

Введение

Тема влияния водохранилищ на окружающую среду прочно заняла свое место на страницах научной и массовой печати всего мира. Но еще лет 20—30 назад трудно было ожидать выхода в свет книги с таким названием. Во-первых, проблема рационального использования и охраны природных ресурсов интересовала тогда лишь узкий круг биологов и географов; во-вторых, наши знания об искусственных водоемах были значительно скромнее. Да и крупных водохранилищ было немного. Исследования собственно технических аспектов гидротехнического строительства уже в 30—40-х годах получили широкое развитие. Но природоведческая сторона проблемы, многочисленные аспекты последствий создания водохранилищ исследованиями затрагивались тогда в гораздо меньшей степени, нежели в настоящее время, за исключением наблюдений за гидрологическим режимом водохранилищ и исследований динамики (переработки) берегов. Влияние же крупных акваторий на климат, почвенные воды, растительный покров, животный мир при обосновании того или иного варианта сооружения гидротехнического комплекса в 50-х годах практически не учитывалось. Страна нуждалась в резком подъеме энергетической базы хозяйственного развития, срочно нужна была энергия; ее могли дать гидроэлектростанции без затраты угля и нефти, которых в то время добывали много меньше, чем сейчас.

За 50—60-е годы многие реки нашей страны и прежде всего европейской территории бывшего СССР превратились в каскады гидроэлектростанций с водохранилищами, крупнейшие из которых образованы на Волге, Каме, Днестре, Ангаре, Енисее, частично на Иртыше и других реках. С каждым годом число крупных искусственных водоемов возрастает и в нашей стране и за рубежом. Их создание — пример наиболее глубокого вмешательства человек как в природные процессы на обширных территориях. Во-1 дохранилища помогают решать проблемы энергетики, орошения сельскохозяйственных земель, водного транспорта, водоснабжения крупных предприятий, городов и других населенных пунктов, улучшения рыбного хозяйства, создают предпосылки для организации зон массового отдыха, туризма и многое другое.

Строительство водохранилищ обеспечивает более полное использование водных ресурсов. Но кроме «запрограммированных» изменений в природных условиях появляются «побочные» (по отношению к заказанным) следствия, не всегда положительные. Некоторые нежелательные изменения в природе и хозяйстве прилегающих и более отдаленных территорий суши и морей, вызванные созданием водохранилищ, сказываются многие годы и десятилетия. Это неблагоприятные условия для нереста проходных и полупроходных рыб и некоторые стороны изменения общей биологической продуктивности; затопление и подтопление земель, в том числе

сельскохозяйственных и лесных; просадка и разрушение берегов, развитие оползней, заболачивание и засоление почв, новые черты в метеорологическом режиме и т. д.

Комплексные исследования воздействия водохранилищ на окружающую территорию впервые были проведены в 20-х годах при проектировании первенца отечественной гидроэнергетики — Волховской ГЭС. Вновь уже на другой, более широкой и комплексной базе они развивались с начала 60-х годов в Институте географии Академии наук СССР. Возникла необходимость дать прогноз воздействия проектировавшихся тогда энергетиками гигантских водохранилищ на Оби, Печоре, Вычегде на природную среду, дискуссия о целесообразности сооружения которых была чрезвычайно остра. Надо было оценить разные варианты проектов.

Для этого были организованы экспедиционные исследования в районы существующих водохранилищ (Рыбинского, Камского, Новосибирского, Братского, Бухтарминского, Ивановского и т. д.), а также в районы проектируемых.

Важной (вероятно, главной) особенностью этих исследований являлось то, что они носили междисциплинарный, комплексный характер. Действительно, в составе голевых отрядов на берегах водохранилищ по единой программе работали геоморфологи, гидрогеологи, гидрологи, климатологи, почвоведы, ботаники, физикогеографы. В последующие годы такого рода исследования были организованы и сейчас проводятся и другими коллективами научных учреждений, вузов, проектных организаций. Теснее становятся связи таких изысканий с исследованиями гидробиологов, гидрохимиков, ихтиологов.

На современном этапе развития географии, который 10 лет назад академиком И. П. Герасимовым был назван конструктивным, роль таких междисциплинарных исследований резко возросла. Всестороннее изучение взаимодействия инженерно-технических объектов с природной средой, экономическая и экологическая оценка результатов и последствий — это путь к рациональному использованию природных ресурсов и их охране в процессе эксплуатации.

1. Водохранилища – основные понятия.

Водохранилища — искусственные водоемы. Они предназначены для задержания, накопления, хранения и перераспределения во времени воды — регулирования речного стока с целью использования его для удовлетворения нужд народного хозяйства: выработки электрической энергии, орошения, водоснабжения, водного транспорта. Большие водохранилища обычно обслуживают несколько отраслей народного хозяйства.

Водохранилища создаются путем возведения плотин, перегораживающих долину реки, путем обвалования речной поймы. В водохранилища превращены некоторые озера путем искусственного повышения их уровня с помощью плотин, построенных вблизи истоков вытекающих из них рек. На больших реках создаются каскады водохранилищ. Малые водохранилища, создаваемые на мелких звеньях гидрографической сети, называют прудами, а в земляных выемках — копаниями.

Площадь водохранилищ различна: от нескольких гектаров до нескольких тысяч квадратных километров! Размеры некоторых водохранилищ не уступают большим озерам мира. В России наибольшими водохранилищами (по площади), не считая Иркутского и Верхне-Свирского, образованных путем подпора уровня Байкала и Онежского озера, являются Куйбышевское (5900 км²) и Братское (5500 км²). За рубежом к крупным водохранилищам относятся: Кариба— на р. Замбези, Мид — на р. Колорадо, Гаррисон — на р. Миссури и др.

Размеры площадей водохранилищ и другие морфометрические элементы сильно меняются при колебании уровней. Так, площади Рыбинского, Цимлянского, Куйбышевского водохранилищ сокращаются в 1,5—2 раза при максимальном снижении уровней по сравнению с наивысшим проектным уровнем, что, естественно, не может не отразиться на изменении их гидрологического режима, преобразовании берегов и дна котловины.

По форме в плане и строению котловины водохранилища делят на речные и озерные. Речные водохранилища (иногда их подразделяют на русловые и долинные) образуются в результате затопления русел и долин рек (Горьковское, Волгоградское, Усть-Каменогорское и др.). Форма их вытянутая, очертания уреза повторяют очертания русла или долины. Длина во много раз превышает ширину. Наибольшие глубины располагаются в местах затопленных русел и увеличиваются в направлении к плотине.

Водохранилища озерного типа возникают в случае подпора озер, а также при затоплении не только русел и речных долин, но и при-водораздельных пространств и междуречий (Рыбинское), бессточных котловин (Куюмазарское водохранилище в бассейне Зерав-шана). Некоторые авторы выделяют озерно-речные водохранилища. Они возникают при затоплении речных долин и их озеровидных расширений (Куйбышевское, Цимлянское и др.).

Водохранилища, созданные в долинах рек, совмещают в себе признаки

озера и реки. С озером их сближает замедленный водообмен и как следствие расслоение водной массы. Сходство с рекой заключается в постоянстве поступательного движения воды, наблюдаемого в их верхних участках и по оси бывших затопленных русел. Это создает большую проточность (водообменность) в водохранилищах по сравнению с озерами и тенденцию к нарушению стратификации.

Таким образом, двойственная природа водохранилища и искусственное регулирование стока его вод создают своеобразие в уровне, термическом, химико-биологическом, ледовом режиме и динамике его водной массы. В крупных речных и озерно-речных водохранилищах по морфометрическим особенностям котловины и по степени соответствия режима речному или озерному типу выделяются характерные участки: нижний — приплотинный, всегда глубокий, с преобладанием режима озерного типа; средний — промежуточный, глубоководный только при высоких уровнях; верхний — мелководный, расположенный главным образом в пределах подтопленного русла и поймы, где в режиме преобладает речной тип и участок выклинивания подпора. Границы этих участков условны. Иногда их намечают по характеру режима волнения, меняющегося в связи с изменением глубины и амплитуды колебания уровней.

2. Водохранилища как часть сложной природно-технической системы и зоны его влияния на окружающую среду.

Водохранилищами называют искусственно созданные водоемы или естественные озера с режимом, измененным человеком. Их обычно создают в долинах рек, ручьев, а также в чашах естественных озер путем возведения подпорного сооружения — плотины. В зависимости от ее высоты водохранилище может занять ту или иную часть долины водотока или озерной чаши и даже водораздельную территорию. Примером последнего служит Рыбинское, образованное путем затопления долин трех рек: Волги, Мологи и Шексны, а также Моложско-Шекснинского междуречья.

В отдельных случаях водохранилища создаются путем сооружения выемки. Это так называемые наливные водохранилища. Для них с помощью землеройных машин обваловывается (иногда и углубляется) территория обычно в непосредственной близости от русла естественного водотока. Вода наливается (самотеком или путем подкачки) в период избыточного ее количества в реке.

Основным признаком водохранилища, отличающим его от естественного водоема, признаком обязательным, является возможность регулирования расхода воды из водохранилища и его уровня. Без соблюдения этого условия водохранилища нет. Если по длине речной долины созданы два водохранилища или более (каскад), то появляется возможность в некоторых из них регулировать и приток воды.

Для водохранилища в момент его создания и в первый период его существования (несколько лет, десятилетий) чрезвычайно характерно несоответствие между режимом водной массы и чашей водохранилища, т. е. как бы несоответствие между формой и содержанием. Рельеф речной долины формировался в совершенно иных при родных условиях, нежели те, которые возникали в результате превращения речной долины в чашу водохранилища. В этом смысле создание водохранилища, особенно крупного, надо уподобить «геологической» катастрофе, внезапной трансгрессии. Во вновь созданных условиях процессы взаимодействия водных масс с сушей, процессы становления режима водных масс внутри водоема, изменения условий на прилегающей суше происходят очень быстро. На глазах одного поколения и даже в более короткие сроки можно наблюдать такое развитие новых форм рельефа берегов и чаши, новых условий, которое для естественных водоемов длится во много раз (на несколько порядков) дольше. Таким образом, водохранилища, особенно большие, являются, помимо своего практического назначения, как бы крупными научными лабораториями, крайне интересующими географов, геологов, гидрологов, геоморфологов, гидротехников, гидробиологов, ихтиологов, гидрохимиков, климатологов и многих других специалистов в различных областях естественных и технических наук. Это крупный эксперимент в природе.

Нередко естественные, неуправляемые процессы в водохранилище приобретают неблагоприятные направления как с позиций эксплуатации водохранилищ по их прямому назначению, так и исходя из интересов наиболее эффективного использования комплекса водных и других естественных ресурсов: земельных, лесных, горнорудных, климатических, биологических (внутри водоема и на суше, растительных и животных) и т. п. Для ликвидации этих неблагоприятных последствий требуются обычно немалые денежные затраты, большие трудовые и материальные усилия. В литературе и в быту кроме термина «водохранилище» встречается термин «пруд». Это тоже искусственный водоем. Есть ли разница и какая именно между этими двумя понятиями? С точки зрения авторов, принципиальной разницы нет, преимущественно она определяется размерами. Водохранилища бывают очень крупными, большими, средними, малыми; пруды — это малые хранилища воды. В прудах гораздо легче, чем в более крупных водохранилищах, управлять многими процессами, определяющими режим водных масс, режим и формы дна и берегов. В нашем понимании, малое водохранилище и ПРУД — это синонимы.

С природоведческой точки зрения, водохранилища не могут быть названы озерами, хотя внешне многие водохранилища в наиболее широкой своей части напоминают их и потому нередко называются искусственными озерами. Причин, по которым водохранилища нельзя отождествить с озерами, достаточно. Здесь назовем четыре.

Лишь некоторые озера вытянуты в длину настолько, по сравнению с наибольшей и средней своей шириной, что в плане их можно уподобить речному разливу. Из больших и средних в нашей стране это озера Хантайское, Телецкое, Пясино. Наоборот, среди водохранилищ всех размеров (за исключением очень малых и, конечно, наливных водохранилищ) почти нет таких, которые в плане не напоминали бы речной разлив при очень высоком паводке. Водохранилищ, по форме своего зеркала целиком напоминающих озера, очень мало; среди крупных — Рыбинское. Заметим, что оно имеет удивительно общую в плане конфигурацию с Онежским озером. Это не случайно. Причиной тому служит общность «пер возданного» рельефа, т. е. рельефа, существовавшего до образования озера или водохранилища, в данном случае рельефа водно-ледниковой равнины.

Второе коренное отличие водохранилища от озера заключается в том, что по длине водохранилища, от плотины вверх по бывшей реке, новый подпертый водоем имеет несколько естественных природных зон. Каждая из них характеризуется специфическими гидро и морфо-динамическими особенностями. Выделяют выделяем четыре гидрологические зоны.

Глубоководная нижняя зона, где при всех уровнях волнение развивается свободно, не взаимодействуя, за исключением прибрежной полосы, с дном. Динамические условия близки к морским или глубоководноозерным.

Промежуточная зона средних глубин в зависимости от положения уровня воды в разные сезоны года может быть либо глубоководной (при

уровнях, близких к нормальному подпорному уровню, т. е. НПУ), либо мелководной (при низких отметках уровня).

Мелководная зона, где при любых положениях уровня сохраняются условия мелкого моря или озера. Развитие волнения ограничивается влиянием дна. Волны здесь крутые.

Зона выклинивания подпора, в которой даже при самом высоком горизонте воды сохраняются условия мелко водного разлива; по мере снижения уровня она полностью обсыхает и становится либо дельтой, либо устьевым участком речного русла. Указанная зона существует во всех отдельно расположенных водохранилищах, а в каска де бывает лишь в верхних водохранилищах.

Третье, самое важное различие, вытекающее из основного признака, особенно характерно для очень крупных и больших водохранилищ. Оно заключается в коренном различии амплитуд колебаний уровня воды. В естественных больших озерах, находящихся в самых разнообразных географических условиях, таких, как Ханко, Байкал (до его подпора плотиной Иркутской ГЭС), Ладожское, Онежское (до его подпора плотиной Верхне-Свирской ГЭС), Севен (до частичного его опоражнивания и снижения уровня при выработке энергии на каскаде ГЭС, построенных па реке Раздан, вытекающей из Севана), Балхаш, Иссык-Куль и целый ряд других, годовая амплитуда уровней обычно очень невелика (0,2—1,5). Исключение составляет озеро Ильмень; амплитуда его уровня достигает 6—8 м. Оно по многим сторонам своего режима и режима прилегающей территории напоминает водохранилища на равнинах.

Из амплитуд искусственно регулируемых уровней наших крупнейших и больших водохранилищ приведем несколько достаточно типичных для водохранилищ на равнинных реках европейской части страны.(табл.1)

Таблица 1

Водохранилище	Амплитуда (округленно), м	Водохранилище	Амплитуда (округленно), м
Камское на Каме	8	Рыбинское на Волге	5
Водохранилище Днепрогэса на Днестре	7	Каховское на Днепре	4
Куйбышевское на Волге	7	Горьковское на Волге	3
Цимлянское на Дону	6	Волгоградское на Волге	2

Еще больше амплитуды уровней на неравнинных водохранилищах (глубоко врезанных в плато, предгорных, горных): Братское на Ангаре — до 10 м; Красноярское на Енисее — до 18; Токтогульское на Нарыне (приток Сырдарьи) — порядка 50; Ингурское на Ингури — около 80 м.

Изменения, которые испытывает уровень воды в водохранилище в течение года, ведут к сезонным изменениям глубин, течений, ветроволновых процессов, что накладывает отпечаток на динамику берегов, накопление донных осадков, на термику, гидрохимический, гидробиологический

режимы, на величину площади зеркала и зоны периодической осушки и затопления, на характер влияния водоема на прилегающую сушу. Следовательно, водохранилище — водоем крайне неодинаковый в разные сезоны года. В сущности при низком и высоком уровне — это совершенно разные водоемы. Достаточно сказать, что одно из крупнейших наших водохранилищ Куйбышевское, образованное плотиной гидроэлектростанции им. В. И. Ленина на Волге, в районе г. Тольятти (бывший Ставрополь), в начале Самарской Луки, выше г. Куйбышева, вдвое уменьшает площадь своего зеркала при снижении уровня от нормального подпорного до предельно допустимого при сработке водохранилища. Площадь переменного затопления или периодической осушки (полуболота) равна площади зеркала при минимальном горизонте воды. В это время она превышает 2,5 тыс. км². Среди водохранилищ есть и такие, которые в отдельные годы срабатываются полностью, т. е. осушаются до дна, например в среднеазиатских республиках, в Донбассе и др.

Такого положения в естественных озерах, за редким исключением, не бывает. А в числе особенных водоемов, с гидрологических позиций, помимо уже упомянутого озера Ильмень, следует назвать крупные бессточные озера: Чаны (юг Западной Сибири), Денгиз (Северный Казахстан), Алакуль (Восточный Казахстан). Площади их зеркала также колеблются в больших пределах, с той, однако, разницей (по сравнению с водохранилищами), что эти колебания происходят не внутри года, а внутри группы лет, в зависимости от размеров стока с водосборной площади.

Четвертое отличие водохранилища от озера заключается в следующем. Все физические, химические и биологические процессы (выделяющие озеро среди других поверхностных материковых водоемов), которые формируют облик озера как природного географического объекта, происходят в условиях весьма замедленного водообмена. Однако в подавляющем большинстве водохранилищ, созданных в речных долинах, это замедление гораздо меньше, чем в естественных озерах, и вот по каким причинам.

При сооружении каскадов ГЭС на крупных реках наибольшие регулирующие емкости сосредоточены в немногих из них. На Волге, например, из семи водохранилищ от Ивановского до Волгоградского основная регулирующая роль возложена на Куйбышевское и Рыбинское водохранилища, а на Днепровском каскаде, где шесть водохранилищ, — на Кременчугское. В приплотинных зонах этих водохранилищ действительно наблюдается настолько замедленный водообмен, что его можно уподобить озерному, причем глубоководные зоны таких водохранилищ во многом приближаются по ряду особенностей своей водной массы к озеру. Однако это относится лишь к глубоководной приплотинной зоне.

Подавляющее число крупных равнинных водохранилищ даже в этой своей зоне имеет менее замедленный водообмен, например Горьковское на Волге. В нижней части оно расширяется наподобие озера, но, по свидетельству К. К. Эдельштейна, замедленный водообмен, тождественный озерному, наблюдается не круглый год, а лишь в поз-дневесенний и летне-осенний

периоды (около 6,5—7 месяцев). Остальное же время водохранилище весьма интенсивно промывается: ранней весной — вешними водами Верхней Волги и притоков, зимой — водами из Рыбинского водохранилища. Интенсивный промыв свойствен и ряду горных водохранилищ.

Таким образом, по характеру водообмена, в большой мере определяющему тип водного режима водоема в самых различных аспектах, основная масса водохранилищ занимает промежуточное положение между реками (с их ускоренным транзитным водообменом) и озерами.

Итак, водохранилище представляет собой искусственно созданный природный объект, входящий в состав более сложного образования — геотехнической (природно-технической) системы, состоящей из природных и технических элементов, тесно связанных между собой вещественно-энергетическими и информационными потоками. К техническим элементам, или подсистемам, отнесем плотину, шлюзы, рыбоподъемники, турбины, линии электропередач, отходящие от гидростанции. Водохранилище и каждый из названных технических элементов функционируют как целостное образование.

Внимание к различным сочетаниям технических и природных систем в последние годы резко возросло. Это связано с тем, что взаимодействие человека с природой осуществляется сейчас в основном не непосредственно, а через технику. Насыщенность природной среды техническими сооружениями возрастает с каждым годом. Инженерно-технические сооружения чрезвычайно разнообразны. Весьма разнообразна и степень или жесткость связи технического сооружения с природной средой.

Наиболее простыми, с точки зрения влияния на природную среду и взаимодействия с геосистемами, представляются нам сооружения типа маяков, светофоров, вышек, антенн. Это пассивные сооружения, влияющие на природу лишь в силу своего присутствия. Направленный поток вещества через природные и технические элементы отсутствует. Работа (антенн, маяков) меньше зависит от состояния внешней среды. Можно, правда, возразить: напри мёр, в густом тумане дальность видимости прожектора маяка резко снижается. Но при этом собственно его функционирование — мощность светового потока — не зависит от состояния атмосферы.

Иное положение в геотехнической (природно-технической) системе. Ее работа зависит от свойств природной среды и человека. Взаимосвязь достигается сквозными потоками вещества, энергии и информации через все подсистемы. Эти потоки устойчивы во времени и пространстве, так как определяются технологией производства. Неотъемлемая часть геотехнической системы — управляющая подсистема — блок регулирования. Геотехническая система энергетического назначения, частью которой является водохранилище, — активное сооружение, поскольку оно специально предназначено для изменения свойств природной среды и извлечения (производства) из нее энергии. Благодаря использованию информации о состоянии различных подсистем геотехнической системы открываются возможности рационализации ее функционирования. Возможность

регулирования режимом всей системы, с учетом информации о состоянии ее подсистем, позволяет предотвратить многие опасные или нежелательные явления в зоне влияния сооружения. Для иллюстрации этого утверждения применительно к водохранилищам обратимся к трем примерам.

Сильное заболачивание в прибрежных биогеоценозах наблюдается в годы с высоким уровнем водохранилища за вегетационный период. Но особенно неблагоприятен такой режим в период избыточного атмосферного увлажнения. Даже небольшое снижение уровня воды в водоеме, иногда только на 0,2—0,3 м, позволяет либо полностью избежать активизации процессов заболачивания, либо сильно уменьшить ее. Поэтому в интересах сельского и лесного хозяйств, ведущихся на прилегающих к водохранилищу территориях, в ряде случаев необходимо снижение уровня воды в водохранилище в летний период.

Другой пример — сброс воды в нижний бьеф в сухой период в интересах водного транспорта для поддержания гарантированных глубин. И в этом случае регулирование осуществляется путем изменения уровня режима водоема.

Рациональные сбросы воды из водохранилища в нижний бьеф следует рассматривать как улучшение режима водохранилища благодаря использованию информации, поступающей по самым различным каналам и в различных целях.

Например, информация, уточняющая ранее данный гидрологический прогноз и предупреждающая о паводках на притоках в объемах больше ожидавшихся, заставит сделать сброс из водохранилища, чтобы подготовить его к приему дополнительных вод и не допустить такого повышения уровня воды в нем, которое нарушило бы нормальную эксплуатацию береговой полосы и сооружений, на ней расположенных.

В других случаях размер сброса в нижний бьеф диктуется информацией о санитарно-гигиеническом состоянии нижнего бьефа; обычный (заранее установленный) санитарный попуск может быть резко увеличен, если этого требует обстановка.

Большой интерес и сложность представляют собой специальные сельскохозяйственные и рыбохозяйственные весенние попуски. Они должны имитировать половодье, обводнить пойму и дельту в достаточной мере для последующей вегетации и для того, чтобы обеспечить нерест проходных и полупроходных рыб и последующий уход (рыбаки говорят «скат») в море молоди. При этом нужно потратить меньше воды, чем ее уходит в процессе естественного половодья, используя эту воду для других целей и в другие сезоны года. Ежегодное заблаговременное определение объема и режима такого попуска, наиболее оптимального также и с позиций удовлетворения потребностей других отраслей хозяйства, корректировка режима сброса в ходе его осуществления — сложная задача, решение которой связано с учетом многих вводных информационных данных природного и хозяйственного характера.

Функционирование геотехнической системы энергетического назначения, как указывалось выше, определяется как природными закономерностями

(влажностью года, термическими условиями и т. д.), так и общественными (потребностями в электроэнергии, в воде на орошение и обводнение земель и многое другое). В этих условиях представляется важным избежать ухудшения деятельности одной или двух подсистем или отраслей хозяйства в ущерб эффективности ее деятельности в целом. Например, если режим уровня подчинить интересам только водного транспорта, а не энергетики, то гидроэлектростанции потеряли бы одно из главных своих качеств в энергосистеме — способность покрывать пиковые нагрузки: сезонные, недельные, суточные.

Схема воздействия геотехнической системы на окружающую ее среду представлена на рис. 1

Рассмотрим области влияния собственно водохранилища (как составного элемента всей системы). Прежде всего прослеживаются области влияния на природную среду в районе верхнего и нижнего бьефов.

Район верхнего бьефа. Воздействие водохранилища осуществляется по подвижным компонентам ландшафта:

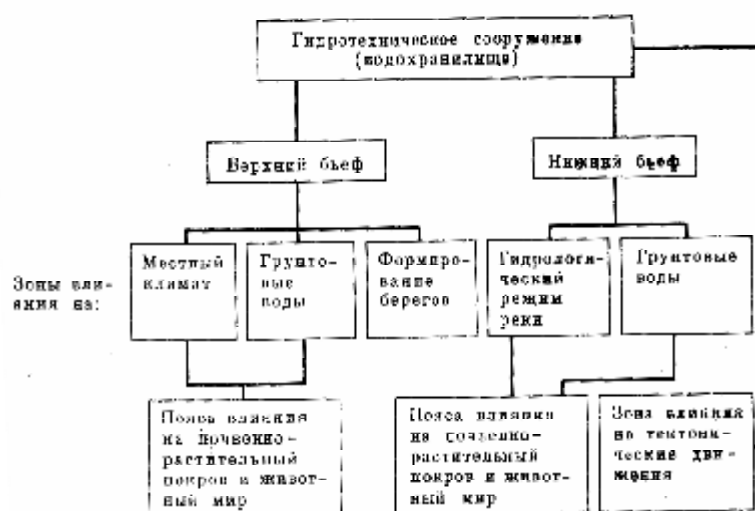


Рис. 1

Схема влияния водохранилища на природную среду

водным и воздушным массам, животному миру. Воздушные массы, проходя над акваторией, трансформируются, приобретают новые черты и создают тем самым зону климатического влияния. Движение водных масс создает зону размыва и аккумуляции берегов, зону гидрологического влияния (подпор боковых рек, притоков главной реки) и зону гидрогеологического влияния, связанную с фильтрацией вод из водоема в берег и подпором грунтовых вод со стороны фильтрационного потока от водохранилища.

Животный мир как подвижной компонент ландшафта воздействует на прилегающую территорию. Это влияние проявляется главным образом в период затопления территории, когда из зоны затопления ввиду надвигающейся «катастрофы» мигрируют на водораздел животные долин. Это воздействие относительно кратковременное, поскольку после

наполнения водоема животные находят постоянные места обитания либо в долинах соседних рек, либо приспосабливаются к новым условиям, внося, однако, изменения в прибрежные ландшафты. В этом отношении показательна гибель многих сосновых молодняков на 36 северо-западном побережье Рыбинского водохранилища, наблюдавшаяся в первые годы после его наполнения до проектной отметки. При подготовке ложа Рыбинского водохранилища к затоплению в 1938—1940 гг. лес интенсивно вырубался. Вскоре на его месте появились молодые сосны, березы и осины, которые представляли собой доступный зимний корм для лосей. С 1938 г. до заполнения всей чаши (1947) здесь наблюдалась значительная концентрация лосей. После 1947 г. площадь кормовой базы, естественно, резко сократилась; молодые деревья навсегда остались под водой. Животные в поисках пищи мигрировали на водораздельные пространства, прежде всего устремились на небольшие участки сосновых молодых лесов. Плотность населения лосей достигала 20 голов на 1 тыс. га. В итоге большинство молодых сосновых лесов на водоразделе либо погибло, либо они были повреждены лосями и испытывали угнетение.

Вернемся к рассмотрению зон влияния водохранилища. Изменения в климате прилегающей территории и в режиме грунтовых вод обуславливают в свою очередь преобразования в растительном, почвенном покрове и животном мире.

Внутри зон влияния прослеживаются подзоны, пояса в зависимости от интенсивности воздействия акватории, характера рельефа и других местных условий. Далее рассмотрим подобное образование подзон и поясов влияния в зоне гидрогеологического воздействия водохранилища на растительный древесный покров.

В нижнем бьефе (ниже плотины) отчетливо прослеживается зона гидрогеологического влияния. Снижение здесь уровня воды в реке, ликвидация весеннего паводка ведут к преобразованиям в режиме грунтовых вод прилегающей территории. Это в свою очередь вызывает изменения в почвенном, растительном покрове и в небольшой степени в животном мире в долине реки. Изменения связаны также с новым термическим режимом реки. Длина зоны влияния в нижнем бьефе обычно достигает нескольких сот километров. В той или иной степени она простирается до устья реки, но обычно ограничена последующим водохранилищем, если мы имеем дело с каскадом ГЭС. Наконец, следует сказать несколько слов о недавно выявленном виде влияния крупных водохранилищ на окружающую природную среду. Водохранилища активизируют движения земной коры, вызывая даже небольшие землетрясения. Например, на водохранилище Кариба расположенном в Южной Африке, зарегистрированы подземные толчки. Отмечались они и на некоторых других очень крупных искусственных водоемах земного шара такое явление следует объяснить изменением поля давления, перемещением центров давления. Безусловно эта проблема требует более глубокого рассмотрения

3. Влияние водохранилищ на климат

Воздействие акватории на климат прибрежной территории всегда вызывает повышенный интерес у местных жителей. Увеличение или снижение атмосферных осадков в отдельные годы, теплые зимы или холодные весны, интенсивные летние грозы, густые осенние туманы — все эти явления местное население нередко пытается связать с образованием искусственного озера. Правомерно ли такое объяснение? Может ли водоем площадью в несколько тысяч квадратных километров повлиять на метеорологический режим? Как далеко распространяются воздействия водохранилища?

Каждый человек, побывавший в летний полдень на берегу озера или водохранилища, даже небольшого пруда, испытывал на себе их охлаждающее влияние. В ясный весенний и летний день можно наблюдать развитие бриза на берегу крупного водоема, что также является характерной чертой метеорологического режима побережья. Осенью теплое водохранилище способствует образованию туманов. Многочисленные факты и наблюдения метеорологических станций показывают, что климат прибрежной зоны приобретает ряд новых постоянных черт, ранее до создания водохранилища отсутствующих.

Климат как многолетний режим погоды формируется под влиянием ряда факторов, важнейшими из которых являются два: приход — расход солнечной энергии (радиационные факторы) и циркуляция атмосферы. Именно они определяют смену времен года, оттепели зимой и похолодания летом, продолжительные засушливые и влажные периоды. Но важную роль играют и местные условия. В их число входят: рельеф территории (расчлененность, экспозиция и крутизна склонов, высота), характер растительного покрова, степень хозяйственного освоения. Наличие большого водохранилища играет роль местного фактора. Прежде всего встает вопрос, в чем состоит физический механизм влияния водной поверхности на метеорологический режим прибрежной зоны.

Напомним о различиях в физических свойствах водной поверхности и поверхности суши как деятельных поверхностях, трансформирующих поток солнечной энергии. Альbedo водной поверхности (отношение отраженной радиации к суммарной) при высоте солнца более 20° колеблется от 6 до 12% и всегда меньше альbedo поверхности суши. Наибольшие различия в альbedo наблюдаются в переходные сезоны, когда водохранилище свободно ото льда.

В таежной зоне в среднем за летний период различия в альbedo суши и водной поверхности составляют 2—5%, увеличиваясь в зоне лиственных лесов до 3—7, в степной — 8—15 и в зоне пустынь — 20—30%.

Другая причина различий в метеорологическом режиме водоема и суши, особенно на значительных по площади, состоит в том, что над акваторией происходит размыв нижней облачности. В мае, июне и июле число ясных дней над водохранилищем на несколько процентов больше. Это

обуславливает увеличение суммарной радиации (Q) над ним, которая на 3—10% выше суммарной радиации, приходящей на территорию, лежащую за пределами воздействия водохранилища (Q_e). Отношение Q/Q_c имеет наибольшие значения в мае и июне — 1,06—1,12. На Новосибирском водохранилище в среднем за безледоставный период суммарная радиация над водоемом на 5% больше, чем над сушей.

Радиационный баланс любой поверхности (R) может быть описан уравнением: $R = Q(1-A) - \dots$. Были рассмотрены различия в A и Q , т. е. в альбедо A и суммарной радиации. Рассмотрим эффективное излучение, представляющее собой разность собственного излучения поверхности и поглощаемого на поверхности противоизлучения атмосферы. Потери тепла деятельной поверхностью в основном зависят от ее температуры. Следовательно, различия в суммах эффективного излучения воды и суши тем больше, чем значительней термические контрасты между ними. Эффективное излучение поверхности глубоководных водоемов (глубиной более 10 м), например Куйбышевского водохранилища, в мае и июне в 2—3 раза меньше, чем на суше, а в сентябре и октябре на 30—50% больше. В июле и августе различия минимальные. На мелководных водохранилищах (глубиной до 5 м) различия составляют несколько процентов, причем весной эффективное излучение меньше с водной поверхности, а осенью больше.

В целом радиационный баланс — энергетическая база природных процессов — в первую половину теплого периода и особенно весной на 15—25% больше для водной поверхности, на некоторых глубоководных водоемах отношение R_B/R_0 достигает 1,3—1,5, а осенью снижается до 0,8 и даже до 0,4. Однако абсолютные значения радиационного баланса невелики. В октябре на водохранилищах лесной зоны они равны 0,5—0,3 ккал/см² мес. Годовые значения радиационного баланса на водохранилищах обычно больше на 15—20%. Много это или мало?

Рассмотрим для этого средние значения радиационного баланса трех подзон тайги: северной, средней и южной. Например, для территории Западной Сибири эти цифры соответственно равны 24, 29 и 35 ккал/см² год.

Таким образом, изменения, связанные с появлением водной поверхности, не превосходят по своим значениям различия в пределах соседних подзон тайги. Они обычно меньше. Отсюда можно предварительно заключить, что водохранилища не являются источником коренного преобразования климатических условий, но в то же время вносят заметные сдвиги в местный метеорологический режим.

Индикатором на величину изменения температуры воздуха в прибрежной зоне водохранилища и направленность процесса (охлаждение или отопление) является разность температур поверхности воды (T_p) и воздуха над сушей (T). Эта разность ($A \cdot t$) в свою очередь зависит от географической зональности и размеров водоема. Мелководные водохранилища, расположенные в северных районах, в течение непродолжительного времени после таяния льда охлаждают натекающий на них воздух, в остальную же часть года они отепляют его. У южных водоемов,

освобождающихся ото льда на 1— 1,5 месяца раньше, начало оттепляющего периода сдвигается на август или начало сентября.

Глубоководные водоемы (Братское водохранилище, озера Байкал, Ладожское, Онежское) прогреваются значительно медленнее. Поэтому на севере период охлаждающего влияния наблюдается до середины августа.

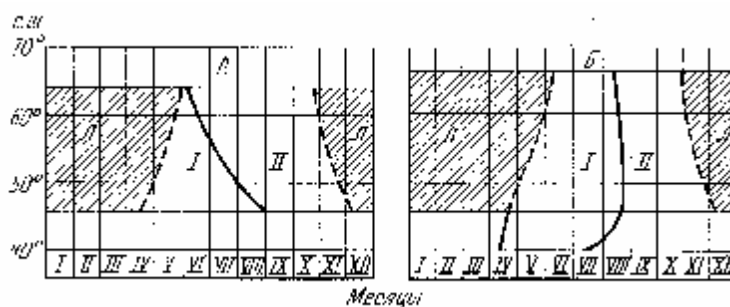


Рис.2

Изменение длительности периодов охлаждающего (I) и оттепляющего (II) влияния водохранилища на прилегающие территории. А — мелководные водоемы; В — глубоководные; косая штриховка — ледостав (Л)

На Куйбышевском, Цимлянском, Бухтарминском водохранилищах, расположенных в лесостепной, степной и полупустынной зонах, он увеличивается до 4—5 месяцев, главным образом за счет более раннего вскрытия.

Для выявления роли водохранилища в изменении температуры воздуха используется несколько методов. Один из них заключается в синхронных наблюдениях на профилях, проложенных перпендикулярно берегу. На расстояниях 5, 50, 100, 1000, 5000 и 10 000 м берутся отсчеты температуры воздуха. Показания термометров позволяют построить температурные профили, отражающие распределение температуры воздуха. На рис.3. приводим осредненные данные серии наблюдений на Новосибирском водохранилище в августе 1970 г. (срок 7 час.) и для Камского водохранилища в мае 1966 г. (срок 13 час.). В августе на срок 7 час. средняя температура воды Новосибирского водохранилища составляла 21,3°. Водохранилище оказывало оттепляющее воздействие на прибрежный воздух. При ветрах с водоема зона влияния оказалась равной около 2 км. В ней температура воздуха на 1,2—4,5° превышала температуру на расстоянии 2—5 км от берега. Из рисунка явствует, что воздействие водохранилища интенсивно затухает на первых сотнях метров. В принципе та же закономерность проявляется при охлаждающем влиянии Камского водохранилища. Оно практически стандартными приборами неуловимо на расстоянии 1,5—2,0 км, но в первом километре весьма значительно. В отдельные сроки, когда Д71 равна 10—16°, что, правда, бывает редко, оттепляющее (охлаждающее) влияние может выражаться в 5—8°, что существенным образом отражается на условиях роста растений.

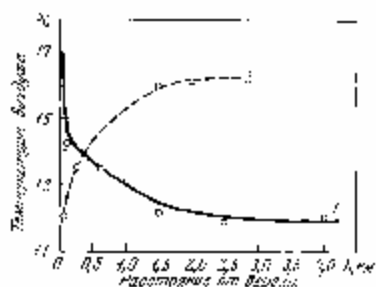


Рис.3.
Распределение температуры воздуха на побережье Новосибирского (I) и Камского водохранилищ от берега

Значительный интерес для различных отраслей хозяйства, прежде всего сельского и лесного, представляет выявление средних многолетних изменений температуры воздуха в сфере влияния акватории. Для этого в качестве примера рассмотрим данные по температуре на 4 метеорологических станциях, расположенных на разном расстоянии от Рыбинского водохранилища. Это водохранилище является типичным водоемом лесной зоны.

Уменьшение средней месячной температуры воздуха в радиусе 1—2 км от берега с наибольшей силой проявляется во второй половине апреля и в мае и составляет 0,3—1,5°. На глубоководных водоемах охлаждающий эффект равен 0,8—2,5°, например на побережье Ладожского озера. Отопляющий эффект четко проявляется с августа и прослеживается до ноября (0,6—2,5°).

Весеннее охлаждение и осеннее отопляющее влияние акватории сказываются на сроках перехода температуры воздуха через 0, 5 и 10° и на суммах температур за период с этими температурами. Сдвиг дат на более поздние сроки равен 3—7 дням и в свою очередь сказывается на прохождении растениями фенологических фаз. На 100—140° к середине июня сумма положительных температур меньше на берегу, чем в 5—10 км от берега. Однако осеннее отопляющее воздействие в конечном счете перекрывает весенний ущерб, и в итоге сумма положительных температур воздуха на берегах водохранилищ на 100—160° выше. Отсюда следует вывод, что влияние водохранилища на температуру воздуха имеет довольно четко выраженный сезонный ход.

Станция	Месяц							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Средняя суточная температура								
«Континенталь- ный» Дамплов и Бесыма	2,5	9,9	14,1	16,8	14,8	9,4	2,7	-3
Прибрежные:								
Мыс Рижин- ский	-1,5	-0,9	-0,5	+1,2	+1,4	+1,5	-0,8	+0,9
Брейтово	-0,2	-0,1	+0,3	+0,4	+0,6	+0,8	-0,8	+0,6
1 час								
«Континенталь- ный» Рижин- ский	0,1	6,6	11,8	13,6	12,2	7,2	2,4	-4,4
Брейтово	-0,9	+0,9	+2,8	+3,4	+3,3	+2,6	+1,6	+1,2
Брейтово	-0,9	+0,3	0,7	+0,7	+0,9	+1,0	+1,0	+0,7
13 час								
«Континенталь- ный» Рижин- ский	5,1	12,8	19,0	20,6	18,2	11,4	4,6	-3,2
Брейтово	-2,4	-2,3	-1,0	-0,5	0,0	+0,4	+0,4	+0,0
Брейтово	-2,3	-0,8	-0,2	-0,4	+0,2	+1,1	+1,1	+0,7

Примечание. Для «континентальных» станций показаны абсолютные температуры; для прибрежных станций указаны отклонения от абсолютных значений, «+» — выше, «-» — ниже.

Таблица 2 Влияние Рыбинского водохранилища на температуру воздуха.

Соотношение периодов тепляющего и охлаждающего влияния акватории в дневное и ночное время весьма сильно отличается от средних суточных значений. Данные табл. 2 иллюстрируют это положение.

Ночью водохранилища начинают теплять воздух уже с середины мая. Эффект влияния возрастает от 0,3—0,9° в мае до 3,4° в июле и августе. Охлаждение днем весьма устойчиво. По существу 2/3 вегетационного периода дневные температуры ниже на 1—2,4°. Из табл. 2 нетрудно сделать вывод, что амплитуда суточного хода температуры на побережье меньше, чем на суше, что свойственно всем побережьям морей, озер, крупных рек. Это характерная черта морского климата.

Ночное тепляющее влияние обуславливает большую продолжительность безморозного периода на берегу, чем вдали от него. На водоемах лесной зоны весенние заморозки обычно прекращаются раньше на 2—4 дня, а осенью наступают на 5 дней позже. Общая продолжительность безморозного периода, таким образом, возрастает почти на декаду. На Новосибирском водохранилище эффект ночного тепления еще больше. Роль водохранилищ проявляется и в удлинении осенью безморозного периода на поверхности почвы. На берегу, по данным различных метеостанций на Рыбинском водохранилище, он дольше на 1—14 дней, а средняя месячная температура поверхности почвы в сентябре и ок-тябре выше на берегу, чем за пределами зоны влияния, на 1-2°.

Закономерности влияния водохранилищ на среднюю минимальную и максимальную температуры воздуха обычно аналогичны закономерностям воздействия на дневную и ночную температуры. Средняя максимальная температура воздуха на водоемах лесной зоны с апреля по сентябрь на берегу на

0,2—2,1° меньше, чем вдали от акватории. Минимальные температуры воздуха с мая по октябрь выше на берегу; в июле и августе положительная аномалия равна 2,5—3,0°

Для снятия прочих факторов существует метод анализа пространственных разностей. Он заключается в том, что если физико-географические условия не изменяются сильно, то пространственные разности между двумя парами станций являются устойчивыми величинами (в многолетнем разрезе). По изменению пространственных разностей двух пар станций, одна из которых расположена в сфере воздействия водохранилища, можно судить, каков эффект влияния водоема. Обязательное условие анализа — длительность ряда метеорологических наблюдений как до создания водохранилища, так и после. К настоящему времени такие возможности анализа имеются для Рыбинского и Камского водохранилищ. Влагосодержание воздуха при его натекании на водную поверхность, как правило, увеличивается, и лишь иногда на глубоких водоемах после ледохода в период больших значений $T_p - T$ происходит конденсация пара на поверхность воды. Интенсивность изменения абсолютной влажности воздуха в прибрежной зоне определяется разностью между абсолютной влажностью насыщения при температуре поверхности воды (e_p) и абсолютной влажностью воздуха над сушей (e). Поэтому на севере, где из-за сильной заболоченности различия между сушей и водной поверхностью в этом отношении меньше, чем на юге, аномалии влажности воздуха уменьшаются. Роль географического положения водоемов в изменении абсолютной влажности воздуха на его побережье проявляется четко. В летнее время максимальное изменение влажности свойственно побережьям южных глубоких водоемов. На Волгоградском и Цимлянском водохранилищах влажность воздуха на берегу может быть на 4—5 мб больше, чем вдали от уреза, на Куйбышевском водохранилище — на 5 мб, а на Рыбинском — всего на 1,4 мб. Наибольшие различия в сезонных изменениях абсолютной влажности воздуха отмечаются в летние месяцы независимо от географического положения водоема. Летом изменения равны 10—15%.

Учет влияния водохранилища на абсолютную влажность воздуха необходим для точного расчета испарения с поверхности акватории.

Существенным образом меняется и относительная влажность. Весной и в начале лета на берегах таежных водоемов она на 4—6% выше, чем вдали от побережья; на южных же водоемах разница составляет 6—12%. В прибрежной полосе северных мелководных водоемов начиная с конца июня, а глубоководных — с июля и до ледостава относительная влажность понижается на несколько процентов; на берегах южных водохранилищ это отмечается лишь осенью.

Для побережий всех водоемов характерно снижение амплитуды суточного хода относительной влажности, главным образом за счет возрастания ее дневной величины, особенно интенсивного (12—16%) в мае. Ночью относительная влажность обычно меньше на 2—8%, чем вне зоны воздействия.

В период охлаждающего влияния водоема дефицит насыщения на берегу меньше, а во второй половине теплого периода на 15—25% больше, чем вдали от побережья. Благодаря увеличению относительной влажности в дневные часы сокращается до минимума повторяемость дней с влажностью менее 30%, которая нежелательна и иногда губительна для растений.

Наблюдения за облачностью над водохранилищами и озерами и сопоставление данных по облачности над побережьем и вдали от него свидетельствуют о значительной ее трансформации. Акватория воздействует в основном не на фронтальную облачность, а на нижнюю — кучевые и слоисто-кучевые облака. Сезонный ход облачности в районе Рыбинского водохранилища обнаруживает следующие закономерности. С мая по сентябрь число ясных дней по нижней облачности над водохранилищем и его плоскими берегами в среднем больше на 10—12%. Наибольшие различия наблюдаются в июне, когда число ясных дней по нижней облачности на берегу больше на 15—20%, а пасмурных меньше на 7-15%.

Т. В. Кириллова установила, что на Цимлянском водохранилище с апреля по сентябрь над акваторией облачность меньше на 5—10%. По Н. В. Колобову и М. А. Верещагину, в дневные часы над водохранилищами лесной и степной зон облаков меньше, чем в прибрежной зоне суши, а ночью за счет возникновения слоисто-образных форм облаков нижнего яруса над водохранилищем и прибрежной полосой шириной 2—5 км их больше. Над Рыбинским водохранилищем в период тепляющего его влияния в ночные часы сохраняется, а в ряде случаев образуется облачность, в то время как на расстоянии 5—15 км от берега она полностью размыта. Это устойчивая закономерность. Она отражается в многолетних характеристиках облачного покрова.

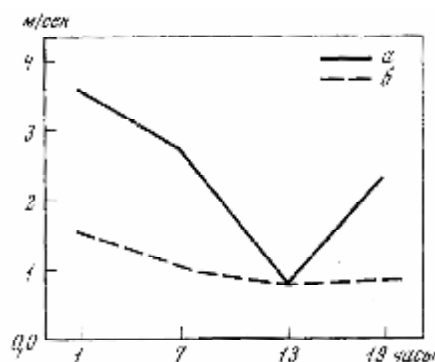


Рис. 4

Суточный ход изменения скорости ветра на станциях Мыс у рожновский и Кесьма за 1957—1961 гг.

а — Мыс Рожновский; б — Кесьма

Влияние водохранилища на облачность отражается и на атмосферных осадках. Большинство исследователей (Т. Н. Боровкова, П. И. Никулин, З. Н. Леонова, В. М. Широков, А. Ю. Ретеюм, Л. А. Гущина, Н. В. Колобов) приходят к выводу о снижении среднегодовых сумм осадков за теплый период над акваторией и плоскими берегами. Н. В. Колобов и М. А.

Верещагин также отмечают снижение количества осадков над водохранилищами и уменьшение числа их случаев. Однако они отмечают увеличение повторяемости числа дождливых дней в зоне 0—2 км и особенно в зоне 2—5 км. Эти авторы указывают, что ближайшая 5—7-километровая зона на Куйбышевском и Волгоградском водохранилищах лучше орошается осадками.

Главной причиной уменьшения (увеличения) осадков на берегах водохранилищ является изменение характеристик воздушной массы при ее движении над водой. Регулирующую роль опять-таки играет $T_p - T$, т. е. разница между температурой воды и температурой воздушной массы.

На глубоководном Братском водохранилище в 33 из 100% случаев на наветренном берегу при охлаждающем воздействии водоема (весна и лето) осадков не было, хотя они выпадали на противоположной стороне. В период охлаждающего воздействия Рыбинского водохранилища (май—июнь) в 58% всех случаев количество осадков на наветренном берегу уменьшалось, а в 19% — они полностью прекращались. Осенью увеличение осадков отмечалось почти в 80 % всех случаев.

Следует иметь в виду также, что значительно меньшая шероховатость водной поверхности по сравнению с залесенной приводит к падению турбулентного обмена над акваторией. Снижение турбулентного обмена обуславливает снижение конвективных токов и конвективных осадков.

С позиций агроклиматических условий роста растений, биологически активными являются осадки, интенсивность которых не менее 2—3 мм. Небольшие осадки — менее 2 мм на севере и 5 мм на юге — почти не усваиваются растениями, поскольку они испаряются. Средние многолетние данные об интенсивности осадков в районе Камского, Новосибирского и Рыбинского водохранилищ позволяют заключить, что в период охлаждающего воздействия водохранилища интенсивность осадков снижается в частности, с интенсивностью более 5 мм за один срок их выпадения. В осенние месяцы на фоне общего увеличения осадков на наветренном берегу наблюдается и мере их интенсивности.

Водоохранилище оказывает небольшое влияние на суточный ход выпадения атмосферной влаги, что также предопределено соотношением охлаждающего и отепляющего воздействия акватории. На Рыбинском водохранилище и береговых станциях за период с 7 час. вечера и до 7 час. утра выпадает более 50% влаги, а на континентальных станциях — менее 45 %, что объясняется разными условиями развития облачности над водоемом и сушей, о чем говорилось выше.

Таким образом, акватория двояким образом воздействует на атмосферные осадки: в период охлаждающего влияния на воздушную массу снижает их, а в период отепляющего эффекта повышает. Годовая сумма осадков над акваторией и плоскими берегами обычно на 10—15% меньше, чем на территории, удаленной на 10—25 км от водоема. Это обстоятельство следует учитывать при расчете водохозяйственных балансов гидротехнического комплекса, так как осадки на зеркало водоема — одна из

статей приходной части водного баланса.

Вопрос об изменении скорости и направления ветра над водохранилищами имеет также огромное практическое значение. Знание характеристик ветрового режима необходимо для расчета ветрового волнения, испарения с водной поверхности. Изменения в скорости ветра оказывают влияние на процесс транспирации растений и на ряд других условий роста.

Влияние водоема на направление и скорость ветра обуславливается изменением величины внутреннего трения и термическими различиями поверхности воды и суши. Отсюда следует, что поскольку ход $T_p - T$ имеет сезонные закономерности, то и изменения скорости ветра также носят сезонные особенности.

В течение всего теплого периода, за исключением короткого срока в апреле, когда наблюдается таяние льда и прогрев водной массы, скорость ветра в прибрежной зоне выше, чем вне зоны влияния. На Рыбинском водохранилище в мае скорость ветра возрастает на 0,3—0,7 м/сек, в последующие месяцы различия составляют 0,7—1,0 м/сек, а на островах и полуостровах — 2,0—2,2 м/сек.

Но наибольшее увеличение отмечается в сентябре и октябре — до 3—3,5 м/сек.

Важным показателем агроклиматических условий произрастания растений выступает число дней с сильным ветром, когда скорость ветра более 15 м/сек. При низких значениях относительной влажности воздуха сильный ветер может вызвать завядание листьев растений. Сильных ветров мало в мае и летние месяцы, исключение составляют открытые берега, острова и полуострова; осенью на берегу наблюдается увеличение сильных ветров в 2—3 раза по сравнению с континентальными условиями.

Изменение скорости ветра имеет закономерный суточный ход. Сильный ветер чаще всего наблюдается ночью, когда природный слой воздуха стратифицирован неустойчиво, так как вода теплее поверхности почвы. На берегу увеличение скорости меньше, чем в открытой части водохранилища.

Термические контрасты между водной поверхностью и сушей обуславливают появление местных барических градиентов (различий в атмосферном давлении). Хотя эти различия невелики (не более 3—5 мб), однако они достаточны для возникновения бризовой циркуляции. Последняя — неотъемлемое свойство метеорологического режима побережий. Бризы возникают при благоприятных синоптических условиях: отсутствии циклонов и господстве антициклонов.

Дневные бризы характерны для периода охлаждающего воздействия акватории, т. е. с мая по июль. Ночные — для периода тепляющего влияния (осенью).

В наибольшей степени бризовая циркуляция, пожалуй, развита на Братском водохранилище. По мнению В. Г. Разуванова (1970), здесь наблюдается муссонная тенденция в местных процессах сезонных изменений циркуляции. Повторяемость бризов на водохранилище составляет 40—50%

от всех сроков наблюдений. Изучая строение бризов на Братском водохранилище, В. Г. Разуванов определил среднюю высоту потока при дневном бризе (0,2—0,3 км), а также высоту противотока в дневные часы (2,5 км) и ночью (1,25 км). В горизонтальном направлении на сушу дневной бриз распространяется на 4—6 км, иногда до 10 км. На Рыбинском водохранилище ширина зоны бризовой циркуляции — до 10 км. На крупных озерах (Севан, Иссык-Куль и др.) дневной бризовый поток может распространяться на расстояние до 15 км. Существование бризовой циркуляции интересно не только само по себе, но и тем, что именно этот поток определяет погоду на прилегающей территории: снижает днем в мае — июле температуру воздуха, повышает значения абсолютной и относительной влажности. На границе распространения бриза над сушей нередко формируется локальная конвективная облачность с максимумом на расстоянии 8—10 км от берега. Если на берегу нижняя облачность равна 2—3 баллам, то на расстоянии 10 км — 6—8 баллам.

Степень развития местной циркуляции находится в прямой зависимости не только от термического контраста водной поверхности и суши. Значительную роль играют местные орографические условия. Например, на восточном берегу Рыбинского водохранилища, у села Гаютино повторяемость ветров слабых скоростей (1—2 м/сек) в ночные часы составляет 76%, в то же время вдали от водоема повторяемость направлений соответствующих румбов — 14%. Ночью бризовый эффект усиливается благодаря склоновым и долинным ветрам. Днем с водохранилища на сушу дует более половины всех ветров, что значительно больше, чем вдали от водоема. Различия между режимом слабых ветров в дневные и ночные часы прослеживаются весьма четко, причем как на восточном, так и на юго-западном берегу (станция Брей-тово).

Вероятность возникновения бризов на берегах круп. ных водоемов зависит от их географического положения. На востоке европейской территории России (47—49° в. д.) возникновение бризов на юге почти в 2 раза вероятнее, чем на севере, так как доля слабых ветров в общем числе дней с ветром убывает с юга на север. В центральных районах (38—40° в. д.) вероятность возникновения бризов резко возрастает при движении с севера на юг до 60° с. ш., в интервале 60—50° с. ш. ее нарастание прекращается, а южнее 50° с. ш. вновь увеличивается. Такое положение объясняется закономерностями общей циркуляции атмосферы в летний период.

Изменения в направлении ветра на водохранилищах и на берегу связаны не только с местной циркуляцией. Различия в шероховатости водной поверхности и суши приводят к повороту направления движения воздушной массы вправо. Из-за большей шероховатости суши (коэффициента внутреннего трения над водой), чем воды, воздух при подходе к берегу, особенно высокому, стремится двигаться вдоль него. Это придает розе ветров форму береговой линии. Такой эффект наблюдается особенно четко в узких заливах, в сужениях водохранилищ долинного типа.

Явление, о котором идет речь, видимо, впервые было обнаружено на

Цимлянском водохранилище в 1954 г. Вообще же отметим, что извилистость береговой линии, неодинаковая высота и крутизна берегового склона предопределяют сложную картину распределения направления ветра.

Рассмотренные примеры влияния акватории на отдельные, важнейшие метеорологические элементы. Изложенный материал позволяет заключить: во-первых, что знак влияния водохранилища на различные метеоэлементы зависит от сезона года и времени суток; во-вторых, внешняя граница зоны влияния непостоянна во времени и в пространстве; в-третьих, разные метеоэлементы имеют неодинаковые (практически значимые) размеры зоны воздействия. В последнем вопросе следует различать два аспекта Границы физического влияния акватории на метеорологический режим и границы практически значимого влияния на другие физико-географические, биологические процессы и на условия освоения ресурсов прибрежной зоны. Теоретически границы зоны влияния, например на температуру воздуха, могут быть зарегистрированы с точностью до $0,1^\circ$ и составлять до 10 км, а на крупных озерах (Ладожском, Онежском, Братском водохранилищах) — до 30—45 км. Практически значимые границы зоны влияния обычно равны 1—3 км.

4 .Влияние водохранилища на почвы и растительность.

Отношение объема воды, поступающей из водоема в грунт окружающей территории, к полному объему водохранилища составляет обычно 1-т-5%. Например, для Рыбинского водохранилища, полный объем которого 25,4 км³, отношение всего лишь 1,2%. Но какую огромную роль в природных процессах на побережье играет этот, казалось бы, скромный объем влаги!

Такие явления, как активизация оползней и провалы, о которых мы упоминали, изменения в химическом составе грунтовых вод, заболачивание земель в северных районах страны и засоление почв в степной и пустынной зонах, образование в отрицательных формах рельефа озер, где их ранее не было,— все это связано с поступлением на окружающую местность дополнительной влаги.

Воды водохранилища с большой силой давят на водоносные слои берегов. Скорость их проникновения в берег (фильтрация) зависит от механического состава пород, слагающих территорию. Показателем водопроницаемости служит коэффициент фильтрации — K . Если берег образован трещиноватыми известняками, коэффициент фильтрации может достигать 500—1000 м/сутки. В том случае, когда район сложен грубым аллювием — крупнозернистыми песками с гравием и галькой, K снижается до 20—500 м/сутки. В песках он изменяется от 1 до 50 м/сутки. В суглинках коэффициент фильтрации резко снижается, но даже тяжелые суглинки и глины не являются абсолютно водонепроницаемыми породами. K в глинах равен примерно 0,01 м/сутки, т. е. вода за сутки успевает пройти расстояние

в 1 см.

Фильтрационный поток из водохранилища в берег оказывает блокирующее воздействие на поток грунтовых вод, направленных от водораздела к реке, но это явление, правда, наблюдается далеко не всегда. С фильтрацией и подпором грунтовых вод связаны изменения в почвенном и растительном покрове прибрежных биогеоценозов. Эти преобразования распадаются на несколько этапов, которые соответствуют различным состояниям природной среды: первый — исходный — отражает положение до образования водохранилища; второй — период его заполнения до НПУ (нормального подпорного уровня) — интенсивного обводнения и глубоких изменений в свойствах почв, растительном покрове и животном мире (его продолжительность не менее 3—5 лет); третий — постепенного, медленного затухания активного воздействия и формирования нового режима; четвертый — стабилизации процессов, проявляются ритмические изменения, обусловленные сезонными и годовыми колебаниями уровня водохранилища. Размеры сферы влияния увеличиваются во времени, причем этапы воздействия повторяются с некоторым опозданием, в зависимости от удаленности от берега.

Преобразования в почвенных и биологических процессах связаны также, но в меньшей степени с новыми чертами в метеорологическом режиме, о которых речь шла в предыдущей главе. Ниже мы рассмотрим главным образом гидрогеологическое влияние на биогеоценозы побережий. Водный режим растений и почв, вовлеченных в сферу влияния водохранилищ, имеет ряд характерных особенностей, которые ранее не наблюдались. Между подтоплением растительности со стороны водохранилища, подтоплением ее в поймах рек, сток которых не зарегулирован, и заболачиванием лесов на водораздельных пространствах в таежной зоне существуют принципиальные различия.

Подтопление речными водами в поймах рек происходит в самом начале вегетационного периода, когда средняя суточная температура воздуха не превышала 10°. Затем уровень воды в реке обычно резко падает. В зоне влияния водохранилища начало и продолжительность подтопления зависят от его уровня; при этом, как правило, высокий уровень бывает в первой половине вегетационного периода до середины июля, а иногда до октября. В поймах рек древесная и другая растительность устойчива к избыточному увлажнению. В зоне влияния водохранилищ они нередко неустойчивы, в особенности лишайниковые боры. Наконец, в естественных условиях заболачивание водораздельных лесов идет по атмосферному типу, а в зоне гидрогеологического воздействия водохранилищ — по грунтовому или атмосферно-грунтовому.

Интенсивность влияния водохранилища на почвенно-растительный покров определяется величиной подъема зеркала грунтовых вод по сравнению с их положением до образования водоема. Значительную роль играет лито-логический состав пород, слагающих берег, свойства растительности (тип леса, его возраст, бонитет и т. д.).

Учитывая большую роль уровня режима водоемов в глубине залегания грунтовых вод, мы проанализировали ход средних месячных уровней на ряде водохранилищ лесной и лесостепной зон с момента их заполнения до НПУ по 1972 г. включительно. Все многообразие колебаний уровня за вегетационный период можно объединить в три основных типа с двумя подтипами. В основу выделения типов положены сроки достижения уровня отметки НПУ и продолжительность его стояния выше этой отметки.

Тип I. В течение всего вегетационного периода уровень воды выше или равен НПУ. Подтип а характерен для Рыбинского, Горьковского и Новосибирского водохранилищ, где наполнение водоема заканчивается в мае. Подтип б типичен для Камского водохранилища; отметка НПУ достигается в июне.

Тип II. НПУ устанавливается на непродолжительное время в начале вегетационного периода; с июня происходит постепенное снижение уровня, к августу — на 0,5— 1,0 м (подтип а). Подтип б отличается от а тем, что снижение уровня происходит с середины вегетационного периода, т. е. на один-два месяца позже. Неоднократно наблюдался на Камском водохранилище.

Тип III. В течение всего вегетационного периода уровень на 1—3 м ниже НПУ. Несколько раз зафиксирован на Рыбинском водохранилище. Разнообразие режима уровня определяет разнообразие грунтового увлажнения прибрежных биогеоценозов. Но возникает вопрос, насколько велика роль местных условий в дальности проявления колебаний уровня водохранилища. Для этого рассмотрим режим грунтовых вод на берегах Рыбинского и Новосибирского водохранилищ в южной тайге, второе — в лесо-Первое расположено степи.

Северо-западное побережье Рыбинского водохранилища представляет собой плоскую озерно-аллювиальную равнину с высотами 1—6 м над урезом. Равнина сложена однородными по механическому составу пылевато-тонкозернистыми слюдистыми песками. На Молого-Шекснинском водоразделе еще до создания водохранилища широкое распространение получили процессы заболачивания по верховому, атмосферному типу. Плоские водоразделы занимали сосновые редколесья и сфагновые болота. После наполнения водохранилища произошла фильтрация потока воды в берег. Но расположение болот всего в 0,2— 1 км от уреза водоема определило господство уклонов зеркала грунтовых вод в сторону водохранилища, за исключением периодов интенсивного весеннего наполнения после зимней сработки сливной призмы.

Воздействие водохранилища отчетливо прослеживается в 150—250-метровой полосе от уреза, о чем свидетельствует высокий коэффициент корреляции между уровнем водохранилища и глубиной залегания грунтовых вод в 124 и 225 м от берега. Коэффициент корреляции равен соответственно $0,93 \pm 0,03$ и $0,85 \pm 0,06$. Для расчета использованы данные срочных наблюдений, а не средние декадные или месячные. Корреляционная связь между, уровнем водохранилища и глубиной залегания грунтовых вод

прослеживается до 800 м (там, где нет верховых болот). При этом с удалением от берега теснота связи падает.

Территорию, на которой после образования водохранилища произошел подъем зеркала грунтовых вод, а суточные, декадные, месячные и годовые колебания их уровня тесно связаны с водохранилищем, относят к подзоне прямого влияния. Ее ширина на Рыбинском водохранилище 150—250 м. В подзоне косвенного влияния сезонные колебания зеркала грунтовых вод в большей степени определяются метеорологическими условиями и болотами и в меньшей — водохранилищем.

Наибольшим своеобразием отличается грунтовое увлажнение на расстоянии 100—150 м от берега Рыбинского водохранилища. Здесь встречаются два противоположно направленных потока: со стороны верховых болот действующего практически постоянно, и со стороны водохранилища, периодически направленного. Аналогичный процесс происходит на Иваньковском водохранилище. Иная картина наблюдается на Камском и Новосибирском водохранилищах, где верховые болота в прибрежной зоне отсутствуют. Можно выделить два типа пространственного положения зеркала грунтовых вод. В одном случае в течение всего вегетационного периода имеет место фильтрация вод водохранилища в берег. Такое положение наблюдается, в частности, на правобережье Новосибирского водохранилища у села Завьялове, где берег водохранилища образован древними водными потоками (вторая и третья террасы реки Оби), на что указывают песчаные, с окатанной галькой отложения мощностью более 10 м. Аллювий подстилается трещиноватыми водопроницаемыми палеозойскими отложениями.

В другом случае, при высоком стоянии грунтовых вод еще до образования водохранилища, ширина зоны фильтрационного потока в глубь берега равна не более 500 м. Преобладают явления подпора грунтового потока, направленного от водораздела к долине со стороны фильтрационного потока от водохранилища. Одним из таких районов на Новосибирском водохранилище является левобережье у села Спирино.

При рассмотрении влияния подъема грунтовых вод на изменение произрастания растительности и свойств почвенного покрова важно установить соотношение между мощностью корнеобитаемого слоя и почвенного профиля и глубиной залегания вод. Лишь в том случае, когда край капиллярной каймы входит в корнеобитаемый слой или грунтовые воды одновременно становятся почвенными, происходит в той или иной степени нарушение установившихся ранее природных процессов. Так как вертикальная мощность почв обычно равна 2—3 м, то зона гидрогеологического влияния превосходит размер зоны влияния подъема уровня грунтовых вод на почвенный и растительный покровы. Например, на Каховском водохранилище в ряде мест ширина зоны влияния составляет 30—50 км, причем наблюдается медленное нарастание ее ширины.

В прибрежной зоне на водохранилищах лесной и в значительно меньшей степени лесостепной зон для почв песчаного, супесчаного и

легкосуглинистого состава можно выделить три подтипа водного режима (по классификации А. А. Роде).

Грунтово-болотный подтип господствует там, где глубина залегания почвенных вод в течение вегетационного периода не более 1,4 м. Влажность верхних горизонтов почвы обычно равна 80—90% абсолютной величины полной влагоемкости. Объем пор, занятых воздухом, составляет не более 15% от объема почвы. В таких условиях широко развиваются процессы оглеения, при которых соединения железа, марганца и ряда других элементов переходят из окисных форм в закисные; почвенный разрез принимает сизую окраску с отдельными охристо-ржавыми пятнами.

Это сильно- и среднеоглеенные торфянисто-подзолистые и торфяно-глеевые почвы.

Грунтово-полуболотный подтип характерен для местообитаний с глубиной залегания грунтовых вод 1,5—2,2 м. Влажность почвы с поверхности до глубины 100 см составляет от 60 до 80% к величине полной влагоемкости, что близко к оптимальным условиям для произрастания древесной растительности. При снижении уровня водохранилища зеркало грунтовых вод может опуститься до глубины 2,0—2,5 м, но за счет капиллярно-подпертой влаги, имеющей мощность 0,5—0,7 м, происходит увлажнение корневых систем. Воздушный режим таких почв благоприятен для растений.

В слабой степени влияние подъема уровня грунтовых вод наблюдается в биогеоценозах, где господствует грунтово-таежный подтип водного режима.

Зеркало грунтовых вод лежит на глубине 2,25—2,7 м. Оно поднимается в почвенный профиль лишь в годы с I типом режима уровня или в очень влажные годы, когда атмосферные осадки играют основную роль в приходной части водного баланса почвенных вод. В сухие и жаркие периоды в верхних горизонтах влажность может падать до уровня завядания растений. Грунтово-таежный подтип водного режима характерен для слабо- и средне-подзолистых и дерново-среднеподзолистых почв.

На берегах Новосибирского водохранилища грунтово-таежный подтип увлажнения замещается лесостепным с атмосферным питанием, когда сквозное промачивание почвы наблюдается только весной, а летом на глубине грунтовых вод более 2,5 м влажность первого метрового слоя нередко падает до уровня влажности завядания растений. Оглеение наблюдается только на глубине 2—2,5 м. Но и там, где глубина грунтовых вод летом равна 1,5—2,0 м, заболачивания не происходит. Побережье Новосибирского водохранилища расположено в области резко континентального климата. Летние температуры воздуха соответствуют условиям Украины. Поэтому в поясе подтопления происходит интенсивное испарение почвенной влаги, чего не наблюдается на северных водохранилищах. Восходящие водные потоки обуславливают подтягивание почвенных растворов к дневной поверхности, которые, однако, ее не достигают, а осаждаются в результате испарения в слое 80—100 см выше

зеркала грунтовых вод. Поэтому здесь образуется слой накопления солей. На это явление обратил внимание А. Ю. Ретеюм, исследовавший выщелоченные черноземы на побережье Новосибирского водохранилища. В 1966 г. за 8 лет существования водоема общее содержание водорастворимых солей в 50-сантиметровом слое в поясе сильного подтопления возросло на 40% благодаря привносу сульфатов и хлоридов магния и кальция.

В 1970 г. мы осуществили повторные наблюдения. Содержание ионов HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ возросло по сравнению с почвами, на которые воздействие водохранилища не сказывалось, в 1,3—3,8 раза. Особенно интенсивно идет накопление HCO_3^- , Ca и Mg. Подобные процессы засоления лесостепных и степных почв наблюдаются, например, в районе Братского и Саратовского водохранилищ. С подъемом уровня Ангары на 25 м произошло обводнение весьма здесь распространенных закарстованных кембрийских пород. В первую половину вегетационного периода происходит интенсивное засоление выщелочных черноземов и преобразование их в коровые солончаки. Пятна солончаков, как правило, лишены растительности *. Дополнительное грунтовое увлажнение вызвало усложнение однообразной в прошлом разнотравно-ковыльной степи за счет появления галофитных ассоциаций и луговых.

Характерной чертой почв в зоне подтопления, особенно там, где глубина грунтовых вод не более 1,5 м, является увеличение мощности гумусового горизонта (так называемого горизонта A_i). Наряду с оглеением это второй важнейший морфологический признак почв, испытывающих дополнительное грунтовое увлажнение.

Рост горизонта A_i , связан с увеличением ежегодного поступления органического вещества. Измерение продуктивности луговой растительности и травяного покрова в лесах, испытавших подтопление, показывает, что их урожайность возрастает в 2—3 раза. Детальные измерения Н. Б. Сорокиной, М. М. Данилова и Ю. М. Матарзина на Камском водохранилище, наши и А. Ю. Ретеюма — на Новосибирском дают просто гигантские цифры урожайности лугов: 50—70 ц с гектара, причем в воздушно-сухом весе. Такая же картина наблюдается и на других водохранилищах, например Рыбинском, Иваньковском, Можайском.

Поэтому характер преобразований в почвенном покрове на берегах водохранилищ лесной и отчасти лесостепной зон носит общие черты. Главное: на подзолистый процесс, выражающийся в выносе из верхних горизонтов почвы глинистых частиц, окислов железа и алюминия, щелочей и щелочных земель (в условиях промывного режима и господства лесной растительности, дающей почве кислое органическое вещество), накладывается процесс олуговения. Сущность последнего состоит в частичном изменении водного режима и органического вещества почвы, благодаря чему происходит повышение содержания гумуса, азота, фосфора, подвижных соединений железа. При глубине грунтовых вод менее 100 см олуговение сменяется оглеением почв, иначе заболачиванием.

Сезонные колебания уровня водохранилища также находят свое

отражение в свойствах почв. Содержание в них кислорода определяется уровнем водоема. Многие исследователи отмечают зональность распределения почвенного покрова на прибрежной территории. Поэтому не является неожиданным, что характер воздействия подъема уровня грунтовых вод на растительность, в том числе и на древесную, специфичен по поясам влияния. Вопрос о воздействии дополнительного увлажнения на произрастание прибрежных лесов имеет важное народнохозяйственное значение.

Лесному хозяйству при создании равнинных водохранилищ наносится известный ущерб. Площадь затопленных лесных земель в нашей стране приближается к 3 млн. га. В основном это объективный процесс. При существующей практике лесосводки и лесочистки зоны затопления значительная часть древесины гибнет из-за своеобразия географических и экономических условий ее заготовок и вывоза, сжатых сроков, отводимых на подготовку чаши к заполнению. В первую очередь это касается подготовки чаши сибирских водохранилищ — Братского, Усть-Илимского, Вилуйского и других, которые расположены далеко от крупных центров потребителей древесины. В результате разрушения берегов, подтопления территории и изменений местного климата гибнут или ухудшают свое состояние древостой на сотнях тысяч гектаров.

И когда в середине 60-х годов встал вопрос о сооружении огромного Нижне-Обского водохранилища с площадью зеркала в зависимости от варианта отметки НПУ от 38 до 53 тыс. км² и о строительстве системы водораздельных водохранилищ на Печоре, Вычегде и Каме для переброски части стока северных рек в бассейн Волги (их суммарная площадь равнялась бы 15 тыс. км²), то в печати возникли широкие дебаты о целесообразности осуществления грандиозных замыслов. Дискутировались не столько технические проблемы, сколько последствия воздействия глубоководных и обширных акваторий на природную среду. В случае осуществления строительства этих двух сооружений мы как бы приблизили Северный Ледовитый океан к нашим широтам. Водохранилище Нижне-Обской ГЭС можно рассматривать как продолжение Обской губы, которая бы сместилась на юг до широты города Хапты-Мансийска, а Печорская губа образовалась бы в самом центре Коми АССР. Это в значительной мере стимулировало исследования по влиянию уже существующих водохранилищ на произрастание прибрежной растительности.

Среди вопросов, требовавших разрешения, был «лесной». Перед географами встала задача прогнозирования изменения природы в зоне проектируемых водохранилищ.

Влияние подтопления на произрастание древесной растительности изучалось на ключевых участках и профилях длиной 2—3 км. В пределах профиля определялась глубина залегания почвенно-грунтовых вод, проводились микроклиматические наблюдения, делалась нивелировка для определения превышения отдельных групп деревьев над урезом воды в водохранилище.

Воздействие водоема на произрастание лесов выявлялось

дендроклиматическим методом. Он основан на имеющейся связи между приростом дерева по диаметру, высоте и объему (хотя и в разной степени) с гидротермическими условиями среды: температурой воздуха, атмосферными осадками, соотношением тепла и влаги. Более 100 лет назад русским ученым А. Н. Бекетовым был рассмотрен вопрос о влиянии климатических условий на рост ели и сосны, чем был заложен дендроклиматический метод. Он получил широкое развитие в США благодаря исследованиям А. Э. Дугласа, который проанализировал ширину годовичных колец у секвой.

В последние 10—15 лет дендроклиматический метод получил распространение в нашей стране для решения ряда географических задач. По изменению ширины колец деревьев можно судить о дате схода лавин, о влажных и засушливых периодах и т. д. Интересные работы в этом отношении выполнены Т. Т. Битвинским, В. Е. Рудаковым, Г. И. Галазием и другими учеными. Мы производили измерение ширины годовичного кольца или ряда колец за несколько лет у модельных (характерных для данного местообитания) деревьев. Сравнивался средний периодический прирост и истинный текущий годовичный прирост за период до и после создания водоема'.

Массовые измерения толщины колец осуществлялись приростным буром Пресслера. При помощи этого прибора из ствола, перпендикулярно центру дерева с двух сторон изымался цилиндр древесины диаметром 0,4 мм. На нем отчетливо прослеживались годовичные кольца. В каждом биогеоценозе бралось по 12—15 таких образцов. Помимо них для контроля спиливали модельные деревья, на которых вычисляли прирост по высоте и объему.

Поскольку ширина годовичного кольца у старых деревьев, имеющих возраст более 120 лет, иногда составляет всего 0,2—0,5 мм, для измерительных работ использовали бинокулярную лупу МБС-1 с 16- или 8-кратным увеличением. При этом производились отсчеты с точностью 0,1—0,05 мм. Для установления прироста за 5 лет и более использовали нередко обыкновенную миллиметровую линейку, где отсчет можно брать с точностью 0,5 мм. На последующем этапе производили статистическую обработку измерений.

Для снятия воздействия межгодовых колебаний метеорологических условий на прирост и изменения прироста, обусловленные биологическими свойствами древесных пород, за пределами зоны влияния брались модельные деревья того же возраста и типа леса, прирост которых за последние 40—50 лет был проанализирован.

Снижение или увеличение среднего периодического прироста по диаметру, высоте и объему (за вычетом изменений, не связанных с водохранилищем) указывает на знак воздействия водоема уровня грунтовых вод и позволяет определить размеры зон и поясов влияния.

К настоящему времени подобные исследования осуществлены многими учеными. Наши наблюдения и данные В. А. Афанасьева, Р. В. Бобровского, Ю. П. Бялловича А. Г. Емельянова, К. А. Кудинова, П. Г. Туркова и других исследователей доказывают, что влияние водохранилища на древесную

растительность дифференцировано по поясам влияния. Рассмотрим схему подзон и поясов влияния водоема на песчаных и супесчаных берегах, на которых произрастают сосновые леса. В подзоне прямого влияния выделяются четыре пояса.

Пояс периодического затопления; он располагается в границах между наинизшим уровнем перед весенним половодьем и максимальным уровнем воды в водохранилище, наблюдаемом обычно в конце весны или в начале лета. Уровень воды в это время в отдельные годы выше НПУ на 20-30 см.

Пояс сильного подтопления, отрицательного влияния; его верхняя граница на разных водохранилищах в зависимости от их режима и типа леса,. Механического состава почв располагается на отметках 0,4—1,0 м над нормальным подпорным горизонтом.

Переходный пояс слабого влияния (нарастающего и уменьшающегося подтопления) занимает территорию от 0,4—0,5 до 1,0 м.

Пояс умеренного и слабого подтопления, положительного воздействия. Внешняя граница варьирует от 2 до 4 м над НПУ.

В подзоне косвенного влияния выделены пояса положительного и отрицательного влияния- Если в основу выделения поясов класть изменения в луговой растительности, то получится иная картина.

В поясе периодического затопления гибель древостоев и трансформация напочвенного растительного покрова происходит уже в первые годы после наполнения водоема. Слишком существенно дополнительное увлажнение. На Камском водохранилище, по нашим наблюдениям в 1966 г., спустя 10 лет после наполнения чаши лишь на границе с поясом сильного подтопления сохранились ели. Лиственные экземпляры ели и березы, которые имели почти высохшую крону. Их прирост по диаметру упал за последние 10 лет более чем в 3 раза по сравнению с 10-летним периодом до создания Камской ГЭС.

Спустя несколько лет после образования Рыбинского водохранилища Л. Н. Куражковский (1953) обнаружил большую выносливость к затоплению у сосновых и березовых древостоев, произраставших ранее на заболоченных почвах, чем у суходольных сосняков. В первые годы существования водоема гибнущие деревья в поясе периодического затопления подвергаются еще и массовому нападению насекомых-вредителей, ускоряющих гибель леса.

Главной причиной гибели леса бывает недостаточное количество кислорода в водах. Дефицит его определяется затратами O_2 на окисление органических веществ на затопленной территории и тем, что наполнение чаши происходит в основном талыми снеговыми водами, бедными солями и кислородом.

Близ водоемов с сезонным регулированием уровня, на которых НПУ достигается ежегодно (например, на Камском, Горьковском и Новосибирском водохранилищах), древесная растительность в первом поясе практически не возобновляется. Гибель леса связана с разрушением берегов из-за ветрового волнения. В результате в прибрежной полосе шириной 30—50 м скапливается значительное количество мертвых деревьев. Из-под воды

торчат пни и корни, что, конечно, осложняет судовождение по вдольбереговым судоходным трассам и на подходах к пристаням и затонам. Плохо очищенное ложе водоема сильно влияет на химизм прибрежных и грунтовых вод, в частности на уменьшение содержания O_2 .

В связи с этим в последние годы при гидротехническом строительстве стали обращать самое серьезное внимание на подготовку чаши будущего водохранилища к затоплению. Ценную древесину полностью заготавливают. Участки судовых ходов, зоны у населенных пунктов, при-плотинные территории, тоневые участки подготавливают особенно тщательно. Работа эта сложная. Так, для вывозки древесины в короткие сроки необходимо построить временные дороги, организовать леспромхозы и т. д. Но она полностью впоследствии окупается.

При многолетнем регулировании уровня (например, на Рыбинском) в поясе периодического затопления встречаются отдельные молодые здоровые экземпляры сосен. Но типичными породами для рассматриваемого пояса являются кустарниковые, а не древесные. Устойчивость некоторых кустарниковых (ивы) и древесных (тополя) пород к продолжительному затоплению широко используется для защиты берегов водохранилищ от разрушения. Это способствует уменьшению заиления водоема, улучшает санитарно-гигиенические показатели воды и прибрежной территории.

Пояс постоянного сильного подтопления характерен для побережий всех водохранилищ. Специфической его чертой является снижение прироста древесины. Кроме того, существенные изменения происходят в других ярусах растительности — в кустарничковом, травяном и моховом покровах. Одним словом, весь облик ландшафта претерпевает изменения.

На Рыбинском и Новосибирском водохранилищах мы обследовали бывшие суходольные лишайниковые и бруснично-зеленомошные сосняки II — IV класса бонитета¹, а на Камском — ельники, черничники и зеленомошники. В настоящее время на месте бывших суходольных лесов сформировались осоковые, злаково-осоковые типы лесов, причем и состав древостоев претерпел изменения. Лишайниковый покров до высоты 0,4 м над НПУ погиб полностью.

Горизонтальные границы пояса сильного подтопления определяются местными геолого-геоморфологическими особенностями и режимом уровня водоема. Пояс вообще может отсутствовать на высоких абразионных берегах. Например, на Новосибирском водохранилище пологие берега с поясом сильного подтопления занимают всего около 10% береговой линии. Высотная граница пояса проходит по горизонтали 0,4 м над НПУ, а его ширина на этом водохранилище обычно равна от 10 до 50 м. По существу он представляет собой узкую полосу, где у сосен после создания водохранилища прирост снизился на 40—50%. В условиях лесостепи отрицательное влияние подъема уровня грунтовых вод сказывается слабо. Однако небольшие очаги угнетенного, больного леса, как и в поясе периодического затопления, нередко превращаются в очаг массового размножения короедов, усачей и других насекомых, угрожающих соседним

здоровым древостоям (Черепанов, 1961).

В условиях достаточного теплообеспечения (суммы положительных температур воздуха за вегетационный период на Новосибирском водохранилище равны 2150—2300°) важнейшую роль в росте древесных пород играет увлажнение корневых систем. Нет ничего удивительного в том, что высота молодых сосен и верхушечного побега находится в тесной зависимости от высоты местообитания над НПУ. Обнаруженная нами закономерность для молодых сосен (возраст 10—12 лет) свойственна берегам, сложенным песками. Оптимальными в этом случае являются условия, где глубина залегания грунтовых вод 0,3—0,4 м. С увеличением возраста сосен, а следовательно, с ростом корневой системы оптимальная глубина залегания грунтовых вод сдвигается на отметки 0,8—1,5 м.

Значительны размеры пояса неблагоприятного воздействия на Камском водохранилище. Высотная граница пояса прослеживается до 0,8—1,0 м над НПУ. Ширина его — 50—200 м, но по боковым долинам подтопленных рек и ручьев, главным образом в пределах низких пойм, ширина пояса может достигать 250—500 м. Общая его площадь на Камском водохранилище равна более 3,5 тыс. га. Пихты, ели и сосны снизили прирост по диаметру в 2—3 раза. Уменьшение прироста по диаметру и объему — далеко не единственный признак ухудшения лесорастительных условий. При сильном подтоплении у деревьев высыхает крона, снижаются бонитеты. В ряде мест, приуроченных к плоским или отрицательным формам рельефа, заболачивается и разреживается древостой, чему способствует увеличение скорости ветра.

При подъеме грунтовых вод до 30—50 см от поверхности происходит сокращение активной поглощающей поверхности корневых систем и частичное их отмирание. Высокий осенний уровень грунтовых вод, по наблюдениям финского ученого Хейкурайна, препятствует нарастанию силы корневых систем. Недостаточная аэрация почв (дефицит кислорода) способствует образованию и сохранению вредных продуктов разложения органического вещества. Затопление корней деревьев приводит к снижению поглощения жизненно важных элементов питания: азота, фосфора, калия. Биологическая активность почв в поясе сильного подтопления снижается и в некоторой степени влияет на фотосинтез хвои и листьев. Снижение транспирации — одной из важнейших составляющих расходной части водного баланса почв — стимулирует процесс заболачивания.

На побережье Рыбинского водохранилища в суходольных типах леса пояс сильного подтопления со стороны берега невелик — несколько десятков метров до высоты 0,5—0,8 м над НПУ. Резкого падения производительности древостоев не обнаружено. Например, у сосен злаково-осокового бора средний периодический прирост по диаметру за 15 лет после наполнения водоема снизился на 20—25 % по сравнению с тем же периодом до создания водохранилища. У заболачивающихся лесов еще до образования водоема у сосен долгомошно-зеленомошных сосняков падение прироста составило 10—15%.

У ряда сосен в поясе сильного подтопления прирост даже несколько увеличился, что связано с более богатым грунтовым, а не бедным атмосферным увлажнением корневых систем и улучшением световых условий. Обычно такие деревья произрастают в местах, расположенных в интервале высот 0,32—0,65 м над НПУ.

Небольшое развитие грунтового заболачивания со стороны берега на Рыбинском водохранилище определяется спецификой режима его уровня: чередованием лет с высоким и относительно низким положением вод в водоеме. Для выявления роли грунтового увлажнения различной степени интенсивности в производительности лесов в поясе сильного подтопления мы сравнили показатели прироста сосен и осины в годы с различными типами уровня режима. Прирост с III типом режима уровня был принят за 100%.

Из данных следует, что объемный приросту осины в годы с Ia типом режима уровня был почти в 2 раза меньше прироста в годы, когда наблюдался III тип режима. При Pa типе он на 19% был выше, но все же значительно меньше, чем в годы, когда избыточное увлажнение не проявлялось. У сосен в годы с Ia типом режима уровня прирост снижался на 40%.

В 200—300 м от уреза Рыбинского водохранилища расположены верховые болота. Это предопределено общей равнинностью рельефа и значительным превышением осадков (700—800 мм в год) над испарением (450—500 мм). В связи с этим сформировался пояс отрицательного влияния водохранилища в переходной полосе от водораздельных суходольных лесов к верховым сфагновым болотам. Это, как указывалось выше, подзона косвенного воздействия. Отрицательное влияние водохранилища прежде всего сказалось на древостоях, среднеувлажненных до образования водоема, о чем свидетельствует снижение прироста по диаметру и объему. Прирост по диаметру у многих сосен упал в 2—3 раза.

Важно подчеркнуть, что прирост сильно упал после создания водохранилища в сфагновых, пушицево-сфагновых и кустарничково-сфагновых сосняках в период интенсивного атмосферного увлажнения (1952—1956). В эти годы атмосферные осадки, просачиваясь в почву, не находили выхода к реке, так как они блокировались фильтрационным потоком из водохранилища. В относительно сухие периоды почвенные воды ранее быстро сбрасывались в реку. Теперь же скорость их течения резко уменьшилась опять-таки из-за подъема грунтовых вод в результате создания водохранилища.

Итак, печать избыточного увлажнения лежит на многих процессах и явлениях в поясе сильного подтопления. Мы остановились лишь на некоторых из них.

Переходный пояс от сильного подтопления к умеренному отчетливо прослеживается на Камском водохранилище; на Новосибирском, Рыбинском, Горьковском он выражен слабо. Его вертикальная мощность всего 10—15 см. При уклонах берега более 0,05 он практически отсутствует. В поясе

умеренного и слабого подтопления средняя глубина залегания грунтовых вод за вегетационный период равна 0,8—2,5 м. После создания водохранилища питание корневых систем значительно улучшилось. Граница пояса на водохранилищах с многолетним регулированием уровня подвижна, а интенсивность воздействия водоема зависит от типа режима его уровня.

На побережье Рыбинского водохранилища оптимальные условия увлажнения свойственны биогеоценозам, расположенным на высоте около 1 м над НПУ. Именно до этой высоты гидрогеологическое влияние на корневые системы проявляется ежегодно.

Общее увеличение прироста равно 10—75%, причем прослеживается большая тесная связь увеличения прироста по диаметру с высотой местообитания над НПУ. «Рекордсменом» по увеличению биологической продуктивности следует считать лишайниковые сосняки на Новосибирском водохранилище. Их прирост по диаметру после наполнения водохранилища возрос в 1,7—2 раза.

Значительные амплитуды колебания уровня водохранилища и грунтовых вод в поясе умеренного подтопления на Рыбинском водохранилище обусловили тесную связь истинного текущего годовичного прироста по диаметру с положением уровня водохранилища с мая по август. На водоемах с сезонным регулированием уровня подобная четкая связь отсутствует, однако в годы с I типом режима уровня положительное воздействие водохранилища все же проявляется сильнее. Пояс положительного воздействия выражен и в подзоне косвенного влияния, где увеличение прироста по диаметру равно 5—20%, но связи ежегодного прироста с типами режима уровня не наблюдается.

Таким образом, на берегах водохранилищ спустя несколько лет после их создания наблюдается дифференциация лесорастительных условий и формирование двух основных поясов влияния: отрицательного и положительного. В зависимости от географического положения водохранилища и местных геолого-геоморфологических условий побережья меняется соотношение площадей положительного и отрицательного влияния. Общая площадь подтопленных земель на побережьях водохранилищ Волжско-Камского каскада к началу 70-х годов составила 160—170 тыс. га, из них на площади не менее 60 тыс. га наблюдалось сильное подтопление, где прирост древостоев снизился.

Для побережий крупных водохранилищ важна проблема хозяйственного освоения подтопленных земель, состояние которых сейчас далеко не образцовое. В ряде мест лесные земли захламлены деревьями, погибшими от ураганов и сильных ветров, забиты высоким кустарником. Эта проблема через 5—10 лет будет иметь практический интерес, так как в случае реконструкции речной сети на севере европейской территории СССР — сооружения Усть-Ижемской ГЭС и водохранилищ для переброски части стока Печоры в Волгу — площадь подтопленных земель возрастет на 100—200 тыс. га, в том числе неблагоприятное влияние на ведение сельского и лесного хозяйств проявится на площади не менее 50 тыс. га.

Конечно, нельзя при оценке последствий создания водохранилища исходить только из изменения производительности прибрежных древостоев и на основании этого показателя судить об общем эффекте влияния подтопления. Леса на берегах водохранилищ относятся не к категории эксплуатационных, а защитных, выполняющих водоохранную, санитарно-гигиеническую роль.

На ряде водохранилищ, особенно расположенных вблизи крупных городов, сочетание природных факторов (вода, чистый воздух, лес) обуславливает существование благоприятных условий для организации зон отдыха. Потребность в них возрастает с каждым годом. Но наличие сравнительно узкой (от десятков до сотен метров) поло сы угнетенных, захламленных древостоев делает по существу непригодной к использованию значительной части прибрежной территории. Подготовка чаши и берегов будущего водохранилища должна вестись (и это уже делается) с учетом интересов различных видов использования территории, а не только с позиций гидроэнергетики.

В Основах водного законодательства Союза ССР и союзных республик, принятых в 1970 г. Верховным Советом СССР, обращается внимание водохозяйственных органов на строгое соблюдение условий, согласно которым рациональное использование водных ресурсов должно сочетаться с предотвращением земель от засоления и заболачивания с сохранением благоприятных условий для воспроизводства других видов ресурсов. В этом направлении предстоит сделать еще немало.

Своеобразный пояс отрицательного влияния на растительность, в котором «повинно» водохранилище, формируется спустя 3—4 года после его образования в пригородных зонах отдыха, даже на небольших водоемах. Речь идет о значительных воздействиях со стороны отдыхающих, которые практически полностью уничтожают подрост и подлесок, изменяют физические свойства почв.

Так, по данным Н. С. Казанской и др. (1974), в летнее время на берегах подмосковного Пестовского водохранилища количество отдыхающих на 1 га превышает 200 человек, при оптимуме (с позиций сохранения лесных биогеоценозов) 10—25 человек. Особый ущерб лесу приносит автомобильный личный транспорт, нередко загрязняющий к тому же воду, когда мытье машины незадачливым шофером осуществляется тут же на берегу.

Примечательно, что пояс влияния водохранилища на прибрежные леса в результате стихийного рекреационного использования прибрежной территории обычно превосходит по площади собственно пояс сильного подтопления. Многочисленные исследования по рекреационной географии направлены на разумное и всестороннее использование территории для отдыха и туризма, и в этом важном деле достигнуты первые успехи.

Сложность определения воздействия новых климатических условий на произрастание растительности заключается в том, что климатическое влияние нередко проявляется вместе с гидрогеологическим, которое обычно

гасит роль первого как более сильное.

В предыдущей главе было показано изменение местного климата на берегах водохранилищ. Дифференциация знака влияния по сезонам года и различные тенденции (благоприятные и неблагоприятные) изменения отдельных метеорологических элементов не позволяют однозначно ответить на вопрос о последствиях преобразования метеорологического режима на произрастание растительности.

На Новосибирском водохранилище, в 6 км от деревни Сосновки, на берегу, возвышающемся на 7—8 м над урезом, мы обследовали сосновые культуры 20- и 30-летнего возраста. В данном случае подъем грунтовых вод не оказывает влияния на корневые системы; слишком высок берег. Анализ прироста по диаметру у сосен, произрастающих на разном удалении от берега (взяты спилы у деревьев в 5, 10—20, 50, 100 и 600 м), позволяет говорить о небольшом благоприятном влиянии акватории на первых десятках метров. Прирост по диаметру за 1961—1965 гг. у сосен в зоне 5—50 м был на 30—40% больше, чем в 600 м от берега. Это объясняется улучшением климатических и световых условий. Небольшое снижение температуры воздуха в первую половину вегетационного периода и повышение относительной влажности воздуха благоприятны для роста сосен в лесостепных условиях.

Анализ спилов модельных (типичных) деревьев, взятых на берегах Камского, Новосибирского и Рыбинского водохранилищ, дает все основания сделать вывод, что изменения в приросте деревьев не выходят за пределы различий в приросте, обусловленных в естественных условиях экспозицией склонов, положением дерева в древостое и другими местными ландшафтными особенностями.

Отдельные свойства метеорологического режима побережий водохранилищ оказывают существенное влияние на растительный покров. Значительное увеличение скорости ветра при сильной обводненности почв и пониженном в связи с этим сцеплением корневых систем с грунтом вызвало на Камском водохранилище массовые буреломы из елей, берез и осин. Ширина этой своеобразной зоны, которая обычно входит в пояс сильного подтопления,—40—100 м. Весьма эффективна роль акватории в снижении вероятности поздних заморозков. В благоприятном положении обычно находятся южные, восточные и юго-западные берега, на которые воздушные массы с севера поступают после того, как они трансформировались при прохождении над теплым водоемом.

Охлаждающее воздействие акватории весной отражается на датах прохождения растениями фенологических фаз. Размер сдвигов фенофаз хорошо согласуется со сроками запаздывания перехода средней суточной температуры воздуха через отметки $+5^{\circ}$ и $+10^{\circ}$. Сдвиг равен 3—8 дням. Продолжительность фаз развития растений (распускание почек, цветение и т. д.) в зоне влияния акватории больше, чем за ее пределами. Однако различия в развитии растительного покрова сглаживаются во вторую половину вегетационного периода, когда проявляется обогревающее воздействие водной

массы. Начало осенних фенологических явлений на берегах крупных водоемов запаздывает на 7—15 дней по сравнению с континентальными условиями.

Несколько упрощая реальную картину воздействия местного климата водохранилищ на развитие растений, можно заключить, что изменения, вносимые акваторией, благоприятны в условиях степной и лесостепной зон и неблагоприятны в лесной, особенно в северо-таежной.

Заключение

Вопросы рационального использования и охраны водных ресурсов принадлежат к числу острых проблем современности. Это вызвано не только очень быстрым ростом потребности в пресной воде со стороны населения и хозяйства. Интенсификация использования рек, озёр и морей и изменение их режима тесно связаны с такими их преобразованиями, которые требуют все больше внимания к задаче охраны, сохранения и улучшения окружающей человека природной среды.

Усилия нашей страны в этом направлении постоянны и целеустремленны. Ещё в советское время был принят ряд постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР о рациональном использовании природных богатств. 4 февраля 1976 г. было опубликовано Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов Черного и Азовского морей».

К сожалению сегодня уделяется недостаточно внимания и выделяется не достаточно средств на охрану водохранилищ. В регионах России эта проблема стоит наиболее остро. Коррупция власти подрывает не только бюджет страны, но она ещё и наносит вред окружающей среде. Часто бывает, что не далеко от водохранилища располагается какое ни будь иностранное производственное предприятие. И сбрасывая отходы в ближайшие водоёмы, вредоносные вещества попадают и в водохранилище. Так кто же разрешает владельцам предприятия давать распоряжение на сброс вредных токсичных отходов? Весь вопрос упирается в деньги. К сожалению эта проблема очень актуальна, и борьба с этим тоже приносит существенные результаты.

Очень часто берега водохранилищ превращаются в пляжи, где в летний период собираются отдыхающие на природе люди. Но далеко не все они задумываются о том мусоре, который они оставляют после себя и который попадает в водохранилище.

Охрана водохранилищ – это не только сохранение флоры и фауны, но и поддержка естественного природного баланса природы, и никак нельзя допускать, что бы по вине человека этот баланс бы нарушен.