

УДК 502/504:627.8

## Влияние затопления территорий при строительстве водохранилищ на сохранность их биологических ресурсов

Просеков А. Ю.

Кемеровский государственный университет  
Кемерово, Россия  
[aprosekov@rambler.ru](mailto:aprosekov@rambler.ru)

Для соразмеренного снабжения водными ресурсами в России проводится обширная программа гидроэнергетического строительства. Эта тема является актуальной. Проблема затопления территорий в России была особенно злободневной в XX веке в эпоху масштабной мелиорации, строительства огромных водохранилищ и мощных гидроэлектростанций на большинстве больших рек нашей страны. Вопреки тому, что плотины сыграли важную роль, способствуя экономическому росту, их строительство и эксплуатация имели серьезные последствия. Эта проблема остаётся актуальной и в начале XXI века в связи с проведением не всегда продуманной застройкой речных пойм. Водные ресурсы являются важнейшим фактором и в жизни человека, и в природе. Сооружение водохранилищ по своим масштабам воздействия на природу является одним из наиболее крупных проявлений техногенеза, и оценка этого воздействия неоднозначна. С одной стороны, возведение водохранилищ, как правило, всегда экономически обосновано, с другой стороны, нарушается гидрологический режим рек, происходят изменения ландшафта речных долин, деградация почв и гибель наземной растительности на затопляемых территориях; изменение уровня грунтовых вод, изменение режима речных систем, изменения климата. Очень часто это сопровождается ухудшением общего санитарно-гигиенического состояния прилегающих территорий, изменениями количества пресной воды и, как следствие, гибелью рыбы. В последние годы особое внимание уделяется контролю и улучшению природно-технического состояния и благоустройства некоторых крупных водохранилищ. Предусматриваются природоохранные мероприятия, направленные на сохранение водных, земельных, рекреационных и биологических ресурсов. Проводятся работы по сохранению водных ресурсов от их истощения и загрязнения. Для природоохранных мероприятий важным фактором является режим эксплуатации ГЭС и водохранилищ. Необходимы комплексная оценка и прогнозирование состояния особенностей природной зоны, инженерная подготовка, предусмотренный комплекс оптимальных профилактических мероприятий в зоне строительства водохранилища, чтобы минимизировать отрицательные последствия его строительства. Таким образом, данный вопрос требует серьезного изучения и планирования еще на стадии проекта.

*Ключевые слова:* водохранилище, территория затопления, экосистема, биоценоз, природные ресурсы.

### ВВЕДЕНИЕ

Сооружение водохранилища неизбежно влечет за собой серьезные изменения: нарушается ландшафт, изменяется микроклимат, взаимосвязи поверхностных и подземных вод, биоты и почв. При подтоплении территории уровень грунтовых вод может подняться на 0,5 м–2,5 м. В связи с формированием берегов изменяется местный климат, и помимо этого, если территория сложена водопроницаемыми породами, и режим почвенно-грунтовых вод: капиллярная влага заполняет значительную часть пор, в результате чего увеличивается влажность почв до 70–100 %. При этом значительно понижается аэрация почв, что способствует их дальнейшему заболачиванию, а это является опасным явлением, так как способствует всплыванию торфяных залежей (Калецкая, 1957).

Кроме этого, строительство водохранилищ еще до их заполнения оказывает влияние на животный мир. Так, при сводке леса и очистке ложа водохранилища животные лишаются кормовой базы и прежних мест обитания, а переформирование берегов приводит к уничтожению местообитания выдры, норки, бобра, ондатры, ласточек береговушек, зимородков, многих водоплавающих и водно-болотных птиц, амфибий, огромного числа беспозвоночных животных, а также изменяются пути миграций перелетных птиц.

Исследования показывают, что с сооружением водохранилища сезонные ритмы животного мира подчинены колебаниям его уровня (Калецкая, 1957). В результате создания

искусственных водоемов нарушаются функциональные связи речных биоценозов, что приводит к массовому развитию «цветения» отдельных видов микроводорослей, следствием чего является нежелательная трансформация экосистем и ухудшение качества воды (Корпачев, 2015).

Ученые отмечают, водохранилище способствует превращению текущей реки в стоячие, полусточные озера-пруды, что ведет к ослабленному стоку воды в системе «озеро-водоем», а также опасному засолению.

В промышленных и сельскохозяйственных районах увеличивается загрязнение воды, накопление тяжёлых металлов в донных отложениях, что связано с поступлением городских и промышленных стоков, смывов удобрений и пестицидов, сбросных вод животноводческих комплексов.

Выявлено негативное влияние строительства водохранилищ на почвенный покров: затопление лесных массивов, лугов; заболачивание и подтопление берегов; загрязнение воды (химическое и физическое); всплывание на заболоченных территориях торфяных залежей (Корпачев, Пережилин, 2008).

Таким образом, при строительстве водохранилищ очень важно тщательное изучение природных условий территории, организация комплексных мероприятий по оценке природных особенностей и почв затопляемых земель.

Цель данной работы – анализ возможных рисков при строительстве водохранилищ, детальное изучение негативного влияния строительства, его прогнозирование и возможность минимизации последствий.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Рассматриваются эколого-технологические проблемы, связанные с организацией строительства ГЭС и дальнейшей эксплуатацией гидросооружений. К числу первичных проблем относятся: перемещение огромного количества грунта; необходимость организации сооружений защиты от затопления населения близлежащих территорий; переселение людей из зоны затопления; восстановление сельскохозяйственных угодий (взамен затопленных); проведение очистительных мероприятий на затопленных территориях; изменения видового состава и численности рыб.

Вторичные проблемы, такие как ухудшение качества воды, изменение береговой полосы, эрозия почвы, увеличение потери воды испарением, изменения флоры и фауны, наличие затопленной и плавающей древесины, загрязнение органическими веществами являются более сложными (Корпачев, Пережилин, 2008).

В связи с вышеизложенным, необходимо отметить следующие негативные последствия строительства и дальнейшей эксплуатации гидроэлектростанций: использование земель под водохранилище; ухудшение мелиоративного состояния земель; подтопление и затопление прибрежных территорий; ухудшение санитарного состояния воды в реке; повышение влажности на прилегающей территории, увеличение продолжительности туманов; нарушение нормальных условий нерестилищ рыб; затопление лесопокрываемых зон, деградация ландшафтов; нарушение нормальных условий лесосплава (там где он разрешён); угроза провокаций колебаний земной коры; изменение условий судоходства; снижение прочности гидросооружений с течением времени; возрастание опасности аварий; разрыв социальных связей из-за переселения людей (Shchedrin et al., 2021).

Строительство водохранилищ в Сибири на территориях, покрытых лесом, имеет свои особенности. Так подготовка ложа водохранилища заключается, в первую очередь, в сводке кустарниковой и древесной растительности, в соответствии с требованиями (СанПиН 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ»). Такая «подготовка» лож водохранилищ под затопление требует больших финансовых расходов. Поскольку главным объектом всегда является строительство гидроэлектростанции, а не комплекса ГЭС и водохранилища, то лесочистке лож водохранилищ не уделялось

достаточного внимания. Поэтому в разные годы затопляли без лесоочистки от 35 до 67 % площадей (Угрюмова, Шилинко, 2009).

На основе изучения данных по строительству гидроэлектростанций в Сибири сделан вывод: ни одно водохранилище не было построено в полном соответствии с СанПиНом по подготовке ложа для затопления.

При подготовке площади лож водохранилищ лесосводка и лесоочистка проводилась не в полном объеме, это приводило к затоплению большого объема леса. Проекты по строительству гидроузлов на покрытой лесом территории должны осуществляться без учета прибыли от продажи древесины. К тому же выявлено, что мероприятия по лесосводке и лесоочистке территории для подготовки ложа водохранилища под затопление всегда убыточны.

Одним из существенных последствий изменения гидрологического режима речных систем Западной Сибири при строительстве водохранилищ является снижение скорости водообмена, что влечет за собой изменения гидрохимических, гидрофизических и гидробиологических процессов в реках (Корпачев, 2015).

Негативными последствиями строительства и дальнейшей эксплуатации крупных сибирских гидроузлов являются также: изменение термического режима, что влечет за собой образование незамерзающей полыньи в нижнем бьефе. Это приводит к активному испарению и увеличению туманных явлений; нарушению транспортных связей по льду реки в зимний период; изменению количественного и видового состава организмов рек. Также неблагоприятное воздействие из-за понижения температуры воды сказывается в летнее время на условия отдыха людей, проживающих на прилегающей территории.

Во многих водохранилищах Сибири фиксируется ухудшение качества воды из-за плохой подготовки ложа и снижения процессов самоочищения вследствие сброса в них неочищенных сточных вод. Также, из-за усиливающегося хозяйственного и рекреационного освоения берегов и отсутствия необходимого количества водоохраных мероприятий, качество воды сибирских водохранилищ постоянно снижается. Еще одной причиной этого являются сероводородные зоны, возникающие при затоплении большого массива леса в ложе водохранилищ (Савкин, 2000).

Современный подход к созданию новых водохранилищ и к эксплуатации действующих должен основываться на строгих критериях, касающихся оценки воздействия этих объектов на экологические и социально-экономические условия пойменных территорий (Лебедева, 2019).

Помимо этого, следует учитывать возникающие проблемы экологии при эксплуатации и ликвидации малых водохранилищ, их безопасности, связанные с предполагаемыми аварийными ситуациями (Максимович, 2012).

Водоохранилища создаются как в развитых, так и в развивающихся странах. Важнейшими социально-экономическими факторами, определяющими необходимость строительства водохранилищ, является водоснабжение промышленных районов и предприятий, населенных пунктов, ТЭЦ; регулирование стока рек для орошения и обводнения территорий с дефицитом воды; уменьшение и предотвращение наводнений в долинах рек; более полное использование водных ресурсов в качестве транспортных магистралей; организация зон отдыха на прибрежных территориях.

Влияние водохранилищ на реки проявляется по всему их течению, в том числе на прилегающие к берегам территории. Крупные водохранилища заметно изменяют гидрологический режим реки, и как следствие, многие другие природные процессы. В разных природных и экономических зонах это происходит по-разному. Определяющим влиянием являются размеры водохранилища, его форма и состав пород дна и берега, режим эксплуатации и погодные условия данного района. Помимо этого, для водохранилищ свойственен особый гидрохимический и гидробиологический режим, больше напоминающий озерный, чем речной. Из-за затопления химический состав воды водохранилищ со временем меняется, пополняется азотом, железом, фосфором и органическими веществами. Также эти элементы попадают с речным стоком с водосборной площади, из подземного стока реки и из

размытых берегов. Высокое содержание биогенных веществ в воде, в затопленных почвах и растениях способствует активному развитию животных и растительных организмов, в частности, впервые годы эксплуатации водохранилищ. Вследствие малой скорости течения воды в водохранилищах происходит осаждение большого количества биогенных материалов, что приводит к сильному обогащению воды органическими веществами.

Также водохранилища влияют на изменение климатических условий прилегающих территорий. Это имеет большое значение для жизни населения и предприятий наряду с повышением уровня грунтовых вод, изменением рельефа берегов. В результате этих процессов происходит изменение растительно-почвенного покрова, фауны и санитарно-гигиенических условий.

Вышеизложенное подчеркивает необходимость всестороннего изучения и анализа всех возможных последствий на стадии проектирования водохранилищ. Очень важно проведение целого ряда комплексных мероприятий на стадии подготовки водохранилища с учетом схем районных планировок: переселение жителей, вынос строений и сооружений; организация инженерной защиты важных объектов; санитарная подготовка ложа и т. п. Особое внимание необходимо уделять сохранению экологического равновесия, качеству воды и уменьшению площади затопления ценных земель (Авакян, 1991).

Влияние прудов и малых водохранилищ на окружающую среду может быть прямым или косвенным, благотворным или вредным, а также непосредственным или длительным после сооружения водохранилищ и прудов. Оно также зависит от климатических колебаний, которые могут ослабить или усилить воздействие прудов и водохранилищ на микроклиматические, гидрологические и гидрогеологические и другие процессы. Сооружения прудов и водохранилищ приводят к изменению почвенного и растительного покрова береговой зоны: в зоне периодического затопления формируются торфяные, иловые и болотные почвы; в зоне умеренного подтопления происходит процесс олуговения подзолистой почвы; в зоне слабого подтопления увеличивается подвижность железа и гумусовых веществ, происходит оглиение почвы. Следует подчеркнуть, что опасными геоэкологическими процессами прудов и водохранилищ являются засорение и загрязнение (сельскохозяйственные стоки, коммунально-бытовые, бактериологические, автотранспортные и тепловое воздействие) (Орлова, Досаева, 2017).

Водоохранилища имеют сложную систему функционирования, и аналога ей в природе нет. При строительстве плотин, водохранилищ возникают изменения на внутренних водоемах, объектах гидротехнического строительства. При сооружении водохранилищ больше внимания уделяется строительству гидроэлектростанций, но подготовка лож под затопление (лесоочистка и лесосводка) проходит не в полном объеме. Поэтому гидроузлы, построенные на лесопокрытых территориях, аккумулируют плавающую, затопленную древесную массу, а также органические вещества лесной подстилки, дернины и другие. Органические вещества как водохранилища, так и поступающие из внешних источников влияют на качество воды.

Для водохранилищ севера Сибири (в первые годы образования) присущ дефицит кислорода, присутствие сероводорода в придонных слоях, а также уменьшение прозрачности и увеличение цветности. Таким образом, с сооружением гидроэлектростанций и водохранилищ, возникают загрязняющие вещества водоемов: гниющий затопленный лес, (выделяет фенолы, лигнин, смолы и др.) (Калецкая, 1957; Авакян, 1973;). Это неизбежно сказывается на видовом составе рыб. Происходит исчезновение или резкое сокращение численности наиболее ценных в рыбохозяйственном отношении представителей сиговых и лососёвых рыб, требующих чистой воды, богатой кислородом, на менее требовательных и малоценных карповых.

На искусственное регулирование стока оказывают влияние помимо особенностей водного баланса три периода изменения уровня водохранилища в годовом цикле (зимний, весенний, летне-осенний). Основными экологическими рисками этих периодов являются:

«- в период весеннего подъема уровня воды происходит быстрое затопление значительных площадей, размыв поверхностного грунтового слоя и уничтожение большей части прошлогодних надводных растительных сообществ;

- в период начальной обработки водохранилища и снижения уровня воды в конце лета – начале осени происходит зарастание осушенной зоны наземной растительностью и формирование пустошей;

- в период дальнейшей зимней сработки уровня – начинается промерзание обсохших грунтов на значительную глубину, приводящее к почти полному вымерзанию зимующих гидробионтов, а также возникновение заморных явлений. При этом экологически важным фактором является не только величина площади затопляемых и осушаемых мелководий, но и время начала и конца осушения или затопления, а также общая продолжительность того или иного периода. Значительная амплитуда колебаний этих факторов и их случайный характер оказывают стрессовое воздействие на биоценозы береговой зоны водохранилища» (Авакян, 1973; Бульон, 1983).

В странах Европы наводнения являются одним из негативных факторов (в основном из-за осадков, превышающих норму). В таких случаях территории, сдерживающие наводнения, выполняют важную роль регулирования экологического баланса и водной фауны, а также оказывает положительное влияние на сохранение сельскохозяйственных (заливных) площадей, обеспечивая накопление подземных вод. Анализируя защитные мероприятия в Европе, можно отметить, что важно учитывать такие риски, как разрушение плотин, превышение расчетного уровня воды и др. В 1953 году в Нидерландах произошло крупное наводнение, при котором большая часть страны оказалась под водой, и правительство страны приняло решение об обеспечении защиты от наводнений с вероятностью затопления один раз в 1250 лет (Титков, 2013).

В США защиту от наводнений возложили на инженерный корпус армии (уровень стандартного обеспечения защиты от наводнений должен быть с вероятностью один раз в 230 лет), но наводнение в Новом Орлеане показало его недостаточность. Нужно отметить, в США и Нидерландах велика опасность затопления морем. Большинство стран защиту от наводнений населения обеспечивает расчётом максимального уровня подъёма воды один раз в 100 лет.

Таким образом, из выше сказанного можно сделать вывод: в некоторых случаях при аномальных явлениях погоды такой защиты недостаточно (Титков, 2013).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1960–1970-х годах в бассейне реки Томи сложилась негативная водно-экологическая обстановка, и выходом из этой ситуации виделось создание Крапивинского водохранилища, компенсирующего неравномерность распределения стока реки в течение года и увеличение расхода воды в русле Томи. Предполагалось, что расходы реки (при создании Крапивинского водохранилища) с обеспеченностью 50 % должны увеличиться в 5 раз, а 95 % обеспеченности в 10 раз, таким образом, расходы воды возрастут с 50 до 500 м<sup>3</sup>/с. Максимальные расходы воды в Томи снизятся в 1,5 раза. Для внутригодового распределения будет характерно уменьшение на 20–40 % весеннего половодья, на 20–25 % прогнозируется увеличение зимней межени и на 12–15 % летне-осенней (Васильев, 1987; Валиулин, 2004; Васильев и др., 2016; Волкова, 2020).

При строительстве Крапивинского водохранилища необходимо было также учитывать негативные факторы: влияние на микроклимат верхнего и нижнего бьефа, взаимодействие зимней полыньи с окружающей территорией, опасность ртутного загрязнения водохранилища, вынос различного рода загрязняющих веществ в водохранилище, изменение береговой зоны и подтопление.

Строительство Крапивинской гидроэлектростанции обсуждается на страницах печати не одно десятилетие.

Проблема возобновления строительства Крапивинского гидроузла рассматривалась неоднократно. Начало строительства ГЭС – 1977 год, именно тогда было принято решение о сооружении гидроузла. Для проживания строителей возвели поселок Зеленогорский. В 1989 году из-за прекращения государственного финансирования и шахтерских волнений стройка

была законсервирована (на тот момент выполнено около 60 % работ от запланированного) (Егоров, 2005; Раткович, 2017).

В ноябре 2018 года в своих выступлениях губернатор Кемеровской области С. Е. Цивилев отмечал, что «недостроев» в Кузбассе не должно быть, в том числе и недостроенного гидроузла на Томи». Анализируя сложившуюся ситуацию, региональные власти совместно с компанией «РусГидро» сделали вывод, что строительство гидроузла более выгодно, чем демонтаж возведенных конструкций.

Завершение строительства гидроузла имеет много противоречивых мнений, как положительных, так и отрицательных. По мнению губернатора Кузбасса С. Е. Цивилева к положительным факторам завершения строительства относятся: контроль паводков и улучшение водоснабжения городов. С позиции специалистов «РусГидро» введение в эксплуатацию ГЭС позволит уменьшить количество опасных выбросов от разных станций, которые генерируют электроэнергию. Бывший глава Крапивинского района Тахир Биккулов и местное население отмечали положительное влияние строительства гидроузла на развитие транспортной инфраструктуры, организацию туризма, а также создание новых рабочих мест. Согласно мнению ученых Барнаульского института водных проблем и экологии СОРАН строительство Крапивинского водохранилища предотвратит дефицит питьевой воды в Кемеровской области и улучшит экологическое состояние рек Томи и Оби.

Тем не менее, говоря о проблемах завершения строительства гидроузла, ряд ученых отмечает негативные стороны. В частности доктор технических наук, профессор Витаутас Сенкас считает, что в результате завершения строительства гидроузла негативных последствий будет больше, чем положительных. Автор сообщает о необходимости вновь расчистить русло водохранилища (заросшее за 30 лет); пересмотреть места захоронений, учитывать наличие зоны тектонических нарушений и прочие условия.

На отрицательные стороны также указывает доктор биологических наук, профессор А. Н. Куприянов. Прежде всего необходимо создать очистные сооружения на промышленных предприятиях города Новокузнецк для того, чтобы избежать накопления отходов в донных отложениях водохранилища, так как это явление затронет не только жителей Кузбасса, но и Томской области. Также негативно повлияет на экологию в регионе затопление территории и вырубка леса. По мнению автора, строительство ГЭС является невыгодным с экономической точки зрения. По его словам, «Томь в районе ГЭС поднимается всего на 18 м, этого недостаточно для выработки большого количества энергии».

Кроме этого, строительство Крапивинского водохранилища влияет на расположение автомобильных дорог (грунтовые дороги, дороги лесозаготовительных предприятий), а также дороги теряют значимость при выносе населенных пунктов из зоны затопления (Голик и др., 2020).

В то же время при строительстве Крапивинского гидроузла предполагается выявление тенденции, направленной на развитие рекреационного потенциала ландшафта. Сочетание «лес-водоем» особенно перспективно для развития разнообразных форм отдыха и туризма. Использование территории водоохранной зон и форм хозяйственной деятельности в прибрежных лесах должно проводиться без ущерба (Калецкая, 1957; Егоров, 2005; Казьмин, 2011; Карманова, 2017).

Возрастание антропогенной нагрузки при анализе экономической и экологической ситуации показало резкое ухудшение качества воды в бассейне реки Томь (Казьмин, 2011). Оценивая влияние антропогенных и других факторов на объем и качество водных ресурсов, в 1975 году было принято решение о сооружении Крапивинского гидроузла. Однако, в связи с тем, что против строительства выступали некоторые учёные, писатели, журналисты, экологические активисты, которых поддерживала значительная часть общества, по мнению которых, строительство водохранилища приведет к пагубным материальным, экологическим и моральным последствиям, а также на основании официального акта экологической экспертизы в 1989 году строительство гидроузла было остановлено.

В 1996–2001 годах была проведена оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод бассейна реки Томь. Результаты исследования показали, что возобновление и завершение

строительства водохранилища может значительно улучшить решение экономических, социальных и экологических проблем (улучшение водных ресурсов Томи, защита промышленных сооружений и жилищ и так далее).

Предполагается, что строительство водохранилища предоставит возможность развития орошаемого земледелия в бассейнах рек Ини и Томи, а также улучшит энергетический баланс Кемеровской области. Одной из проблем, является загрязнение воды реки Томь, в которую поступают недостаточно очищенные стоки от южного промузла Кузбасса, где проживает более 1 млн. человек и сосредоточена большая часть промышленных и угледобывающих предприятий. Однако разработчиками проекта предполагалась высокая разбавляющая и самоочищающая способности водохранилища. Вода, поступающая из водохранилища в нижний бьеф, должна вполне соответствовать санитарным нормам, основные загрязнители должны быть ниже ПДК (предельно допустимая концентрация). Из этого следует, что вода может использоваться для разбавления загрязнений, поступающих в Томь ниже гидроузла.

Сооружение гидроузла окажет положительное влияние на близлежащий Крапивинский район, в котором предполагается разработка полезных ископаемых (угли: коксующиеся и энергетические). Также в зоне затопления обнаружено 16 торфяных месторождений, 12 заболоченных местностей общая площадь составляет 7369 га, это почти 11 % площади водохранилища. Всплывание торфа предполагается на 7 месторождениях (сплавинные и зыбунные участки; залежи среднеразложившегося и слаборазложившегося торфа). Всплывать на поверхность может 336,4 га торфяных островов. Этот процесс будет происходить в мае-сентябре, так как вода водохранилища превышает 8 °С, но основное всплытие происходит при температуре воды выше 17 °С (Карманова, 2017).

На основании вышеизложенного при строительстве водохранилища необходимо учитывать детальные исследования и разработки бассейновой схемы реки Томь, а также принять всевозможные организационные и иные меры по региональному водопользованию, многолетнего регулирования стока, расчет экономии затрат в процессе производства электроэнергии. В соответствии с этим, Крапивинская ГЭС включена в проект программы развития гидроэнергетики России до 2030 года.

И всё же многие проведенные исследования дают неоднозначную оценку возобновления строительства данного объекта, связанную с её негативным влиянием.

Влияние техногенного загрязнения и оценка береговой зоны позволяют сделать выводы о том, что структура стока изменяется в различные фазы режима (времена года). Чем резче выражены внутригодовые колебания водности водохранилища, тем более изменчив химический состав воды. Подземным питанием водохранилища и его притоков являются грунтовые воды, а также стабильным источником питания водоема в период маловодья подземный сток.

На дне Крапивинского водохранилища будет оседать большая часть твердого стока, которая попадает с водосборного бассейна. Донные отложения оказывают влияние на физические, химические, биологические процессы затопленного грунта и воды водохранилища. Заполненное до нормального подпорного уровня (НПУ) водохранилище затапливает пойму, затем, надпойменные террасы. В результате поверхность под водой начинает накапливать различные наносы (глинистые и органические илы, пески илистые).

Одним из факторов, влияющих на экологическое состояние водохранилища, является рельеф. Он воздействует на скорость и направление водного течения, переносящего загрязняющие вещества и различные накопления. В целом, дно Томи в её среднем течении выровнено и резкие перепады отсутствуют. Наблюдаются отдельные впадины (максимальная глубина дна до 11,6 м в зоне платины и до 12,2 м севернее спасательной станции). При низкой скорости течения, они фактически являются главным местом накопления загрязняющих веществ.

Для снижения влияния ветровых волн на изменения береговой линии водохранилища, формирование береговой отмели и мелководных участков необходим-ежегодный контроль измерения сдвига границы берега, что позволит разработать комплекс инженерных

мероприятий по укреплению берега (каменная наброска, лесопосадки и другие) (Калецкая, 1957).

Важнейшей задачей при рассмотрении вопросов строительства водохранилищ является установление экономической выгоды от использования территорий. Это должно быть сделано путем анализа всех факторов, действующих на повышение или снижение сельскохозяйственного производства, расчет экономии затрат в процессе производства электроэнергии и транспортировки грузов и так далее. При этом необходимо учитывать, что водоемы, в первую очередь, являются источником водоснабжения сельскохозяйственных, коммунальных, промышленных предприятий и других объектов (Avakyan, 1991).

Негативное отношение к ряду существующих водохранилищ связано с тем, что при их планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации многие факторы по тем или иным причинам не были учтены (незнание, предварительные работы недостаточного объема и глубины, невыполнение ряда необходимых мероприятий, плохо продуманные режимы эксплуатации и т. д.). Эти факторы наряду с практикой следовали сложившимся тенденциям, и элементарной некомпетентностью привели к появлению многих предложений о снижении и осушении действующих в настоящее время резервуаров (Оксиюк, 1993; Новиков, 2003; Корпачев, 2008; Максимович, 2012; Корпачев, 2015; Орлова, 2017; Коронкевич и др., 2019; Лебедева, 2019).

Предпринимается попытка обосновать предлагаемое осушение водохранилищ ссылками на зарубежный опыт. В поддержку осушения водохранилищ выдвигаются следующие причины: во-первых, тот факт, что водохранилища затопляют и заболачивают огромные земельные площади, часто самые плодородные, и, тем самым, наносят ущерб возможному расширению сельского хозяйства; во-вторых, водохранилища вызывают резкое ухудшение качества воды в речных бассейнах, и восстановить его можно только путем его осушения; в-третьих, водохранилища нанесли неизмеримый ущерб окружающей среде и пагубно отразились на социальных условиях населения (Раткович, 2017).

Однако при этом территория, затопленная водохранилищами, продолжает участвовать в расширенном производстве, но как компонент другой производственной системы.

Существует концепция устойчивого развития, как одна из самых современных, наиболее поддерживаемых мировым сообществом систем взглядов на взаимодействия общества и природы. В ней мелиорация показана как свод основополагающих правил в области использования природных ресурсов (в первую очередь, в засушливых и переувлажнённых регионах), полностью отвечающая принципам устойчивого развития и входящая в число приоритетных задач развития государств-членов Евразийского экономического союза. Основное внимание в этом вопросе уделяется вопросам институционального обоснования дальнейшего развития мелиоративного комплекса; анализируются факторы, сдерживающие инновационное обновление. Показаны пути использования механизма государственно-частного партнерства и потенциал сельскохозяйственной кооперации в освоении мелиорированных земель. Также обосновано использование микрогидроэлектростанций на деривационных оросительных системах предгорных территорий юга России и предложены технологические решения по использованию микрогидроэлектростанций на водозаборах, донных водозаборах, концевых сбросах, оросительных машинах.

Отмечена общественная значимость изучаемой проблемы, поскольку мелиорация – это не только рынок труда, но и жизненно важная среда обитания (Раткович, 2017).

Из выше изложенного обзора мирового опыта строительства и эксплуатации водохранилищ следует, что исследования водохранилищ как компонента окружающей среды должны быть направлены на расширение фундаментальных исследований с целью создания теории формирования экосистемы водохранилища и качество воды, разработки подхода к многоцелевому использованию и установление роли водохранилищ в производстве водных и засушливых экосистем, а также формировании и динамике окружающей среды в целом и среды обитания человека (Baxter, 1985; Avakyan, 1991; Ai, Ran, 2007).

На объем и качество водных ресурсов оказывает влияние и комплекс антропогенных факторов. Основные подходы к решению водных проблем: очистка сточных вод,

предотвращение сброса недостаточно очищенных вод в реки и водохранилища, проведение мониторинга и прогнозирования состояния водных ресурсов под воздействием климатических и антропогенных факторов (Савкин, 2000).

В настоящее время многие крупные реки разделены плотинами, которые играют важную роль в борьбе с паводками, в ирригации, производстве электроэнергии и в стабилизации работы электроэнергетической системы в целом (Раткович и др., 1994). Тем не менее, помимо ряда очевидных выгод, строительство плотин может угрожать речным экосистемам, например, изменением гидравлических условий, эвтрофикацией, блокировкой путей миграции рыб и сокращением видового разнообразия. Кроме того, строительство дамб может изменить температуру воды в бассейне, а это также негативно отражается на речных экосистемах (Титков, 2013).

Кроме того, несмотря на проводимые ремонтные работы, большое количество водохранилищ имеет проблему с потерями воды на участке плотины, а также с потерями из водохранилища в другие водоносные горизонты из-за нарушения естественного состояния карста. В сильно закарстованной местности водохранилища ведут себя не прогнозируемо – некоторые из них могут быть заполнены лишь частично, а некоторые высыхают из-за повышенной утечки. Однако риски могут быть значительно снижены за счет улучшения методов исследования с использованием региональных гидрогеологических, тектонических, спелиогенетических и других подходов, которые часто игнорируются или недостаточно используются на этапах планирования проекта и проведения полевых исследований.

Чтобы успешно бороться с карстом, необходимы инновации, инженерная практика, осуществимость исполнения и коммерческое понимание. В случае больших карстовых каналов одной только заливки раствора явно недостаточно. Специальная обработка больших каверн и гибкость во время выполнения цементной завесы, включая модификации и приспособления на основе геологических данных, должны быть стандартной процедурой для строительства плотины в карстовых условиях, чтобы минимизировать риск. Такой подход является основным мировым правилом в борьбе с утечками с участков плотин и устоев водохранилищ (Milanović, 2011).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сооружение водохранилищ способствуют решению ряда экономических и социальных проблем, но имеет немало последствий, пагубных для окружающей среды. Так первоначальное заполнение неизбежно вызывает физические и химические изменения, которые по-разному, но чаще негативно влияют на водную биоту. Сложные гидродинамические характеристики многих резервуаров еще больше усложняют ситуацию. Происходит уничтожение пойменных природных экосистем и хозяйственно ценных угодий на попадающих под затопление речных террасах с плодородными почвами.

Серьезные последствия могут возникать ниже плотины иногда на сотни километров. Это связано с действием водохранилища как источника или поглотителя тепла, отложений и растворенных веществ, а также с изменениями суточной или годовой схемы паводкового затопления. Движение проходных рыб может быть затруднено или заблокировано, их нерестилища недоступны или уничтожены.

Большие водохранилища изменяют климат в своих окрестностях и ниже по течению. Они могут вызывать сейсмическую активность при определенных геофизических условиях, которые еще не полностью изучены.

Процесс сооружения водохранилищ также способствует распространению одних болезней и уменьшению заболеваемости другими, что может вызывать серьезные нарушения в социальной и экономической жизни людей (Milanović, 2011; Milanović, 2021).

Несмотря на значительный прогресс в прогнозировании воздействия плотин и водохранилищ на окружающую среду, все еще невозможно с уверенностью предсказать все последствия, особенно при реализации очень крупных проектов.

Так, при исследовании территорий для определения подходящего места под строительство плотины, дается оценка для определения размера будущей плотины. Далее имея выбор участков плотин и водохранилищ различного размера, гидролог или аналитик должны оценить водоотдачу с каждого участка, а также величину и частоту экстремальных паводков и малых потоков (Imre et al., 2002).

Эта информация облегчит выбор подходящего участка для удовлетворения потребностей региона в воде, а также предоставит критерии потока для проектирования отводящих сооружений и оценки компенсационных попусков воды, необходимых для условий низкого расхода.

Кроме того, там, где в речной системе (сети) уже существуют другие водохранилища, требуется оценка воздействия нового водохранилища на приток и отток этих существующих водохранилищ. Во всех этих исследованиях решающую роль неизменно играет наука гидрология.

### Список литературы

- Авакян А. Б. Водоохранилища, их влияние на природу и хозяйство, принципы создания // Некоторые проблемы эксплуатации водных ресурсов СССР. – 1973. – № 11. – С. 42–51.
- Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.
- Валиулин В. И. вновь о Крапивинском водохранилище. Среда выживания // Кузнецкий рабочий (г. Новокузнецк). – 2004. – 23 ноября (№ 139). – С. 7–8.
- Васильев Ю. С., Масликов В. И., Шилин М. Б. Режим регулирования стока рыбинского водохранилища как основной фактор формирования экологической ситуации в осушной зоне // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2016. – № 42. – С. 28–42.
- Васильев Ю. С., Ролле Н. И. Процессы в водохранилищах при поступлении биогенных и загрязняющих веществ. – Текст непосредственный // Гидротехническое строительство. – 1987. – № 10. – С. 19–21.
- Волкова Е. Разольется Кузбасское Море. Власти планируют достроить Крапивинскую ГЭС // Еженедельник «Аргументы и факты» АиФ в Кузбассе. – 2020. – № 47 (18/19). – С. 1.
- Голик А. С., Попов В. Б., Кинзаков В. В., Колосов М. Ю. Исследование экологической экосистемы водохранилища у горы зеленая п.г.т. Шерегеш Кузбасса // Вестник МАНЭБ. – 2020. – 25 (4). – С. 47–59.
- Егоров, А. Г. Прогнозная оценка рекреационной устойчивости фитоценозов береговой полосы водохранилища Крапивинского гидроузла // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. – Кемерово, 2005. – Вып. 1. – С. 40–46.
- Казьмин С. П., Климов О. В., Матвеева Ю. В. Геоэкологическое состояние береговой зоны и акватории Беловского водохранилища. // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: География. Геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 139–147.
- Калецкая М. Л. Роль режима Рыбинского водохранилища в жизни млекопитающих // Труды Дарвинского государственного заповедника. – Вологда, 1957. – Вып. 4. – С. 18–23.
- Карманова А. В. Крапивинское водохранилище и его роль в решении проблемы водопользования и природообустройства // Творчество юных – шаг в успешное будущее : труды X Всероссийской науч. молодежной конф. с международным участием с элементами научной школы имени профессора М. К. Коровина по теме: «Арктика и ее освоение» – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2017. – С. 64–67.
- Коронкевич Н. И., Барабанова Е. А., Гергиади А., Долгов С. В., Зайцева И. С., Катушина Е.А. Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы России // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89 (№3). – С. 603–614.
- Корпачев В. П., Пережилин А. И., Андрияс А. А. Водоохранилища ГЭС Сибири. Проблемы проектирования, создания и эксплуатации. – Красноярск: СибГТУ, 2015. – 209 с.
- Корпачев В. П., Пережилин А. И. Особенности проектирования подготовки под затопление ложа водохранилищ ГЭС Сибири. // Природообустройство. – 2008. – № 3. – С. 59–63.
- Лебедева И. П. Значение водохранилищ в комплексном управлении наводнениями в начале 21 века // Природообустройство. – 2019. – № 1. – С. 19–26.
- Максимович Н. Г., Пьянков С. В. Малые водохранилища: экология и безопасность. – Пермь: Раритет-Пермь, 2012. – 253 с.
- Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек. – М.: Издательско-торговый дом «ГРАНД», 2003. – 551 с.
- Оксинок О. И., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 62–76.
- Орлова С. С., Досаева З. З. Анализ влияния строительства прудов и малых водохранилищ на окружающую среду // Инновационные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении : Материалы V Международной научно-практической конференции Инновационные технологии в строительстве,

теплогазоснабжении и энергообеспечении (Саратов, 23-24 марта 2017 г.). – Саратов: ООО «Амирит», 2017. – С. 161–163.

Раткович Л. Д., Матвеева Т. И., Гаврилов Д. В. К вопросу о целесообразности возобновления строительства Крапивинского водохранилища // *Juvenis scientia*. – 2017. – № 6. – С. 7–9.

Рябоконь Ю. И., Чебых М. М. Охрана окружающей среды. – Красноярск: КГТА, 1994. – 144 с.

Савкин В. М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири (при крупномасштабных водохозяйственных мероприятиях). – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 152 с.

Титков С. Б. Зарубежный опыт по защите населённых пунктов от затопления в бассейне // *Градостроительство*. – 2013. – № 5 (27). – С. 62–65.

Угрюмова Б. И., Шилинко К. И. Проблемы качества воды в водохранилищах вследствие их загрязнения древесной массой // *Системы. Методы. Технологии*. – 2009. – № 2. – С. 112–113.

Ai X. S., Ran B. Y. FS-DDP method and its application to optimal of groups of reservoirs // *Hydropower Autom.* – 2007. – N 1. – P. 13–16.

Avakyan A. B. Economic and ecological consequences reservoir // *Translated from Gidrotekhnicheskoe Stroitelstvo*. – 1991. – N 8. – P. 455–464.

Baxter R. M. Environmental effects of reservoirs // *Microbial Processes in Reservoir*. – 1985. – P. 1–26.

Imre V. Nagy, Kofi Asante-Duah, Istvan Zsuffa Planning for Dams and Reservoirs: Hydrologic Design Elements and Operational Characteristics of Storage Reservoirs // *Hydrological Dimensioning and Operation of Reservoirs*. – 2002. – Vol. 39 – P. 29–60.

Milanović P. Dams and Reservoirs in Karst // *Karst Management*. – 2011. – P. 47–75.

Milanović S., Vasić L. Review: Methodological approaches and research techniques for addressing construction and remediation problems in karst reservoirs // *Hydrogeology Journal*. – 2021. – Vol. 29. – P. 101–122.

Shchedrin V. N., Vasilev S. M., Kolganov A. V., Medvedeva L. N., Kupriyanov A. A. Meliorative institutional environment: The area of state interests // *Espacios*. – 2018. – T. 39, N 12. – P. 28.

Shibao Lu, Yizi Shang, Wei Li, Yi Peng, Xiaohu Wu Economic benefit analysis of joint operation of cascaded reservoirs // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – Vol. 179. – P. 731–737.

You Xu, Xiaojuan Guo, Yong Dan, Zhengjian Yang, Jun Ma, Defu Liu, Yaqian Xu Impact of cascade reservoirs on continuity of river water temperature: A temperature trend hypothesis in river // *Hydrological processes*. – 2020. – Vol. 35 (1). – P. 35:e13994.

Zhou Tongtiegang, Cai Ximing, Yang Dawen Effect of streamflow forecast uncertainty on real-time reservoir operation // *Water Resour.* – 2011. – N 34. – P. 495–504.

**Prosekov A. Yu. Effect of artificial flooding for reservoir construction purposes on the biological resources of the flooded area // *Ekosistemy*. 2021. Iss. 27. P. 74–84.**

Russia is currently busy implementing an extensive hydropower program, which will provide population with balanced and safe water supply. The XX century was the era of large-scale land reclamation, huge man-made reservoirs, and powerful hydroelectric power plants, which resulted in numerous artificial floods. Although the diking of large rivers contributed to the economic growth, their construction and operation had serious consequences for many river valleys. Unfortunately, defective diking projects still make this issue relevant. Water resources are the most important factor in human life and in nature. Artificial reservoirs have an enormous impact on the environment. On the one hand, their construction is economically justified; on the other hand, they violate the hydrological regime of the rivers, distort the river valleys, cause soil degradation, and kill terrestrial vegetation in the flooded areas. Moreover, they affect groundwater and river systems, thus causing climate change. Very often, man-made reservoirs deteriorate the sanitary and hygienic state of the adjacent territories, change in the amount of fresh water, and kill the fish. Large reservoirs have always received special attention from scientists, who believe that constant monitoring can prevent disasters. The state takes various measures to preserve water and land, as well as their recreational and biological resources. The mode of operation of hydroelectric power plants and reservoirs is an important factor of environmental protection measures. To minimize the negative consequences of diking, authorities should constantly assess and forecast the state of nature in the related areas, design detailed land development projects, and perform various preventive measures. Thus, this issue requires serious study and planning at the project stage.

*Key words:* reservoir, flooded area, ecosystem, biocenosis, natural resources.

*Поступила в редакцию 26.04.21  
Принята к печати 24.09.21*