг/л. В период зимней сработки водохранилища БПК<sub>5</sub> было невысоким (0,9–1,7 мг/л), увеличиваясь лишь в районе Пермского (до 2,1 мг/л) и Краснокамского (до 4,0 мг/л) комплексов. В период весеннего наполнения водоема биологическое потребление кислорода было минимальным в году и мало изменялось по длине водохранилища: 1,0 мг/л – во входном створе водоема; 1,3 мг/л – в районе г. Перми; 1,1 мг/л – ниже г. Краснокамска и 1,2–1,4 – в остальной части водоема. В летне-осенний период БПК<sub>5</sub> было выше, чем весной, и чуть ниже, чем во время зимней сработки водохранилища. Самая высокая величина БПК<sub>5</sub> в рассматриваемом году была зафиксирована не в районе г. Перми (1,3–1,5 мг/л) и не у г. Краснокамска (1,8–1,9 мг/л), как это было зимой, а в приплотинной части водоема в непосредственной близости от г. Чайковского (3,4 мг/л). Таким образом, опасение по поводу высокого содержания биологического потребления кислорода вызывают район г. Краснокамска во время зимней сработки водоема и приплотинная часть водохранилища в летне-осенний период. Тем не менее следует отметить, что в целом по водоему БПК<sub>5</sub> во все фазы водного режима оставалось достаточно низким. Аналогичная картина в рассматриваемом году отмечалась и на акватории Камского водохранилища.

**ХПК.** Химическое потребление кислорода было наибольшим во время зимней сработки водохранилища. В районе г. Перми оно составило 41–46 мг/л, г. Краснокамска – 40–43 мг/л и далее вниз по течению – 48 (Оханск), 36 (Елово) и 35 (приплотинная часть). В период весеннего наполнения водохранилища величина ХПК в целом по водоему была несколько ниже, чем зимой, и составляла: 26–40 – у г. Перми; 30–48 – у г. Краснокамска; 28 – у г. Оханска; 24 – у с. Елово и 31 мг/л – в приплотинной части. В летне-осенний период ХПК было наиболее низким в году и мало изменялось по длине водоема: 33–36–33–38–34–36–28–29 мг/л. Поскольку в течение года химическое потребление кислорода в различных частях водоема колебалось от 24 до 48 мг/л (максимальные величины), то можно считать, что в целом по Воткинскому водохранилищу во все фазы его водного режима отмечается превышение ПДК по ХПК в 2–3 раза. Высокое содержание ХПК и низкое БПК<sub>5</sub> свидетельствуют о том, что исследуемый водоем подвержен сильному техногенному воздействию [4].

В фоновом створе водохранилища концентрация этих показателей и минерализация постоянно меняются в зависимости от фазы гидрологического режима. Так, величина БПК в период зимней сработки несколько выше, чем в период весеннего наполнения, так как в половодье скорости течения выше и аэрация происходит интенсивнее. Такая же динамика изменения в течение года характерна и для минерализации. Однако этого нельзя сказать о количестве взвешенных веществ, так как интенсивное турбулентное перемешивание в весенний период способствует его увеличению по сравнению с периодом зимней сработки.

Кроме завышенного (по сравнению с природным) фона, на первый участок водохранилища оказывает значительное влияние техногенная нагрузка. Вдоль берегов расположен г. Пермь, на территории которого находится много предприятий, имеющих сток непосредственно в водохранилище либо его притоки. Самым крупным загрязнителем является ООО «Новогор-Прикамье», которое включает в себя весь водозабор из поверхностных источников и сбросы МП «Пермводоканал», а также очистные сооружения ООО «БОС». В связи с этим стоки предприятия имеют не только большие объемы, но и в значительной степени насыщены разного рода химическими элементами. Поступление жидких стоков, несомненно, ухудшает качество природных вод, в которых в то же время происходит перемешивание, разбавление и транспортировка загрязненных водных масс. В период весеннего наполнения водохранилища сточные воды разбавляются интенсивнее, чем в остальные сезоны года, и водный объект может справиться и с более концентрированными стоками (насыщенность кислородом увеличивается, интенсивнее происходят процессы окисления и т.д.). Однако концентрации взвешенных веществ в этот период значительно возрастают и сброс сточных вод необходимо ограничить. Этот факт подтверждается и измерениями, сделанными в контрольном створе, расположенном ниже г. Перми. Отбором проб и их анализом в данном створе занимается ФГУП «Пермский завод им. Кирова». Створ находится в километре от источника водовыпуска. Результаты анализа показали, что в период зимней

*Физическая география и геоморфология*

сработки содержание взвешенных веществ в 3 раза меньше, чем в период половодья (5,6 мг/л против 14,6 мг/л), и в 2 раза меньше, чем в период стабилизации уровня.

В связи с этим период весеннего наполнения неблагоприятен для проведения работ по разработке месторождений ПГС, которые являются активным источником поступления взвешенных веществ. На акватории первого района водохранилища в районе Закамска расположено Зеленихинское месторождение. Разработка ведется на протяжении 6 км. В связи с повышенной мутностью воды в районе добычи рекомендуется проводить работы при минимальных скоростях течения. Кроме того, необходимо постоянно следить за уровнем воды, чтобы не допустить его просадок. Правда, это трудноосуществимо в период весеннего наполнения. Вообще, первый район очень богат месторождениями нерудных полезных ископаемых, их добыча ведется по всей длине акватории. Кроме Зеленихинского, разрабатываются Закамское, Качкинское, Хмелевское и Нытвенское месторождения, увеличивая и без того значительную техногенную нагрузку на этот участок водохранилища.

Другим видом техногенной нагрузки являются продуктопроводы. Через акваторию первого района водохранилища в районе д. Кулики проходит резервная нитка газопровода Нижняя Тура – Пермь. Сам газопровод фактически не несет нагрузки, но существует потенциальная опасность возникновения риска для водной среды в случае его прорыва. Опасность заключается в том, что при прорыве трубопровода часть вытекающего газа, смешиваясь с водой, будет образовывать сложные химические соединения, которые являются токсичными и крайне опасны как для человека, так и для флоры и фауны водоема, а также прибрежных территорий. Кроме того, часть газа будет выходить в атмосферу. При соприкосновении с воздухом может возникнуть возгорание, что, в свою очередь, грозит повышением температуры и гибелью населения водоема.

Комплексное воздействие всех этих факторов можно оценить с помощью фактических данных о состоянии водного объекта в контрольном створе. По сравнению с фоновым створом концентрации веществ в нем несколько выше, что говорит о том, что нагрузка является завышенной и гидрологический режим водоема с ней не справляется. Особенно это касается содержания нефтепродуктов и сухого остатка, превышение концентрации которых достигает 5–12 раз.

Нагрузка на второй морфологический район много меньше, чем на первый. Вдоль берегов расположено несколько не очень крупных городов и населенных пунктов – г. Оханск, г. Оса, п. Юго-Камский, с. Частые и на некотором удалении – г. Очер. Наиболее крупными предприятиями являются ОАО «Юго-Камский машзавод», МУП «Горводоканал» г. Осы и ОАО «Очерский машзавод». Все эти предприятия, приуроченные к населенным пунктам, расположены вдоль береговой линии водохранилища и создают очаги загрязнения. За время добега стока с водосбора до водоема вода успевает очиститься, что значительно упрощает работу водозаборов. Правда, и здесь существует опасность загрязнения воды в результате аварии на трубопроводах. Так, например, в районе г. Оханска проложен газопровод Пермь–Нижний Новгород, принадлежащий ООО «Пермтрансгаз». Кроме того, четыре нитки нефтепровода, принадлежащие ООО «СЗМН», пересекают Тулвинский залив и одна нитка проходит в районе г. Оханска (балансодержатель – ООО «Лукойл»).

К сожалению, существующая информация по второму морфологическому району не является достаточной для характеристики химического состава его воды. Однако при хорошей проточности, которой характеризуется второй район (0,51 против 0,12 в третьем районе в мае многоводного года [3]), сравнительно небольшая техногенная нагрузка даже при неблагоприятном гидрохимическом фоне не вызывает особых опасений и состояние водного объекта является удовлетворительным. Для более корректной оценки качества воды исследуемого участка водохранилища необходимо организовать наблюдения в районе устьев рр. Ошапа и Пизи для контроля нагрузки на третий морфологический район водохранилища.

Нагрузку на третий район оказывают только фон и стоки МПУ «Водоканал» г. Чайковского. Однако необходимо отметить, что и проточность здесь не отличается высокой интенсивностью [3]. Для оценки качественного состояния водной среды третьего района можно использовать данные химического анализа проб воды, отобранные в створе, принадлежащем МПУ «Водоканал» г. Чайковского. Однако эти данные не будут отражать всей картины, так как створ расположен выше выпусков МПУ «Водоканал». Для корректной оценки необходима организация дополнительного створа, расположенного ниже границы района, либо в створе Воткинской ГЭС. Однако для общей картины сложившейся здесь гидрохимической обстановки могут быть использованы существующие данные.

Таким образом, основной техногенной нагрузкой, определяющей химический состав воды водохранилища, является сброс сточных вод. При этом качество воды в пределах второго и третьего районов по всем показателям, по сравнению с первым районом, улучшается, однако по сравнению с

## Физическая география и геоморфология

фоновым створом для всего водохранилища в целом качество воды несколько хуже. Этот факт говорит о том, что техногенная нагрузка на водоем настолько высока, что превышают процессы самоочищения.

**Выводы**

Водохранилище, являясь сложным природно-техногенным образованием, представляет собой водоем, гидрологический режим которого зависит как от естественного режима реки, на котором оно создано, так и искусственного регулирования стока. При этом составляющие гидрологического режима (тепловой, гидродинамический, гидрохимический и пр.) в значительной мере определяются морфометрическими и морфологическими характеристиками водохранилища. Экосистема водоема, формируемая в изменившихся условиях, зависит не только от процессов, протекающих в водохранилище, но и от влияния внешних факторов – техногенных нагрузок. Это подтверждается химическим составом воды Воткинского водохранилища.

Воткинское водохранилище во все фазы его водного режима подвержено сильнейшему техногенному воздействию, и качество его вод далеко от предъявляемых требований как для человека, так и для различных отраслей хозяйства края. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в районе расположения Пермско-Краснокамского промышленного комплекса. Об этом свидетельствуют следующие данные:

- Величина общей минерализации и главных ионов химического состава вод во всех частях водохранилища и во все фазы его водного режима находится в норме.

- Превышение норм ПДК по аммонийному азоту отмечено в большей части водохранилища в период зимней сработки (в 1,1–1,8 раза). В эту же фазу водного режима отмечалось превышение предельно-допустимых концентраций по нитритному азоту (в 2 раза) в районе г. Перми; по общему железу (в 3–9 раз), по меди (в 2–5 раз), по марганцу (в 12–20 раз, увеличиваясь у г. Перми до 40 раз), цинку (в 1,5–2,0 раза), фенолам (в 1,5–2,0 раза) – в целом по всему водоему. Отмечено превышение ПДК по нефтепродуктам в районе г. Перми (в 2–9 раз) и г. Краснокамска (в 2–3 раза). Неблагоприятная ситуация сложилась по содержанию растворенного кислорода во входном створе водохранилища и в его средней части (район г. Оханска). Превышение ПДК по БПК<sub>5</sub> (в 1,4 раза) отмечалось в районе г. Краснокамска. Величина ХПК по всему водоему составила 2,2–3,2 ПДК.

- В период весеннего наполнения водохранилища наблюдалось превышение предельно-допустимых концентраций в целом по водоему: по Fe<sub>общ</sub> – в 3–7 раз, по Си – в 2–4 раза, по Mn – в 5–8 раз, по ХПК – в 1,8–3,2 раза.

- В летне-осенний период по всему водохранилищу отмечено превышение ПДК: по Fe<sub>общ</sub> – в 1,2–3,1 раза, Си – в 3–5 раз, Mn – в 5–7 раз, Zn – 1,5–2,0 раза, фенолам – 1,5–2,0 раза, ХПК – 1,8–2,2 раза. Кроме того, выявлено превышение ПДК по нитритному азоту в районе г. Перми (в 1,8 раза). Здесь же отмечено и превышение ПДК по нефтепродуктам (в 1,5–3 раза). Неблагоприятная ситуация по содержанию растворенного кислорода сложилась в районе г. Перми и в средней части водоема (у с. Елово). В приплотинной части водохранилища отмечено превышение ПДК по БПК<sub>5</sub> (в 1,2 раза).

**Библиографический список**

1. Двинских С.А., Китаев А.Б. Гидрология камских водохранилищ. Пермь, 2008. 266с.
2. Двинских С.А., Рыжих К.А. Оценка влияния техногенных нагрузок на качество воды в водохранилище // Комплексные исследования Воткинского водохранилища и оценка его влияния на природу. Пермь, 2007. С.153–157.
3. Китаев А.Б. Важнейшие гидродинамические характеристики водохранилищ (на примере Камского каскада). Пермь, 2006. 260с.
4. Китаев А.Б. Пространственно-временные изменения химического состава воды в условиях существующей техногенной нагрузки // Комплексные исследования Воткинского водохранилища и оценка его влияния на природу. Пермь, 2007. С.92–101.
5. Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К. Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ // Вопросы формирования водохранилищ и их влияния на природу и хозяйство. Пермь, 1970. С.27–45.

**FEATURES FUNCTIONING RESERVOIR AS NATURAL-TECHNOGENOUS OBJECT**

Features of operation of reservoirs as natural-technogenous objects. The estimation of influence of technological factors on ecosystems reservoirs is given. The features of chemical composition and hydrochemical regime of Votkinsk reservoir in relation to its morphological regions, assessed the role of technogenous factors in its formation.

**Key words:** reservoir; operation; morphology; chemical composition; pollution; technogenous factor.

**Svetlana A. Dvinskikh**, Doctor of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; hydrology@psu.ru

**Alexandr B. Kitaev**, Candidate of Geography, Professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm Russia 614990; hydrology@psu.ru

УДК 574.02:551.524.35 (282.247.413.5)

**А.С. Литвинов, А.В. Законнова**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ  
ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА<sup>2</sup>**

По материалам многолетних наблюдений дана характеристика термического режима, водного баланса, водообмена и уровня Рыбинского водохранилища в период потепления. Показано, что потепление климата, начавшееся с 1976 г. в его бассейне, привело к изменениям экологических условий в водохранилище.

**Ключевые слова:** потепление климата; Рыбинское водохранилище; термический режим; водный баланс; водообмен; уровень.

**Материалы и методы исследования**

Рыбинское водохранилище – одно из крупнейших водохранилищ Волжско-Камского каскада создано в 1947 г. С этого времени Рыбинской гидрометеорологической обсерваторией (РГМО) проводится мониторинг гидрометеорологических характеристик на береговых постах и акватории водоема. С 1959 г. по настоящее время сотрудники Института биологии внутренних вод РАН ведут исследования гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик водохранилища по разработанной схеме стандартных станций (рис. 1) [1]. Наличие рядов систематических комплексных собственных наблюдений продолжительностью более 50 лет и материалов РГМО позволяют проанализировать изменения экологических условий в водохранилище, происходящие при потеплении, на региональном уровне.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Анализ многолетних рядов температуры воздуха на побережье водохранилища – главного индикатора изменения климата – показал ее устойчивый рост с 1976 г. при максимальной скорости в первом десятилетии XXI в. (табл. 1). Повышение температуры воздуха в зимние месяцы способствовало более раннему очищению ото льда акватории водохранилища. До 1976 г. очищение ото

<sup>2</sup>©Литвинов А.С., Законнова А.В., 2014

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-05-00346) и Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий».

**Литвинов Александр Сергеевич**, доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрохимии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук; Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д.50, кв. 6; litvinov@ibiw.yaroslavl.ru

**Законнова Арина Васильевна**, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии и гидрохимии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук; Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д.59, кв. 42; zak@ibiw.yaroslavl.ru