

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.П. АСТАФЬЕВА
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

ФАКУЛЬТЕТ БИОЛОГИИ, ГЕОГРАФИИ И ХИМИИ
Кафедра географии и методики обучения географии

Малыхина Людмила Андреевна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Изучение экологических проблем Богучанской ГЭС с помощью
виртуальной экскурсии**

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы
География

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

доцент кафедры ГиМОГ

_____ Л.А. Дорофеева

(подпись)

Научный руководитель: Ананьева Татьяна
Алексеевна, к.г.- м.н., профессор кафедры
географии и методики обучения географии

(дата, подпись)

Дата защиты _____

Обучающийся: Малыхина Л.А.

(дата, подпись)

Оценка _____

(прописью)

Красноярск 2017

Содержание

Введение.....	3
1. Экология территорий строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений.....	6
1.1. Влияние гидротехнических сооружений на режим водотока: гидравлический, русловой, ледотермический, гидрохимический.....	6
1.2. Влияние гидротехнических сооружений на климат, состав атмосферного воздуха, геологические условия.....	25
1.3. Влияние гидротехнических сооружений на биотические факторы природной среды: гидробиологический режим, животный мир, растительность.....	34
2. Физико-географическая характеристика территории Богучанской ГЭС	
2.1. Геологическое строение и рельеф.....	43
2.2. Климат, почвы и гидрология.....	45
2.3. Растительный и животный мир.....	55
3. Изучение экологических проблем, связанных со строительством и эксплуатацией Богучанской ГЭС для создания виртуальной экскурсии.....	63
3.1. Влияние строительства Богучанской ГЭС на природные компоненты.....	63
3.2. Разработка виртуальной экскурсии «Изучение экологических проблем, связанных со строительством гидротехнических сооружений на примере Богучанской ГЭС».....	70
Заключение.....	78
Список использованной литературы.....	79

Введение

Актуальность.

*... Что воспитывает широту духа,
как не эта удивительная природа?
Её надо беречь, как мы бережём самую жизнь человека.
Потомки никогда не простят нам опустошения Земли,
надругательства над тем,
что по праву принадлежит не только нам, но и им.*

П.И. Чайковский

В современном мире постоянно происходит расширение масштабов производства, в том числе и энергии. Всё более и более глубокие изменения вносит в окружающий мир деятельность человека. Поэтому с каждым днём проблема охраны окружающей среды становится актуальнее.

«Экология» в переводе с греческого языка – наука о доме. Сегодня под словом «дом» следует понимать всю планету, которая нуждается в неустанной заботе человека. Взвешенному отношению человека к природе способствует экологическое обучение и воспитание.

Образование помогало человеку до недавнего времени приспособлять окружающую среду для своего удобного существования. В настоящее время цель поменялась и предполагает обучение заботе об этой среде. Детей нужно учить тому, что у природы можно не только брать, но и тому, что ей необходимо и отдавать. Задачи системы образования – воспитание бережного, внимательного отношения к природе; расширение знаний, необходимых для её улучшения и охраны.

Экологическое образование – процесс наследования человеком экологической культуры посредством обучения, воспитания и развития. Оно становится общенациональной задачей, прямо отвечающей целям обновления общества в условиях перехода к устойчивому развитию, обеспечивающему сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-

ресурсного потенциала для удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколения людей [27].

В средней школе учащимся закладываются нравственные и этические принципы, которыми они будут руководствоваться по жизни. Школа создаёт ребятам условия формирования жизненных идеалов и принципов, выводящих их на путь сотрудничества с природой и сохранения её целостности. Ранее введение школьников в сферу экологических проблем, способствует более эффективному воспитанию у них ответственного отношения к природе.

В основу школьного экологического образования необходимо заложить знание природного своеобразия своего региона, умение прогнозировать сферы развития региона, а также изучать конкретные дела по улучшению окружающей среды и привлекать учащихся к поиску решений по устранению негативных явлений. Все эти мероприятия важно показывать на примере конкретного предприятия региона (района, города и т.д.), которое служит источником загрязнения воздуха, воды и почвы.

Основные экологические проблемы бассейна реки Ангары связаны с масштабным преобразованием речной сети Богучанской ГЭС (четвёртой в каскаде) и продолжающимся загрязнением водных ресурсов, распространением экзогенных геологических процессов, нанесением урона животному миру.

Цель: выявить экологические проблемы, связанные с возведением и эксплуатацией гидротехнических сооружений Богучанской ГЭС для создания виртуальной экскурсии.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- изучить экологические проблемы, связанные со строительством и эксплуатацией ГЭС;
- дать физико-географическую характеристику территории Богучанской ГЭС;

- рассмотреть экологические проблемы, связанные с возведением и эксплуатацией БоГЭС;

- разработать виртуальную экскурсию «Экологические проблемы территории строительства и эксплуатации Богучанской ГЭС».

Объект: экологические проблемы, связанные со строительством и эксплуатацией Богучанской ГЭС.

Предмет: разработка виртуальной экскурсии «Экологические проблемы территории строительства и эксплуатации Богучанской ГЭС».

Для написания дипломной работы были использованы следующие методы:

- 1) исторический;
- 2) географический прогноз;
- 3) статистический;
- 4) сравнительный.

Практическая значимость работы: материал данной работы может использоваться в школьном курсе географии в 9 классе при изучении темы «Электроэнергетика», а также во внеурочной деятельности при проведении мероприятий в рамках «Недели географии».

1. Экология территорий строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений

1.1. Влияние гидротехнических сооружений на режим водотока: гидравлический, русловой, ледотермический, гидрохимический

Созданные крупные гидроузлы вносят большие изменения в естественный гидрологический режим рек. Вследствие регулирующего действия водохранилища сток реки в течение года в нижнем бьефе станет более равномерным. Это влияние водохранилища распространяется на значительные по протяжению участки реки ниже плотин и до её устья: уменьшаются расходы паводка и увеличиваются расходы межени. Это перераспределение будет зависеть от регулирующей (полезной) ёмкости водохранилища. Суточное и недельное регулирование мощности ГЭС вносит в гидравлический режим рек характерное своеобразие в нижнем бьефе при прохождении попусков волн, влияющих на участки значительной протяженности (до нескольких сотен километров от плотины на реках протекающим по равнинам). Режим течения, который ещё не установился и возникает при прохождении волн попусков, влияет не только на гидравлические условия, но также и на русловые переформирования в нижнем бьефе.

Распространение волн суточного регулирования и колебания их уровней заметны на нескольких десятках километрах. Скорость распространения в нижнем бьефе достигает 3-4 м/с. Гребень волны перемещается в 2-4 раза быстрее скорости течения реки. Амплитуды колебания уровней достигают нескольких метров.

Задержка водохранилищем твёрдого стока и перераспределение во времени стока воды приводит к изменению руслового процесса в верхнем и нижнем бьефах гидроузла. Преобладающие в естественных условиях обратимые деформации русла, обусловленные транзитным транспортом наносов, поступающих с площади водосбора, после возведения гидроузла сменяются необратимыми деформациями. Создание водохранилища приводит к тому,

что большая часть наносов (а в крупных водохранилищах на равнинных реках практически все наносы) осаждаются в нём, и в нижний бьеф вода поступает осветлённой. В результате происходит постепенное занесение чаши водохранилища донными наносами и его заиливание взвешенными наносами. В этих условиях в нижнем бьефе поток, транспортирующая способность которого оказывается недостаточной, начинает насыщаться за счёт размыва примыкающего к гидроузлу участка нижнего бьефа. Этот участок превращается в зону питания наносами расположенной ниже части реки. В русле начинают развиваться необратимые деформации, в которых преобладает общий размыв [20].

Преобладание общего размыва в процессе трансформации русел нижних бьефов является определяющим для равнинных рек, несущих сравнительно небольшое количество наносов. Срок заиления равнинных водохранилищ, преобладающих на территории России, исчисляется сотнями лет, что и определяет основную роль общего размыва в процессе трансформации русел нижних бьефов гидроузлов, возведённых на равнинных реках.

Наряду с трансформацией русла нижнего бьефа, строительство гидроузлов вызывает его местные деформации, обусловленные повышенной турбулизацией, местным сосредоточением и изменением направления потока под воздействием гидротехнических сооружений и регуляционных работ.

Ниже сооружений поток откладывает большую часть наносов в виде переката, отметки гребня которого постепенно нарастают. По мере затухания процесса местного размыва за сооружениями рост переката замедляется, а его гребень смещается вниз по течению. Со временем происходит постепенный смыв переката, передвижение вниз по течению зоны отложений и общее понижение уровней нижнего бьефа [20].

После завершения или временной стабилизации процесса местного размыва заводопропускными сооружениями начинается постепенный размыв русла нижнего бьефа и перемещение зоны наибольших отложений наносов вниз по течению. На ближайшем к сооружениям участке нижнего бьефа

преобладающим видом деформации русла становится размыв. Зона размыва, продвигаясь вслед за зоной отложений, постепенно охватывает всё большую длину бьефа, оставляя выше по течению участок более устойчивого, стабилизировавшегося русла, при взаимодействии которого с потоком уже не происходит значительных деформаций дна реки и существенного насыщения потока наносами. Повышение устойчивости русла в этой зоне обусловлено увеличением глубин за счёт размыва, снижением скоростей потока и, как следствие, уменьшением подвижности донного материала.

Характер распространения зоны размыва зависит от уклона реки, геологического строения её ложа и т. д. [18].

При резком колебании уровней нижнего бьефа, обусловленном суточным регулированием мощности ГЭС, процесс продвижения вниз по течению зоны интенсивного переформирования и зоны стабилизации русла может несколько замедляться за счёт увеличения притока наносов в русло при обрушении и оползании берегов (боковая эрозия) после прохождения попусковых волн. Приток наносов в русло, происходящий за счёт боковой эрозии, увеличивает заносимость перекатов и уменьшает их устойчивость. Зона интенсивной боковой эрозии русла, как и весь процесс его переформирования, смещается вниз по течению.

Увеличение боковой эрозии непосредственно ниже сооружений происходит в результате изменения потока и перераспределения расходов воды на отдельных участках русла реки в нижнем бьефе.

В процессе переформирования русла нижнего бьефа, перестраивающегося в соответствии с новым гидрологическим режимом потока, отмечается уменьшение извилистости русла и выравнивание разницы между объёмами русла на плёсовых и перекатных участках. В результате речное русло приобретает форму, приближающуюся к форме канала [18].

В реках с побочным типом руслового процесса зарегулирование стока может привести, наоборот, к увеличению извилистости русла.

В зимний период эксплуатации гидроузлов волны суточного регулирования могут явиться причиной подвижек льда и заторных явлений, когда ледяные поля, приведённые в движение волнами попусков, нагромождаясь друг на друга, могут перекрыть отдельные рукава многорукавных русел. При этом возможно перераспределение потока между рукавами и уход основной части расхода реки во второстепенные рукава.

Эксплуатация гидроузла оказывает существенное влияние на преобразование ледотермического режима водотока как в верхнем, так и в нижнем бьефах [8].

В верхнем бьефе гидроузла, как правило, происходит увеличение глубины и ширины потока, что ведёт к снижению скоростей течения и интенсивности турбулентного перемешивания на этом участке реки.

Температурный режим верхнего бьефа зависит от времени полного водообмена, объёма и глубины его приплотинной части, морфометрических параметров рельефа, температуры и расхода воды и льда, поступающих в верхнюю часть водохранилища. Существенное влияние на температурный режим верхнего бьефа оказывает компоновка гидроузла, конструкция водозаборных и водосбросных сооружений. Работа гидроузла изолировано или в каскаде также влияет на температуру воды и ледотермический режим водотока.

Водохранилища различаются по глубине и проточности. Классификация по глубине позволяет выделить три типа водохранилища:

Мелкое водохранилище характеризуется тем, что разность температур по глубине остаётся всё время незначительной, изменчивость температуры у дна почти такая же, как у поверхности, а теплообмен с дном соизмерим с теплообменом с атмосферой [8].

Глубокое водохранилище отличается от мелкого наличием перепада температур по глубине; изменчивость температуры у дна невелика, теплообмен с дном составляет незначительную часть теплообмена с атмосферой.

Очень глубокое водохранилище характеризуется постоянством температуры у дна и отсутствием теплообмена с ним.

По степени проточности водохранилища разделяются на слабопроточные и проточные водохранилища. В слабопроточных водохранилищах скорости течения относительно велики и температура воды на каждом участке зависит от температуры на выше расположенном участке водохранилища [20].

I период (весеннее нагревание до 4°C) наступает вслед за вскрытием водохранилища ото льда. Вскоре после вскрытия водохранилища устойчивая стратификация, имевшая место в зимний период, нарушается и возникает свободно-конвективное перемешивание. Толщина слоя воды, охваченного конвекцией, постепенно увеличивается. Конец I периода совпадает с моментом нагрева воды до температуры 4°C (температуры наибольшей плотности), при которой свободная конвекция прекращается.

Во II периоде происходит интенсивное прогревание воды от 4°C и выше. Перенос тепла внутриводной толщи осуществляется за счёт турбулентного перемешивания. Так как его интенсивность меньше интенсивности весенней свободной конвекции, то II период характеризуется наличием значительных вертикальных градиентов температуры.

В течение III периода (осеннего охлаждения до 4°C) так же, как и в I периоде, наблюдается интенсивное свободно-конвективное перемешивание, а турбулентное перемешивание по сравнению с ним играет подчиненную роль. Отличие состоит в том, что продолжительность этого периода значительно больше первого [20].

В IV периоде происходит предледоставное охлаждение ниже 4°C и вновь возникает устойчивая стратификация, основную роль играет турбулентное перемешивание. В мелких водохранилищах охлаждение может распространяться до дна. В глубоких водохранилищах охлаждению подвержены лишь поверхностные слои, а в глубинных наблюдаются значительные вертикальные градиенты температуры. Наличие или отсутствие ветрового перемешивания имеет важное значение, так как этим

определяется возможность переохлаждения воды, образование шуги, сроки ледостава, температура воды зимой.

Начало V периода (зимнего режима под ледяным покровом) совпадает с моментом установления ледостава на водохранилище. Температурный режим этого периода отличается большей стабильностью по сравнению с режимом других периодов. Так как температура воды ниже 4°C и с глубиной повышается, то свободная конвекция не наблюдается, а наличие ледяного покрова не только изолирует в термическом отношении водную толщу от атмосферы, но и исключает возникновение ветрового перемешивания воды.

В самом начале V периода вертикальные градиенты температуры невелики. Затем они возрастают. В относительно неглубоких водохранилищах в течение первой половины зимы наблюдается медленный плавный рост придонных температур, вызванный теплообменом с грунтом дна. В более глубоких водохранилищах температура глубинных и придонных слоёв воды практически почти не изменяется. В конце зимы, после таяния снежного покрова на льду, происходит повышение температуры поверхностных слоёв, вызванное непосредственным поглощением солнечной радиации и стоком талых вод. Сразу же после вскрытия водохранилища начинается весенняя конвекция (I период годового термического цикла) [20].

Особенности ледового режима водохранилищ связаны с особенностями их термического режима. Ледовые условия изменяются не только во времени, но и по площади акватории водохранилища. Эти изменения могут быть весьма существенными и зависят, главным образом, от глубин: в результате у берегов, где глубины меньше, ледяной покров возникает раньше, оказывается более толстым и исчезает позже, чем в открытой части. Большое влияние на образование ледяного покрова оказывает ветер, причём его воздействие может быть не только термическим, но и механическим. Термическое воздействие сказывается на увеличении теплообмена с воздухом и выравнивании температуры воды по глубине, что существенно поздней осенью в предледоставный период, когда плоскостная стратификация

является устойчивой и, следовательно, свободная конвекция отсутствует. Механическое воздействие выражается в изменении условий образования ледяного покрова – переохлаждении воды, нагоне ледового материала к наветренному берегу и так далее.

Образование ледяного покрова может происходить при отсутствии и при наличии слоя ветрового перемешивания. Образованию льда в обоих случаях предшествует переохлаждение воды, причём температура воды у поверхности при охлаждении всегда ниже, чем на глубине, поэтому переохлаждение и зарождение кристаллов шуги начинается у поверхности.

Если ветрового перемешивания нет, то происходит спокойное замерзание поверхности водохранилища: свободная поверхность воды быстро покрывается очень тонким слоем льда, после чего начинается нарастание снизу обычного поверхностного льда [8].

При ветровом перемешивании из-за значительной турбулизации водной толщи частицы шуги уносятся вглубь, теплообмен воды с атмосферой сохраняется, переохлаждение воды продолжается, захватывая всё более толстый слой. Происходит объёмное образование шуги, которое затухает по мере увеличения размеров шуговых образований, их всплытия, уменьшения открытой части поверхности воды и одновременно происходящего угасания волнения, а следовательно, и турбулентности; всплывшая шуга образует шуговый ковёр, который замерзая и составляет ледяной покров. Срок начала образования ледяного покрова, возникающего таким путём, наступает несколько позже, чем при спокойном замерзании. Однако скорость роста ледяного покрова оказывается выше за счёт шугового ковра.

В хвостовой части водохранилищ, как правило, формируются заторы вследствие резкого замедления скорости движения ледяных полей, поступающих с верхних участков реки, торошения и подныривания льдин под остановившуюся ледовую массу в период осеннего и весеннего ледоходов. При снижении уровней воды в водохранилище может происходить осаждение массы затора на дно, а при подъёме уровней – её

всплывание и перемещение по водохранилищу. Подпор от затора может распространяться вверх по реке и вызывать подтопление окружающей местности. Такие заторы на равнинных реках могут приводить к подъёмам уровней воды и навалам льда на берега высотой до 3-4 метров.

К числу факторов, под воздействием которых формируется ледотермический режим нижних бьефов ГЭС, относятся:

- температура воды, поступающей из верхнего бьефа в нижний;
- режим расходов, проходящих через ГЭС;
- скорости течения и уровни воды в нижнем бьефе;
- работа гидроузла изолированно или в каскаде;
- климат региона: температура и влажность воздуха, облачность, скорость и направление ветра, количество выпавших осадков;
- химический состав воды в потоке (минерализация) ;
- температурные и криогенные характеристики грунтов ложа;
- наличие притоков и сбросов коммунальных и промышленных предприятий [8].

Степень влияния каждого из факторов на ледотермический режим нижнего бьефа различна, некоторые из них взаимосвязаны между собой. Например, климат региона зависит от температурного режима как верхнего, так и нижнего бьефов, возможно изменение климата вследствие создания гидроузла.

Грунты ложа определяют не только шероховатость русла, но и оказывают влияние на теплоприток от дна и температуру воды, а также на процесс образования донного льда.

Существенное влияние на процессы льдообразования в нижнем бьефе оказывает химический состав воды. Так в нижних бьефах гидроузлов, расположенных на устьевых участках рек, впадающих в море, вследствие смешения пресных речных и солёных морских вод часто наблюдается интенсивное шугообразование, вызывающее формирование зажоров, подъём уровней и подтопление примыкающих территорий [8].

Глубина регулирования стока реки вызывает также значительное изменение не только расходов, но и температуры воды попусков, что обуславливает различие в формировании ледового и термического режимов в нижних бьефах ГЭС с многолетним, сезонным, недельным и суточным регулированием.

Создание глубоких водохранилищ большой ёмкости приводит к поступлению в нижний бьеф воды более низкой температуры летом, более высокой зимой, особенно если водозабор ГЭС производится из глубинных слоёв. В зимний период средние декадные температуры воды в нижних бьефах большинства ГЭС могут достигать 5° С; в некоторых случаях они доходят до 8° С. Следовательно, в зарегулированных условиях температура воды в нижних бьефах ГЭС достаточно высокая, в то время как в естественных условиях, уже к началу льдообразовательных процессов температура воды в речных потоках близка к нулю.

На температуру воды в нижних бьефах ГЭС большое влияние оказывает проточность водохранилища. Чем больше проточность, тем интенсивнее турбулентный теплообмен в водохранилище, тем, при прочих равных условиях, теплее вода, сбрасываемая в летний период, и холоднее в зимний [9].

В связи со сбросом воды из водохранилища с температурой более 0° С, а также с «отсечением» льда, поступающего с верхних участков реки, сооружениями гидроузла, сроки ледостава в нижнем бьефе сдвигаются: ледостав наступает позже. Поступление в течение всего зимнего периода воды с положительной температурой обуславливает наличие полыньи в нижних бьефах ГЭС.

Длина полыньи зависит от значений сбросных расходов, метеорологических условий, температуры воды, поступающей из верхнего в нижний бьеф, морфологических характеристик русла, а также от количества тепла, поступающего от тепловых источников и боковых притоков.

В начале зимы, когда створ нулевых температур в нижнем бьефе располагается к ГЭС ближе, чем кромка ледяного покрова, движение кромки к плотине, как правило, осуществляется задержкой подплывающих шуголедяных масс. Выше кромки на подпорном участке скорости снижаются, что создаёт благоприятные условия для продвижения кромки вверх по течению и приближения её к створу гидроузла [9].

Характерным является отсутствие или снижение доли внутриводного льда в период осеннего шугохода-ледохода на примыкающем к гидроузлу участке нижнего бьефа, связанное с тем, что на участке «ГЭС – нулевая изотерма» шугообразование не происходит, а в мелководных застойных зонах, охлаждающихся быстрее, происходит образование поверхностных форм льда.

Снижение пропускной способности русла при наличии ледяного покрова в нижних бьефах ГЭС вызывает подпор уровня воды, причём на равнинных реках подпор у плотины может сказываться, когда кромка ледяного покрова находится на расстоянии 100 и более километров ниже плотины.

Наибольшие подпоры уровней воды в нижних бьефах наблюдаются, в основном, в начале ледостава (в первые 10 суток).

Со второй половины зимы кромка льда начинает медленно отступать вниз по течению со скоростью 2-3 км/сут и лишь при больших попусках ГЭС и резком повышении температуры воздуха скорость отступления кромки льда может составлять до 30 км/сут [9].

Интенсивность и последовательность развития зажорных явлений по длине нижнего бьефа определяются, главным образом, морфологическими особенностями русла: чередованием участков с большими и малыми уклонами дна (перекат - плёс) в сочетании с гидрометеорологическими условиями и режимами работы ГЭС.

Непрерывно подплывающие с верхнего участка нижнего бьефа к кромке ледяного покрова (или к ледяной перемышке) массы шуги подныривают под кромку и закупоривают русло реки, вызывая подпор уровней, снижение

уклонов водной поверхности и уменьшение скоростей течения. Иногда зажоры образуются в нижних бьефах в течение всей зимы вследствие интенсивного шугообразования в приплотинной полынье.

Объём ледяного материала в зажорах зависит от температуры воздуха в период их формирования. Чем ниже температура воздуха, тем меньше объём ледяного зажора. Это объясняется тем, что происходит резкое уменьшение длины полыньи, а следовательно, резко сокращается длина шугообразующего участка [20].

В нижних бьефах гидроузлов, возведённых на крупных реках, среднее количество льда в зажорных скоплениях обычно составляет до 10 млн.т, а наибольшее достигает 24-28 млн.т. Зашугованность русла может составлять 50-80%. Протяжённость зажоров в нижних бьефах ГЭС может достигать в среднем 5, а иногда 10 км, толщина льда и шуги и зажорный подъём уровней воды – от 3 до 8 метров. Поверхность заторов торосистая, с высотой торосов до 3 метров. Наблюдаются навалы льда на берегах высотой 3-4 метра.

Чем больше объём зажорных скоплений льда, а также, чем больше объём и продолжительность попусков, тем выше зажорные подъёмы уровней в нижнем бьефе ГЭС.

Заторы льда в нижних бьефах гидроузлов образуются, главным образом, в зимний период, тогда как в естественных условиях рек ледяные заторы образуются обычно весной во время весеннего снеготаяния и половодья.

Основными факторами заторообразовательных процессов в нижних бьефах гидроузлов являются объём и продолжительность попусков, воздействующих на ледяной покров нижнего бьефа, отрицательная температура воздуха и амплитуда колебаний уровней воды по длине нижнего бьефа [27].

В период повышенных попусков воды (амплитуда суточных колебаний уровней воды непосредственно у плотины при регулировании мощности ГЭС в зимний период может достигать 2-3м, а иногда и больше) происходит нарушение гидродинамической устойчивости ледяного покрова. Кромка

ледяного покрова срывается потоком и уносится вниз по течению, при этом происходит торошение и нагромождение льда в затор.

На участках нижнего бьефа, где подъёмы уровней воды превышают толщину ледяного покрова, происходит образование береговых трещин и ледяной покров поднимается вместе с уровнем воды и разламывается на отдельные ледяные поля размерами в десятки и сотни метров.

Примерзший к береговым склонам лёд (забереги) при минимальных суточных уровнях частично ложится на дно и примерзает к нему. При повторении суточного цикла лёд, образовавшийся при высоких уровнях, садится на примерзший ко дну лёд и смерзается с ним. В результате толщина заберегов становится равной амплитуде суточных колебаний уровня в нижнем бьефе. Плавающий лёд отделяется от заберегов постоянной трещиной. Периодические попуски могут вызвать образование наледи [8].

Под влиянием водного потока и ветра на участках разрушения ледяных полей происходит торошение и сжатие льда, в результате чего толщина кромки ледяного покрова увеличивается. Дальнейшее увеличение расходов попусков способствует формированию в нижнем бьефе поля битого льда удвоенной или утроенной толщины. В результате взаимодействия между битым льдом и потоком происходит уплотнение масс битого льда и его выдавливание вверх и вниз по вертикали. На участке нижнего бьефа, где имеет место торошение, возможно стеснение русла битым льдом до 70 – 80% на большом протяжении (как правило, не менее 0,5 км). При резком увеличении объёма попусков развиваются подвижки заторов льда, охватывающие участки нижнего бьефа протяженностью до 20 километров. Продолжительность таких подвижек составляет 2 – 3 часа, а толщина заторных масс льда может достигать при этом 10 – 12 метров. Подвижки заторов сопровождаются навалами льда на берега, высота которых может достигать 3 – 4 метров.

Протяженность зоны термического влияния ГЭС в нижнем бьефе определяется расстоянием, на котором режим сходов, уровней, ледовый

режим приближаются к естественным условиям, и может измеряться сотнями километров. По наблюдениям, выполненным на большом числе нижних бьефов ГЭС, продолжительность периода ледостава после зарегулирования стока сокращается на 20 – 60 суток по сравнению с естественными условиями за счёт более позднего начала ледостава и более раннего вскрытия.

Вскрытие нижних бьефов происходит путём последовательного отступления кромки льда вниз по реке вследствие интенсивного стаивания льда с нижней поверхности и на кромке при повышении температуры воздуха и перемещении нулевой изотермы под ледяной покров. Повышение температуры воздуха влечёт за собой уменьшение прочности льда, а при увеличении сбросных расходов, например, при попуске весеннего паводка, происходит отрыв кромки и взлом ледяного покрова с образованием заторных явлений в нижнем бьефе [31].

Создание водохранилищ приводит к значительным изменениям условий формирования качества воды. Гидрохимический режим бьефов ГЭС является следствием естественных процессов образования и таяния льда, испарения и выпадения осадков, антропогенной нагрузки на водоём, а также следствием процессов самоочищения, складывающихся под влиянием притока в водохранилище, боковой приточности, режимов сброса расходов воды через ГЭС. При этом существенными факторами, под воздействием которых происходит формирование гидрохимического режима, являются:

- природные фоновые характеристики качества воды;
- морфометрические характеристики водохранилища, в том числе глубина сработки уровня воды и мёртвый объём;
- водообмен, степень проточности;
- сброс хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод в водные объекты и на рельеф местности;
- процессы образования и таяния льда;
- процессы биологического самоочищения водоёма;

- температура воды;
- смещение фаз гидрохимического режима и амплитуды максимумов концентрации примесей;
- режим поступления загрязняющих веществ, в том числе химических веществ, с высокой сорбционной способностью, аккумулярованных в ледяном покрове, включая нефтепродукты (особенно при их аварийном поступлении на ледяной покров);
- химический состав пород и подземных вод ложа и бортов водохранилища.

Водообмен или степень проточности сказывается на времени запаздывания прохождения менее минерализованной паводочной воды по отношению ко времени наступления фаз гидрохимического и термического режимов. Под действием этого фактора движение малыми скоростями в пределах водохранилищ ведёт к накоплению излишних примесей в единице объёма. Чем больше время водообмена в водохранилище, тем больше примесей оно накапливает, тем больше загрязнений сбрасывается с водой в нижний бьеф. Процессы образования и таяния льда являются тем механизмом, который разбавляет воду в период половодья за счёт таяния льда до минимальных концентраций в конце паводка и увеличивает её концентрацию в период ледостава за счёт вытеснения примесей в подлёдный поток в процессе роста льда. Лёд является одним из источников поступления чистой воды в водоёмы и водотоки, причём объём весеннего снего- и льдотаяния определяет уровень минерализации водоёма к весне будущего года. Чем больше сбрасывается в водоём талой воды, тем более глубокая очистка водоёма производится.

Степень и виды влияния объектов гидростроительства на качество воды и водные экосистемы в верхнем и нижнем бьефах в период эксплуатации различаются [20].

На гидрохимический режим водохранилища оказывают влияние:

- фоновое состояние качества воды водотока и боковых притоков, поступающих в водохранилище;

- уровень санитарной подготовки зоны затопления водохранилища;
- характеристика затапливаемого ложа (засоленность и типы почв и грунтов, состав и объёмы древесной, кустарниковой и травянистой растительности, попадающей в зону затопления, состав подземных вод, наличие торфяников и болот и прочее);
- уровень антропогенного загрязнения в бассейне;
- хозяйственное освоение водохранилища;
- система водопользования, осуществляемая объектами, входящими в состав гидроузла;
- вторичное загрязнение.

Вторичное загрязнение связано, прежде всего, с аккумуляцией в водохранилище различных загрязнителей, поступающих из окружающей среды, в том числе и с объектов социально-экономической инфраструктуры, развитой на базе ГТС. Опасные загрязнители могут поступать в водохранилища с бытовыми, дорожными, коммунальными, сельскохозяйственными и промышленными стоками, с атмосферными осадками и наносами. Особенно опасны для водных объектов залповые сбросы загрязнителей в результате аварий на хозяйственных объектах. Одним из факторов вторичного загрязнения могут быть сбросы загрязнителей из других водоёмов (например, сине-зелёных водорослей из верховых водохранилищ).

Существенное влияние на формирование ионного состава и концентрации примесей в верхнем бьефе оказывают глубина сработки уровня и мёртвый объём водохранилища. Ведущими при этом являются процессы, происходящие в системе водоём – берег при колебаниях уровня воды (процессы потери и возврата солей), а также процессы разбавления воды за счёт притока талых вод при заполнении водохранилища. Выбор объёма предпаводочной сработки может служить мерой, регулирующей уровень загрязнения. Однако, при высоких уровнях мёртвого объёма, обусловленных конструктивными особенностями сооружений, добиться существенного

снижения концентраций примесей в нижнем бьефе в конце паводка невозможно [20].

Гидрохимический режим и качество воды в нижних бьефах ГЭС формируются под влиянием происходящих при зарегулировании реки перераспределения объёма стока по сезонам, изменения глубин и скоростей течения, а также замедления водообмена. Основными факторами при этом являются:

- качество воды, поступающей в нижний бьеф из водохранилища;
- гидрологический режим реки на участке нижнего бьефа;
- объёмы воды, поступающей в нижний бьеф через ГЭС, учитывающие требования всех водопользователей;
- антропогенная нагрузка в зоне нижнего бьефа и режим водопользования самого гидротехнического сооружения;
- вынос загрязняющих веществ на участке нижнего бьефа с поверхностным стоком и т. д.

Трансформация гидрологического режима в результате зарегулирования стока приводит к сглаживанию сезонных колебаний и смещению времени прохождения экстремальных концентраций химических веществ. На протяженных зарегулированных водотоках сроки прохождения максимумов и минимумов минерализации сдвигаются по отношению к прохождению аналогичных фаз в верховьях водотоков и по отношению к тому, что было до зарегулирования. Наиболее заметно эти сдвиги происходят при каскадном регулировании стока.

Ко времени прихода в низовья минимума минерализации паводочные расходы сменяются меженными, скорости падают, и вместо периода весенней гомотермии, совпадающего с минимумом минерализации по времени, наступает период осеннего охлаждения. Фактически в условиях регулирования стока происходит осреднение межсезонных колебаний выноса химических веществ с одновременным сдвигом во времени экстремальных значений выноса по отдельным сезонам; степень осреднения и временной

шаг сдвига тем больше, чем больше степень регулирования стока рек водохранилищами [35].

Процесс весеннего снего- и ледотаяния закладывает тот уровень минерализации, который сформируется в водоёме к весне будущего года. От количества льда и примесей, содержащихся вобравшейся из снегоочищенной талой воды, зависит поддержание режима примесей на определённом уровне.

Обычно при зарегулировании стока происходят изменения морфологии водотока, увеличение глубин, появление протяжённых полыней ниже ГЭС, уменьшение толщины льда. Всё это ведёт к уменьшению коэффициента льдистости при зарегулировании стока: количество льда, приходящееся на 1 м³ воды, на том участке реки, где располагается водохранилище, в несколько раз (иногда в десятки раз) меньше, чем в естественных условиях. Это может сказаться на гидрохимическом режиме водотока самым неблагоприятным образом.

Регулирование жидкого стока существенным образом отражается на стоке биогенных веществ, который, в свою очередь, зависит от изменения проточности водоёмов и их температурного режима. Так, например, максимум трансформации соединений в воде достигается при температуре, равной 12° С. При более низкой или более высокой температуре интенсивность самоочищения замедляется. При зарегулировании стока водохранилищами происходит существенное сокращение по сравнению с естественными условиями продолжительности периода с температурами воды, равными 12° С, а в водохранилищах высоконапорных ГЭС эта температура или не наблюдается вообще, или имеет место в очень малом по толщине слое [39].

Изменения гидрологического режима крупных равнинных рек в результате гидротехнического строительства сказываются на пространственном распределении и сезонных изменениях содержания

различных ингредиентов химического состава воды и факторов, их определяющих.

При каскадной системе зарегулирования лишь в головном водохранилище в распределении и динамике биогенных органических веществ и микроэлементов ощутимо влияние поверхностного стока, однако в нём большое значение имеют внутриводоёмные процессы, которые по мере перехода к нижерасположенным водохранилищам становятся доминирующими [33].

Как правило, происходит некоторое улучшение кислородного режима реки, особенно в первом полугодии, снижение и сглаживание амплитуды годовых колебаний перманганатной окисляемости и возрастание доли органических веществ планктонного происхождения. В результате интенсивного потребления водными организмами минерального фосфора и кремния в ряде случаев возможно снижение их содержания в воде.

Зоны с дефицитом растворённого кислорода в мёртвом объёме водохранилища, как правило, не оказывают существенного влияния на их биоту.

Ионный состав воды водохранилищ в большинстве случаев останется таким же, как вода питающих их рек, и подчиняется тем же связям состава с минерализацией, которые характерны для рек. В нижних бьефах отмечается незначительное увеличение ионного стока. Однако в случае активного взаимодействия воды водохранилища с минерализованными подземными водами возможно существенное изменение химического состава и минерализации вод водохранилища и нижнего бьефа [33].

1.2. Влияние гидротехнических сооружений на климат, состав атмосферного воздуха, геологические условия

Создание гидроузлов с водохранилищами большого объёма приводит к изменению термического режима воды по сравнению с естественными условиями как в верхних, так и в нижних бьефах ГЭС, что влечёт за собой изменение теплового стока реки и составляющих теплового баланса воды с суши, а следовательно, и значений метеорологических параметров и условий туманообразования. Изменение местного климата над акваторией водохранилища и прилегающих территорий суши происходит в связи с увеличением суммарной радиации и изменением радиационного баланса водоёма, а также с большей теплоёмкостью водной массы по сравнению с суши. За основной фактор, определяющий интенсивность и зону влияния, принимается теплофизический контраст вода – суша.

Изменение местного климата под влиянием водохранилища наиболее заметно проявляется в колебаниях температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, условий туманообразования.

В регионах расположения гидроузлов, как правило, происходит уменьшение континентальноеTM климата, ход температуры воздуха становится более плавным [26].

Температура воздуха под влиянием водохранилища ГЭС понижается весной и в первую половину лета (охлаждающее влияние), повышается во вторую половину лета и осенью (отепляющее влияние). Время наступления, продолжительность, интенсивность охлаждающего и отепляющего периодов зависят от географического положения, размеров и глубины водохранилища. Так, на севере период охлаждающего влияния водохранилища длится с начала июня до начала августа, а на водохранилищах, расположенных в лесостепной и степной зонах, продолжается до пяти месяцев (апрель – август). На южных водохранилищах, где ледостава обычно не бывает, период охлаждающего влияния уменьшается до 3-х месяцев (апрель – июнь), а в остальное время года они интенсивно нагревают воздушные массы, оказывая

отепляющее влияние на прилегающие территории. Изменение суточной (внутри суток) температуры воздуха в зоне побережья шириной до одного километра от уреза воды может достигать 5-8°, средней месячной – 0,3-3,0°С.

Сдвиг дат перехода средней суточной температуры воздуха через 0,5, 10°С составляет 3 – 7 дней. Продолжительность безморозного периода за счёт отепляющего влияния увеличивается до 10 дней.

Изменение абсолютной влажности воздуха, как и температуры воздуха, в значительной мере зависит от географического положения водохранилища. Значения абсолютной влажности на наветренном берегу могут быть на 1,4 – 5,0 метров больше, чем вне зоны влияния.

На севере, в зоне избыточного увлажнения, где из-за сильной заболоченности различия между сушей и водной поверхностью невелики, абсолютная влажность меняется меньше, чем на юге, в зоне недостаточного естественного увлажнения [26].

Максимальные изменения относительной влажности воздуха приходится на весенне-летний период:

- в зоне избыточного естественного увлажнения, в районе северных водохранилищ, влажность повышается на 4-6%;
- в зоне недостаточного естественного увлажнения влажность увеличивается в среднем на 6-12%, хотя её изменения в течение суток имеют сложный характер: ночью происходит уменьшение влажности, днём, наоборот, влажность повышается.

Количественным показателем потенциального влияния водохранилища на температуру воздуха служит разность между температурой поверхности воды и температурой воздуха на побережье, а на абсолютную влажность – разность между насыщающей влажностью при температуре поверхности воды и влажностью на побережье.

Направление ветра изменяется в зависимости от ориентации водохранилища, извилистости береговой линии, характера ландшафта,

шероховатости подстилающей поверхности суши и особенностей местной циркуляции воздуха.

Скорость ветра над акваторией водохранилища почти не меняется (15-20%) в охлаждающий период, в отепляющий – возрастает на 50-100%.

Осенью на наветренном берегу водохранилища наблюдается увеличение в 2-3 раза повторяемости сильных ветров (более 15м/сек) по сравнению с исходными ветровыми условиями [26].

Термические контрасты между сушей и водой на крупных водохранилищах приводят к возникновению местной циркуляции – бризов, они дополняют схему воздействия водохранилища на метеорологический режим. В сторону суши бризы могут проникать на расстояние 3км и более, захватывая по высоте зону в 100 – 300 метров.

В холодное время года (главным образом, в конце осени и зимой) над полыньями нижнего бьефа и их наветренными берегами создаются условия для образования туманов испарения, а на побережье увеличивается вероятность образования гололёда и изморози. К таким условиям относятся:

- типичное для антициклональной синоптической ситуации сильное выхолаживание воздуха над сушей или льдом, а затем – перемещение этого воздуха на открытую водную поверхность;
- слабые ветры (менее 5-7м/сек);
- наличие приземной (на высоте не более 100-200м) инверсии, т.е. повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты;
- достаточное начальное увлажнение воздуха (более 75%).

Влияние ГЭС на метеоэлементы в нижнем бьефе может распространяться в зависимости от рельефа местности и ветрового режима на несколько километров вглубь побережья.

По длине нижнего бьефа изменение климатических параметров по сравнению с естественными условиями уменьшается по мере удаления от ГЭС [26].

Характер береговых склонов и их крутизна определяют размеры зоны климатического влияния. Залесенные побережья водохранилища ограничивают его влияние на местный климат вследствие активной ретрансформации поступающих с водной поверхности масс воздуха.

В зоне горных водоёмов изменение местного климата будет происходить как под влиянием изменения высоты местности, так и за счёт трансформации воздуха при движении его над водохранилищем.

На участках, где горные хребты подходят непосредственно к урезу воды, влияние водохранилища на местный климат практически не прослеживается [32].

Изменения местного климата происходит на фоне глобальных изменений климата, которые могут усиливать или ослаблять, а возможно, и перекрывать влияние непосредственного водохранилища в зависимости от того, складываются или взаимно гасятся антропогенные и естественные воздействия.

Климатические изменения влекут за собой по принципу обратной связи изменения в значениях составляющих теплового баланса воды с воздухом.

Изменение качественного состояния атмосферного воздуха обычно связано с дополнительным загрязнением: выбросами в период строительства и эксплуатации объекта, либо с изменением условий распространения примесей, возникающих под его воздействием.

Непосредственное влияние создаваемого гидроузла на степень загрязнения атмосферного воздуха может проявляться только в изменениях метеорологических условий рассеивания примесей в районе расположения верхнего и нижнего бьефов [32].

Климатические изменения, связанные с созданием гидроузлов, имеющих водохранилища большого объёма, могут способствовать как рассеиванию примесей (усиление скорости ветра и турбулентного обмена над водной поверхностью, усиление восходящих движений в прибрежных районах в

летний период), так и существенному их накоплению (увеличение повторяемости туманов в нижних бьефах гидроузлов).

Основное влияние на атмосферный воздух в период строительства гидроузлов оказывают технологические процессы, связанные с функционированием временных или вспомогательных производственных предприятий, проведением земляных, в том числе взрывных работ.

Обеспечивающие строительство гидроузлов производственные базы включают в себя комплекс предприятий различного профиля с полным технологическим циклом работы: бетонные и обогатительные хозяйства, асфальтобетонные заводы, автохозяйства, временные и стационарные котельные на жидком и твёрдом топливе, склады горюче-смазочных материалов, монтажные базы и участковые хозяйства.

В результате производственной деятельности указанных предприятий и используемых технологических процессов в атмосферу может поступать до 30 наименований загрязняющих веществ различного класса опасности. Выбрасываемые в атмосферу вещества могут образовывать до 5 групп суммирующего воздействия [26].

Размеры зоны влияния источников загрязнения атмосферы (ИЗА) производственных баз существенно зависят от высоты источников, мощности выброса, температуры и скорости выбрасываемых газов, метеорологических условий района. Основное влияние на формирование уровней загрязнения прилегающей к производственной базе территории оказывают низкие неорганизованные выбросы.

Зоны влияния ИЗА производственных баз по различным выбрасываемым ингредиентам могут составлять от десятков метров до 2 километров.

В зоне влияния ИЗА производственных баз часто находятся населённые пункты и посёлки гидростроителей.

В период строительства гидроузлов выполняется большой объём земляных работ, при этом для выемки скальных грунтов используются взрывные работы. Зона распространения высоких концентраций примесей

может распространяться от точки проведения взрыва на расстояние до 1000 метров.

Для обеспечения нормальной эксплуатации гидроузлов организовываются постоянные производственные участки, имеющие ИЗА.

Интенсивность выбросов и их воздействие на атмосферный воздух в течение года обычно неравномерны, т.к. зависят от числа часов работы оборудования [26].

Создание водохранилища приводит к повышению уровня подземных вод на прилегающих территориях, а также к волновому и тепловому воздействию на берега и ложе водохранилища.

Следствием этого могут явиться:

- подтопление и заболачивание береговой зоны;
- протаивание многолетнемерзлых грунтов ложа и береговой зоны;
- возникновение и активизация геодинамических процессов;
- изменение режима и химического состава подземных вод;
- вскрытие и растворение торфяников.

Подтопление и заболачивание береговой зоны имеют следующие последствия:

- ухудшение свойств грунтов прилегающей территории с развитием склоновых процессов (оползни, обвалы, осыпи, сплывы и др.), карста, растворения и выщелачивания карбонатных и галогенных пород;
- формирование просадок в лёссах;
- изменение режима и химического состава подземных вод;
- изменение термовлажностного режима грунтов на обширных территориях, что особенно важно в области распространения многолетнемерзлых пород, где возможна активизация склоновых процессов, термокарста и криогенного пучения;
- ухудшение условий эксплуатации существующих в береговой зоне сооружений [29].

Геодинамические процессы в зоне водохранилищ возникают вследствие механического (статического и динамического) и теплового воздействий, которые создаются массой воды, а также изменения состава и свойств пород прибрежной зоны.

Активизация обвально-оползневых явлений может происходить в результате следующих процессов:

- подмыв берегов, развитие суффозионных процессов в основаниях склонов;
- снижение прочности пород при их увлажнении или растворении цементирующих веществ;
- развитие взвешивающего давления в нижней части оползнеопасного склона или стабилизировавшегося до заполнения водохранилища оползня;
- рост порового давления в массиве пород при их обводнении в результате подъёма уровня подземных вод;
- фильтрационно-суффозионные процессы в береговых массивах;
- размыв нижней при береговой части склона или оползневого тела с уменьшением их устойчивости.

Толчком для формирования обвально-оползневых явлений служит увлажнение пород в результате повышения влажности воздуха в береговой зоне водохранилища при выпадении атмосферных осадков, а также при осаждении водяной пыли, образующейся при работе водосливов [29].

При сработках водохранилищ (особенно быстрых) в крупнообломочных породах может возникать суффозия, что приводит к уменьшению устойчивости склонов и откосов, интенсификации фильтрационных процессов.

Склоновые и другие геодинамические процессы могут активизироваться или возникать в процессе строительства, первого наполнения, последующих сработок и наполнений.

Изменение влажностного режима в зоне водохранилища вызывает дополнительные осадки построенных ранее сооружений, а в лёссовых породах – формирование просадочных явлений.

В области распространения многолетнемерзлых пород активизируются или возникают обвально-оползневые явления, смещения курумов, солифлюкция, термокарст, криогенное пучение, наледеобразование, морозобойное растрескивание, термоэрозия. В связи с изменением термовлажностного режима территории развиваются тепловые осадки, как построенных сооружений, так и незастроенных участков местности [29].

Эксплуатация водохранилищ неизбежно ведёт к переформированию берегов. Степень и масштабы такой переработки зависят от интенсивности волнового воздействия, морфологии берегового склона и свойств, слагающих его пород. Зона переформирования возрастает по мере увеличения крутизны склона и перехода от скальных к нескальным и неустойчивым к воздействию воды и температуры породам.

Создание водохранилищ приводит к изменению режима и изменению химического состава подземных вод, а также к формированию новых водоносных горизонтов.

Под влиянием водохранилища меняются уровни подземных вод, напоры водоносных горизонтов, гидравлические уклоны и дебиты, местоположение и дебиты источников. Причинами изменения химического состава подземных вод могут явиться:

- растворение и выщелачивание карбонатных, сульфатных и галогенных пород;
- растворение и выщелачивание химических веществ, в том числе вредных, в частности радиоактивных;
- отжатие из глубинных подземных вод сильноминерализованных, радиоактивных и термических вод;
- растворение торфяников.

В нижнем бьефе гидроузлов подтопление территорий и берегообрушение могут происходить вследствие прохождения волн попусков при осуществлении регулирования мощности ГЭС, а также вследствие зажорно-заторных подъёмов и уровней воды [17].

1.3. Влияние гидротехнических сооружений на биотические факторы природной среды: гидробиологический режим, животный мир, растительность

Гидробиологический режим водохранилищ, нижних бьефов и связанных с ними водоёмов формируется, следуя изменениям качественного состава водной среды, обусловленным зарегулированием стока.

Под влиянием загрязняющих веществ, происходят изменения в качественном и количественном составе биоценозов: одни виды исчезают, другие развиваются с высокой степенью их продуцирования. Изменения видового состава происходят уже при столь слабом загрязнении воды, которое может быть не обнаружено с помощью химических методов.

Биоту зарегулированных рек рассматривают в трёх основных аспектах: как непосредственно эксплуатируемый природный ресурс, как индикатор экологического состояния и как фактор формирования качества воды [39].

Водотоки являются сложной самовоспроизводящейся экосистемой, обладающей гомеостазом, т.е. способностью сопротивляться возмущающему воздействию внешних абиотических факторов. Это свойство водных экосистем обеспечивается прямыми и обратными связями (энергетическими и информационными) неорганических и биотических компонентов. Сохранение гомеостаза возможно лишь в определённых пределах изменения внешних абиотических факторов – пределах сопротивляемости системы (резистальности). Выход фактора за эти пределы приводит к гибели экосистемы. Длительное существование экосистемы возле верхней или нижней границы сопротивляемости ведёт к постепенной её деградации и, в конечном итоге, к гибели [22, 30].

Сооружение гидроузлов приводит к нарушению гомеостаза экосистемы. В верхнем бьефе река, как экосистема, уничтожается полностью, а на её месте образуется водохранилище – новая природно-техническая система, ещё не ставшая экосистемой и, соответственно, не имеющая свойств самовоспроизводства и гомеостаза. В нижнем бьефе номинально

сохранившаяся речная экосистема претерпевает изменения, вызванные зарегулированием стока, в результате чего нарушается гомеостаз системы, что может привести к её деградации.

Основой речной экосистемы является собственно река с придаточными водоёмами (заливы, ерики и т.п.), пойма, включающая пойменные озёра, луга с древесно-кустарниковой растительностью, прилегающая к пойме склоновая терраса с её флорой и фауной.

Биологическая продуктивность русла реки зависит от скорости потока. В реках со значительными скоростями течения (более 1 м/с) преобладают прикрепленные формы водной растительности, а толщу потока населяют хорошие «пловцы», способные противостоять течению (рыбы, крупные беспозвоночные). Наличие растительного и животного планктона характерно для рек со скоростями течения менее 1 м/с [39].

Зарегулирование стока оказывает наиболее ощутимое воздействие на гидробиологический режим руслового и пойменных потоков. Русло реки в зарегулированных условиях остаётся местом сохранения речной биоты во время неблагоприятного зимнего периода, а также местом нереста и инкубации икры наиболее ценных в промысловом отношении рыб (сиговые, лососевые, осетровые, налим).

Наиболее продуктивной частью речной экосистемы является пойма, как с точки зрения образования «первопищи» для водных, околоводных и наземных сообществ, так и с позиций получения хозяйственно-ценной продукции (рыб, пушной и пернатой дичи, сена). Пойма имеет важное значение, особенно возле крупных городов, при рекреационном использовании экосистемы реки в целом. Затопление поймы во время весеннее-летне-осенних половодий и паводков является основой биотического круговорота экосистемы реки в естественных условиях. При этом происходит удобрение поймы – обогащение её основными биогенными элементами (P, Na, K), микроэлементами, взвешенным органическим веществом. Малая толщина водного слоя обеспечивает быструю

прогреваемость воды и способствует интенсификации процесса обмена веществ всех организмов, поскольку интенсивность этого процесса связана с температурой. Пойменные озёра и временные водоёмы являются местом нереста и под наращивания личинок весенненерестующих рыб. В заливаемой пойме урожай трав на порядок выше, чем в соседних зонах. То же самое относится к образованию кормов для животных разных биологических видов от простейших до млекопитающих, в том числе и промысловых.

При зарегулировании рек на пойму нижнего бьефа поступает осветлённая вода, обедненная илстыми частицами и микроорганизмами, которые частично задерживаются в водохранилище. Результатом этого является снижение биологической продуктивности поймы [39].

Придаточные водоёмы реки (заливы, затоны и т.п.) испытывают меньшее влияние зарегулирования стока и сохраняют в основном благоприятные условия образования «первопищи» для всей трофической сети экосистемы: первичной продукции фитопланктона некоторых прикреплённых форм растений, приносимых извне готовых органических веществ.

Влияют на экосистему нижнего бьефа следующие факторы:

1. Изменение количества поступающего с водой тепла. Последствия этого фактора наиболее заметны в зимний период, когда происходит изменение длины полыньи в зависимости от температуры, поступающей в нижний бьеф воды (глубинный, поверхностный, водозабор), её расхода и температуры воздуха.
2. Поступление дополнительного количества биогенных элементов в минеральной форме. Это явление имеет место при глубинных водозаборах, когда вода забирается из гипolimниона стратифицированного водохранилища, где концентрация биогенов на порядок выше, чем у поверхности (в эпилимнионе). При наличии в русле твёрдых грунтов (скала, камень, крупная галька) ниже водопропускных сооружений образуются водорослевые маты из

нитчатых водорослей, которые отрастая, обрываются, загрязняя нижележащие участки реки.

3. Снижение годового стока и его перераспределение. Снижение стока происходит на любом гидроузле, главным образом, за счёт испарения и фильтрации. Межсезонное перераспределение стока приводит к противоречию требований максимальной выработки энергии и сезонной ритмики биотических процессов в экосистеме [30].

В результате речные экосистемы нижних бьефов гидроузлов номинально продолжают существовать, но во многих случаях может происходить их деградация вследствие функционирования у нижних пределов сопротивляемости системы.

Особенностью влияния гидростроительства на природные комплексы и их компоненты является создание в пределах территории влияния новых экосистем, которые имеют иной качественный и количественный уровни круговорота веществ в природе.

Создание водохранилищ, каналов и т.п. коренным образом изменяет местный ландшафт. Это может отрицательно повлиять на привычный образ жизни и рефлексы животных: сезонные пути их миграции, изменение мест водопоя, условия их зимования, поисков пищи. В совокупности с изменениями климата изменения ландшафта могут привести к ухудшению условий гнездования птиц, повлиять на пути перелётных птиц. Зимние затопления пониженных территорий (обычно в дельтах зарегулированных рек) неблагоприятно сказываются на местах обитания мелких животных.

Интенсивность влияния факторов гидростроительства на природные комплексы и их компоненты на разных этапах строительства и эксплуатации неодинакова. Выделяется четыре основных периода (или стадии) влияния гидроузлов на окружающую среду:

- период строительства – от начала стройки до заполнения водохранилища до НПУ;

- заселение природных комплексов в первые десять лет существования водохранилища;
- созревание фаунистических и флористических компонентов природных комплексов во второе десятилетие существования водохранилища;
- стабилизация природных комплексов на территории влияния, наступающая обычно спустя 20 лет после наполнения водохранилища [19].

Учитывают также зонирование всей территории (три основных участка), на которую распространяется влияние гидроузла, имеющих свою специфику:

- район расположения основных сооружений и окружающей хозяйственной инфраструктуры;
- водохранилище;
- нижний бьеф.

Многообразие видов животных определяет разную их реакцию на те или иные проявления влияния гидросооружений на окружающую среду.

Основные тенденции воздействия гидротехнического строительства на животный мир:

1. Снижение биологического разнообразия. Речные долины (пойма) являются зоной повышенного биотопического и видового разнообразия. Создание водохранилища может вызвать исчезновение уникальных экосистем и отдельных видов в зоне влияния водохранилища.

Высока вероятность деградации и потери целого ряда популяций животных, находящихся на пределе распространения. Снижение биоразнообразия может происходить не только за счёт исчезновения редких видов, но и за счёт исчезновения некоторых фоновых видов.

2. Снижение биологической продуктивности на склонах побережий водохранилища. Появление водохранилища во многих случаях приводит к разобщению кормовых и защитных станций. Этот фактор, наряду с затоплением долинных мест обитаний, усилением браконьерства и охоты на хищников, а также увеличением частоты гибели животных от травм, может

явиться одной из основных причин снижения численности животных на склонах побережий водохранилища.

3. Вынужденные концентрации млекопитающих в районах выклинивания подпора водохранилища на реке и её притоках. Потребность в восполнении утраченных и нарушенных природных комплексов, имевших в своём составе долину относительно крупной реки, животные будут пытаться восполнить за счёт сохранившихся долин и каньонов. На притоках будет отмечаться тенденция к формированию зон повышенной численности и миграционной активности большинства видов млекопитающих [19].

Выявление разницы в биомассе животных в условиях изменившейся экосистемы в сравнении с предшествующими первичными экосистемами до создания гидроузла является основным принципом расчёта ущербов.

Различают качественный и количественный ущерб животному миру в пределах территории влияния гидроузла.

Количественный ущерб – влияние гидростроительства на круговорот вещества в экосистемах за счёт изъятия определённой биомассы животных как компонента природных комплексов.

Показателями ущерба являются:

- полное изъятие части популяции видов, населявших зоны затопления, переработки берегов и сильного подтопления водохранилища;
- недополучение вторичной продукции в виде молодых особей.

Количественная сторона ущерба представлена в стоимостном выражении. В основном, расчёт ущерба, наносимого в результате гидростроительства, относится к наземным позвоночным животным. Стоимостная оценка биомассы даётся для различных групп животных и отражает их потребительскую стоимость в зависимости от хозяйственного использования и значения для экономики. Выделяют три основных группы видов:

- охотничье – промысловые;
- редкие и исчезающие виды, занесённые в Красную Книгу;
- хозяйственно неиспользуемые.

Качественная сторона ущерба животному миру при гидростроительстве заключается в нарушении биоразнообразия сообществ:

- в снижении видового разнообразия;
- в изменении структуры сообществ;
- в переходе массовых и обычных видов в категорию редких и исчезающих.

Эколого-экономический ущерб животному миру на территории влияния гидроузла обусловлен деятельностью, изменяющей среду обитания животных и приводящей к нарушению воспроизводства популяции [19].

Использование земли для строительства гидротехнических сооружений и создания водохранилищ приводит к отчуждению и сокращению площадей, занятых растительностью (луговой, кустарниковой, лесной и т.д.), а также к изменению условий произрастания растительности на территории, подверженной влиянию гидроузла. Изменение влажности и гидрохимического состава почв, изменение климатических условий вблизи водохранилищ и их нижних бьефов оказывают заметное влияние на интенсивность развития растений, создают благоприятные условия для одних видов и неблагоприятные для других.

Процессы, происходящие на прибрежной зоне водохранилища (подтопление, переработка берегов, изменение микроклимата), их масштабность и разнонаправленность влияют на изменение характеристики биологического разнообразия – численность и качество экологически консервативных представителей биоты, особенно на популяции редких и исчезающих видов растений, которые острее других компонентов биоты реагируют на природные и антропогенные воздействия. Так в результате подтопления и изменения микроклимата растительный покров меняется в сторону мезофитизации и гигрофитизации. В целом создание водохранилищ оказывает впоследствии негативное влияние на генофонд, особенно редких видов растений, которые окажутся в зоне его воздействия. Однако имеются примеры и положительного влияния изменения климата на прирост лесов в различных природных зонах.

В нижнем бьефе в результате зарегулирования стока изменяются условия, формирующие почвенный покров и пойменную растительность. Формирование естественных лугов и их качество (краткопоемные, среднепоемные, долгопоемные) обусловлено частотой и продолжительностью затопления весной, степенью выраженности аллювиального процесса, что тесно связано с рельефом местности, высотным расположением лугов в долине реки, климатическими условиями района [22].

Вследствие снижения паводковых расходов происходит осуходоливание (обезвоживание) пойменных земель. Одновременно с этим за счёт снижения продолжительности затопления улучшается режим увлажнения земель, расположенных ниже зоны осуходоливания, происходит снижение частоты и продолжительности затопления поймы, что приводит к трансформации поемности лугов (в сторону увеличения суходольных и краткопоемных) более низкого кормового качества.

Обезвоживание отрицательно влияет на пойменные заливные луга (сенокосы и пастбища), расположенные в пределах горизонта паводка 25% обеспеченности.

Изменение водного режима реки в результате зарегулирования стока приводит к сокращению площади её поймы.

Изменения первичных экологических режимов пойменного комплекса затрагивают все его составляющие: луга, болота, древесно-кустарниковые сообщества, прибрежно-водные сообщества.

Зимние затопления поймы и образование на ней наледей с вероятностью повторения более 25% ведут к деградации растительного покрова в болотный (гигрофиты) тип с низкой хозяйственной и биологической ценностью.

Образование в нижнем бьефе в зимний период полыньи и изменение микроклимата в прибрежной полосе (повышение влажности и температуры, появление туманов) также оказывают угнетающее влияние на растительный покров прибрежных территорий [22].

При гидротехническом строительстве возможны изменения растительности, которые касаются:

- флористического разнообразия растительности;
- количества основных (преобладающих), а также редких и исчезающих видов растительности;
- ареалов распространения различных видов растительности;
- структуры растительного и почвенного покрова на различных участках местности в зоне воздействия объекта;
- соотношения площадей, занятых различными видами растительности;
- границ растительных сообществ и размеров участков, подвергающихся подтоплению, заболачиванию, иссушению [26].

2. Физико-географическая характеристика территории Богучанской ГЭС

2.1. Рельеф и геологическое строение

Рельеф приангарской провинции Сибирской платформы характеризуется широким распространением трапповых гор и поднятий с ровными вершинами и пологими склонами. Водохранилище занимает долину реки Ангары на протяжении 373 км от створа «Кодинская заимка» до Усть-Илимской ГЭС. Объём заключённых в чаше водных масс составил 58,2 км³, средняя глубина водоёма – 25 м, а максимальная – 75 м. Водохранилище имеет максимальную ширину 14-15 км, минимальную до 1,2 км. Подпор распространится по притокам Ангары: рр. Кова и Парта – на 50 км, Едарма, Верхняя и Нижняя Кежма – на 25 км. Протяжённость периметра водохранилища 2500 км, площадь водосборного бассейна – 831000 км².

Зона водохранилища располагается в пределах Средне-Сибирского плоскогорья. В пределах зоны водохранилища плоскогорье приподнято на 500 – 600 м над уровнем моря, повышаясь к западу (Енисейский кряж) и к востоку (Приленская возвышенность).

Общий фон строения поверхности – это плоские водоразделы, расчленённые долинами рек с пологими короткими склонами.

В Кежемском и Усть – Илимском районах в левобережье особенно выделяются заболоченные притерассные понижения. Крупные притоки Ангары: Мура, Чадобец имеют извилистое русло и хорошо выработанные долины. В средних течениях имеются широкие поймы и надпойменные террасы с различной степенью заболоченности [26].

Бассейн водохранилища сложен разнообразными по составу коренными породами палеозоя, мезозоя и кайнозоя с маломощным чехлом рыхлых четвертичных отложений различного происхождения. Осадочные породы представлены песчаниками, аргиллитами, алевролитами, мергелями и др.

Чаша водохранилища расположена в области островного распространения многолетнемёрзлых пород и их глубокого промерзания. Многочисленные болота, сложенные иногда мёрзлыми торфяниками, распространены по

бассейнам большинства притоков. Общая площадь затопленных болот составляет примерно 96 км².

Сейсмическая обстановка на территории Красноярского края с начала 2001 года характеризуется как весьма активная. Обусловлено это тем, что регион находится в обрамлении тектонически активных областей – южная часть Енисейского кряжа, Байкальская рифтовая зона и геотектонические структуры Восточного Саяна. Район строительства Богучанской ГЭС расположен в пределах достаточно стабильной области (юго-западная окраина Сибирской платформы). Однако повышение сейсмической активности в пределах действующих гидроузлов является установленным фактом [38].

2.2. Климат, почвы и гидрология

Климат территории резко континентальный. Средняя годовая температура воздуха изменяется от $-1,2^{\circ}$ на западе территории до $-4,0^{\circ}$ в северо-восточных районах (таблица 1.1). Амплитуда годового хода среднемесячной температуры воздуха в среднем $40 - 45^{\circ}$. Континентальность климатических условий проявляется в хорошо выраженных отклонениях средних месячных температур от средних широтных значений. Если средняя температура января на 60-й широте равна $-15,6^{\circ}$, то здесь наблюдаются температуры на $7-12^{\circ}$ ниже. В летний сезон картина иная. Так, если среднеширотная температура воздуха в июле $+13,4^{\circ}$, то в Нижнем Приангарье она на $4-6^{\circ}$ выше.

Осень начинается в первой декаде сентября, длится чуть больше месяца и сменяется продолжительной холодной малоснежной зимой. На характер зимней погоды большое влияние оказывает Сибирский антициклон, в наибольшей зависимости от него находится северо-восток территории. Зима длится с конца октября до второй половины апреля. В переходные периоды рост и падение среднесуточных температур происходит очень быстро. Весенний период, также как и осенний – чуть больше месяца. В это время, при довольно высоких среднесуточных температурах, ночи могут быть морозными. Количество дней с морозами для этой территории – 215-217. Лето, которое продолжается здесь в среднем около трёх месяцев, может быть очень жарким. Продолжительность безморозного периода около 90 дней, в юго-западной части территории – около 109 дней.

Данные представленные в таблицах 1-5 взяты из отчёта [26].

Таблица 1. Средне месячная и годовая температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кежма	-27,2	-24,3	-13,6	-2,2	6,5	14,9	18,1	14,3	7,1	-1,9	-15,4	-24,8	-4,0
Богучаны	-24,0	-21,3	-11,2	-0,4	7,6	15,7	18,9	15,2	8,0	-0,4	-12,8	-22,0	-2,2
Невон	-25,6	-22,8	-13,5	-2,4	5,9	14,2	17,6	14,3	6,7	-1,9	-15,0	-24,4	-3,9

Самый холодный месяц года – январь, средние температуры января от $-21,0^{\circ}$ в районах, примыкающих к долине Енисея, до $-27,2^{\circ}$ на востоке территории (таблица 1). Заметные, а иногда и довольно резкие изменения погоды в зимний период вносят циклоны, движущиеся из Средней Азии. В периоды наибольших холодов температура опускается до минус 50° (таблица 2).

Таблица 2. Абсолютный минимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кежма	-56,7	-53,8	-46,5	-34,1	-18,5	-7,1	-0,3	-3,8	-12,8	-35,4	-50,0	-59,5	-59,5
Богучаны	-53,5	-51,7	-43,9	-32,8	-14,7	-5,3	1,8	-1,9	-9,4	-28,3	-48,7	-51,4	-53,5
Невон	-56,0	-50,0	-46,0	-32,0	-19,0	-5,0	-1,0	-3,0	-11,0	-32,0	-48,0	-54,0	-56,0

Самый тёплый месяц - июль, его средняя температура больше $+18^{\circ}\text{C}$ (таблица 1). Абсолютные максимумы температуры, зарегистрированные здесь, изменяются от $+36,2^{\circ}$ до $+37,7^{\circ}$ (таблица 3). Периоды жаркой погоды (максимум температуры воздуха не менее $+30^{\circ}$) продолжительностью 7 – 10 дней наблюдается практически ежегодно.

Таблица 3. Абсолютный максимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кежма	4,1	4,9	10,7	20,9	33,5	35,8	36,2	33,0	31,1	22,8	7,5	3,3	36,2
Богучаны	4,3	7,6	14,1	24,9	34,6	37,7	37,1	35,1	30,6	23,9	9,3	5,1	37,7
Невон	4,0	7,0	13,0	23,0	34,0	35,0	37,0	36,0	28,0	24,0	9,0	5,0	37,0

В среднем по территории выпадает от 312 до 355 мм осадков в год (таблица 4). Наименьшее количество осадков выпадает в феврале – марте (15-23 мм). Наибольшее в годовом ходе количество осадков выпадает в августе (около 50-70 мм). Большое количество летних осадков обеспечивается не их продолжительностью, а их интенсивностью. За сутки

может выпасть месячная норма осадков. Максимальное суточное количество осадков, отмеченное на этой территории, также приходится на август (ст. Богучаны, 63 мм, август 1964 г.). При этом ежегодно в Приангарье возможен период с отсутствием осадков продолжительностью около 20 дней. Средняя месячная скорость ветра в течение года изменяется незначительно.

Таблица 4. Среднее месячное и годовое количество осадков, мм

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кежма	15	10	9	14	32	38	47	49	32	22	24	19	312
Богучаны	16	12	10	19	32	44	52	52	45	27	25	20	355
Невон	12	7	7	12	27	47	56	61	33	24	20	14	320

В годовом ходе скорости ветра наблюдается два максимума – весной (апрель - май) и осенью (ноябрь). Наименьшие средние скорости ветра характерны для зимних (январь - февраль) и летних (июль - август) месяцев. Повторяемость скоростей ветра более 10 м/с не превышает 1% случаев в году.

Преобладающее направление ветра – западное, совпадающее с ориентацией долины Ангары, и юго-западное. С антициклональным типом погоды связано безветрие, и для этой территории характерна относительно большая повторяемость штилей. Особенно отчетливо это проявляется при рассмотрении годового хода повторяемости штилей. Повторяемость штилей зимой (декабрь - февраль) превышает в Богучанах 50%, а минимальных значений этот показатель достигает в конце весны – начале лета.

Снежный покров на территории Нижнего Приангарья устанавливается обычно в последней декаде октября. Самое раннее залегание снега – начало октября, самое позднее – конец первой декады ноября. Высота снежного покрова в юго-восточной части территории, по левому берегу Ангары, меньше (45-46 см), т.к. в этом районе меньше выпадает снега. На правобережье высота снега достигает в среднем 75-76 см (таблица 5).

Таблица 5. Высота снежного покрова по результатам снегосъёмов, см

Метеостанция (характер участка)	Месяцы																										
	IX			X			XI			XII			I			II			III			IV			V		
	Декады																										
	2	2	2	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3								
Богучаны (лес)		•	18	29		38	40	43	45	45	46	45	43	3	2	•	•										
Мотыгино (лес)		•	31	49		64	69	71	73	74	75	76	73	6	4	23	•	•									
														4	6												

Примечание : (•) означает, что снежный покров в данной декаде наблюдается менее чем в 50% зим [26].

Характерной особенностью климата Приангарья являются часто наблюдающиеся температурные инверсии воздуха, особенно в холодное время года, играющие важную роль в формировании застойных атмосферных явлений. Максимальная мощность инверсий в летний период достигает 2 км, а в зимний – 3 км и более. Важным обстоятельством, формирующим климатический портрет территории, является влияние вышерасположенного Усть-Илимского водохранилища на процесс образования устойчивых морозных туманов в его нижнем бьефе (при отм. 208 – это верховья Богучанского водохранилища) [38].

Основными почвообразующими породами этой территории являются глины богатые кальцием, элювий траппов и аллювиальные пески речных террас и долин.

Почвообразование происходит в условиях частого дефицита атмосферных осадков, низкой температуры почв и многолетней мерзлоты, что приводит к замедлению обменных процессов и слабой дифференциации почвенного профиля.

Мощность почв колеблется в широких пределах и зависит от рельефа.

В соответствии с размещением материнских почвообразующих пород, климатических условий и рельефа местности образовались следующие типы почв:

- песчаные слабо и скрыто-подзолистые;

- суглинистые неоподзоленные или скрыто-подзолистые, дерново-карбонатные;
- суглинистые неоподзоленные кислые мерзлотно-таёжные влажные;
- суглинистые перегнойно-оподзоленные влажные;
- болотно-торфяно-глеевые, мерзлотно-таёжные на слоистых песчано-глинистых отложениях [26].

Песчаные слабо или скрыто-подзолистые почвы приурочены к террасам Правобережья реки Ангары. Характерной особенностью песчаных почв является чёткая выраженность генетических горизонтов и небольшая, от 5 до 20 см, мощность подзола.

Суглинистые неоподзоленные почвы образовались на плоских или слабовыпуклых трапповых плато и их склонах разной крутизны. Дерново-карбонатные почвы наиболее распространены в южной части территории, а мерзлотно-таёжные – в северной. Характерной чертой этих почв являются слабая дифференциация профиля и отсутствие выраженного подзолистого горизонта. Почвенный профиль однороден по цвету и влажности, с тонким (до 5 см) гумусированным слоем.

Богатый минералогический состав способствует развитию таёжного разнотравья, но дерновый процесс заканчивается на образовании рыхлой, фрагментарной дернины, чередующейся с участками покрытыми зелёными мхами.

Суглинистые, перегнойно-оподзоленные почвы образовались по лощинам с проточным увлажнением или временно проточным увлажнением, вдоль небольших ручьёв и в пониженных плато [26].

Болотные торфяно-глеевые почвы формируются по широким долинам небольших речек, между подошвой склона и береговым валом. Мощность торфяного слоя невелика, до 1 м.

Избыточный поперечный сток грунтовых и поверхностных вод с соседних склонов способствует образованию многолетней мерзлоты и поверхностному заболачиванию.

Эрозионные процессы практически отсутствуют. Этому способствует несколько факторов:

- высокая степень облесенности;
- все крутые склоны сложены из плохо размываемых плотных горных пород или покрыты фрагментарными хрящеватыми почвами, которые легко пропускают воду и плохо размываются;
- большая часть ливней случается в августе, в пору наибольшего развития травяного покрова [26].

Наблюдения за гидрологическими характеристиками р. Ангара и некоторых её притоков осуществляются на сети гидропостов, сведения приведены в таблице 6.

Таблица 6. Гидрологическая изученность

Название поста	Период наблюдений	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста		Период, за который имеются данные наблюдений за:			
				высота, м	система высот	уровнем воды	расходом воды	толщиной льда	стоков наносов
р. Ангара – с. Богучаны	1929-2006	316	866000	121,15	БС	1930-2006	1931-2006	1945-2006	1954-2006
р. Ангара – д. Каменка	1947-2006	207	900000	108,36	БС	1975-2006	–	–	
р. Ангара – с. Тагарка	1953-2006	30	1037000	82,32	БС	1954-2006	1954-2006		
р. Карабула – с. Карабула	1932-2006	73	4190	181,46	БС	1932-2006	1951-2006	–	1962-2006
р. Каменка – д. Каменка	1976-2006	3,0	11400	109,47	БС	1976-2006	1977-2006	–	1963-2006
р. Иркинеева – с. Бедоба	1948-2006	82	8950	151,12	БС	1949-2006	1951-2006	–	
р. Манзя – с. Манзя	1963-1988 1992-1994	1,2	1510	43,00	усл.	1963-1988 1992-1994	1969-1994	–	–
р. Рыбная – с. Раздолинск	1951-1964	39	293	188,27	усл.	1951-1964	1951-1964	–	–
р. Тушама – д. Тушама	1957-1965	3	1930	45	усл.	1957-1965	1957-1965	1957-1965	–

Сток р. Ангара зарегулирован водохранилищами Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС, водосборная площадь которых составляет соответственно: 573000, 736000 и 785000 км². Водосборная площадь Богучанской ГЭС составляет 831000 км². На участке Ангары между Усть-Илимской и Богучанской ГЭС наиболее крупным притоком является р. Кова, площадь водосбора которой равна 10700 км² (рисунок 1).

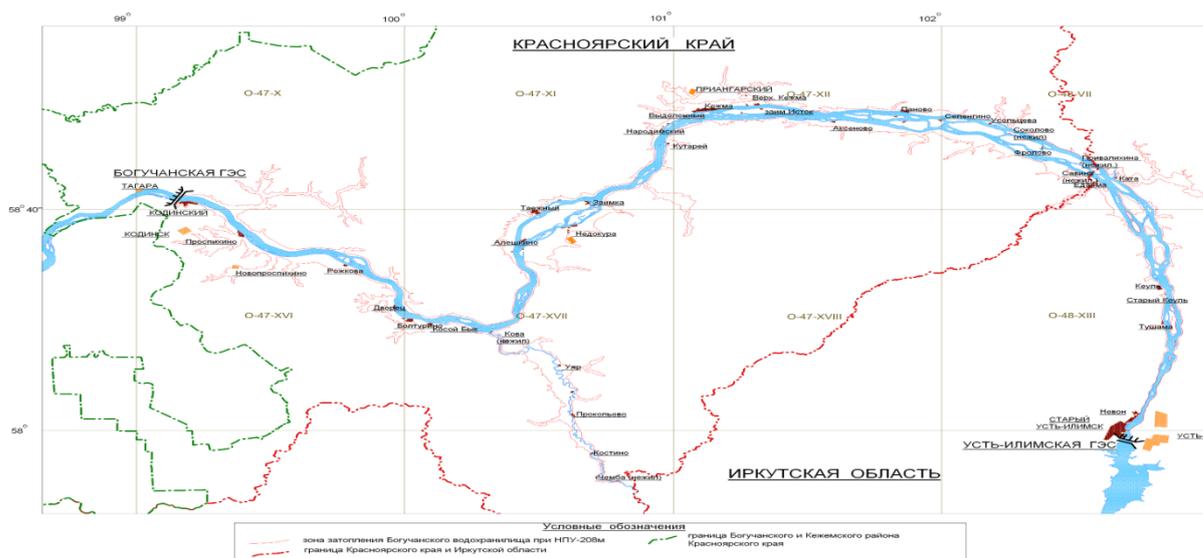


Рисунок 1. Схема водохранилища Богучанской ГЭС с НПУ – 208 м

Водное питание всех притоков Ангары, впадающих ниже Усть-Илимской ГЭС, преимущественно снеговое. В распределении типов питания наибольшая доля приходится на снеговой сток, равный 62-72%, дождевой составляет 3-10%, грунтовый 25-28%. Распределение стока по месяцам и сезонам представлено в таблице 7 и 8.

Таблица 7. Распределение стока по месяцам

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
р. Ангара – Богучаны 1975-2006 (зарегулированный)												
Q, м ³ /с	3383	3461	3352	3450	5357	3651	3443	3573	3630	3411	2635	2974
в % от годового	8	8	8	8	13	9	8	8	9	8	6	7
р. Ангара – д. Тагарка 1975-2006 (зарегулированный)												
Q, м ³ /с	3625	3802	3743	4123	9127	5736	4810	4843	4738	4272	3226	3398
в % от годового	6,54	6,86	6,75	7,44	16,46	10,35	8,67	8,74	8,55	7,71	5,82	6,13
Сбросы Усть-Илимской ГЭС 1975-2006												
Q, м ³ /с	3151	3217	3111	2977	2627	2866	2962	3139	3188	2914	2815	3017,7
в % от годового	8,8	8,9	8,6	8,3	7,3	8,0	8,2	8,7	8,9	8,1	7,8	8,4
р.Карабула – с. Карабула 1951-2006												

Q, м ³ /с	1,29	1,03	0,97	7,34	73,59	19,78	9,16	6,53	6,77	5,93	2,97	1,70
в % от годового	0,94	0,75	0,71	5,35	53,68	14,43	6,69	4,76	4,94	4,33	2,17	1,24
р. Иркинеева – с. Бедоба 1951-2006												
Q, м ³ /с	9,25	8,96	8,99	20,75	297,85	78,98	22,49	17,26	18,43	15,16	11,14	11,41
в % от годового	1,78	1,72	1,73	3,99	57,21	15,17	4,32	3,32	3,54	2,91	2,14	2,19

Таблица 8. Среднее распределение стока по сезонам года (1975-2006)

Сезон, месяцы	Сбросы Усть-Илимской ГЭС	р. Ангара – Богучаны	р. Ангара – Тагарка	р. Карабула – с. Карабула	р. Иркинеева-с. Бедоба
Зима (ноябрь-март)	42,5	37,2	32,1	5,8	9,9
Весна (апрель-май)	15,6	20,8	23,5	59,2	62,0
Лето (июнь-август)	24,9	25,3	27,8	25,8	19,7
Осень (сентябрь-октябрь)	17,0	16,7	16,4	9,2	8,4

На притоках Ангары сток в весенний сезон (апрель-май) составляет около 60% годового. Пик половодья наступает во второй половине мая – начале июня. Общая продолжительность половодья изменяется от 40 до 60 дней. Половодье заканчивается в конце июня – середине июля [26].

На Ангаре, вследствие регулирующего влияния оз. Байкал и ангарских водохранилищ, доля стока за весенний сезон (15,6-23,5%, апрель-май) почти в три раза меньше, чем на незарегулированных.

Речной сток за 2-3 квартал формируется за счёт запасов снега и осадков. С увеличением высоты местности увеличивается и сток. Наименьшие модули стока характерны для степных и лесостепных ландшафтов в южной равнинной и предгорной части территории, наибольшие – приурочены к северо-западным районам бассейна (на юго-западных, западных и северо-западных склонах гор, доступных влагоносным ветрам).

Летом и осенью на притоках Ангары наблюдаются дождевые паводки, однако по максимальному расходу воды они уступают максимуму половодья. Летне-осенняя и зимняя межень на притоках Ангары наиболее устойчивая и продолжительная. Средняя продолжительность летне-осенней межени 80-100 дней, зимней 180-200 дней.

Максимальные модули стока весеннего половодья на реках бассейна Нижней Ангары изменяются от нескольких десятков на крупных реках до 100 л/с км² и более – на малых. На средних и крупных реках они ежегодно превышают максимальный сток дождевых паводков. Наивысшие модули стока половодья (до 200 л/с км² и больше) наблюдаются только на реках, протекающих в пределах Енисейского кряжа, а на остальной территории модуль стока не превышает 120 л/с км² [26].

На р. Ангаре у с. Богучаны до зарегулирования стока водохранилищами зафиксированные модули максимального стока составляли 18 л/с км², а после создания водохранилищ они снизились до 11,8 л/с км², примерно в 1,5 раза.

Дождевые паводки на средних реках нижней части бассейна Ангары невысокие. В отдельные годы они совсем отсутствуют, а выпадающие в летний период жидкие осадки расходуются на испарение и пополнение запасов грунтовых вод. Наивысшие модули дождевых паводков изменяются от 10-20 л/с км² на большей части территории до 40-80 л/с км² на северо-западе района.

На левых притоках Ангары р. Манзя – с. Манзя и р. Карабула – с. Карабула наибольшие дождевые паводки (больше 30 м³/с) наблюдались: три раза на р. Манзя за период 1964-2005 гг.; наибольший паводочный расход 35,3 м³/с в 1987 г; на реке Карабула – п. Карабула пять дождевых паводков за период 1951-2005 гг., наибольший в 1987 году с максимальным расходом 42,9 м³/с.

До зарегулирования стока на реке Ангара – с. Богучаны за период с 1931 по 1970 гг. наблюдались 5 выдающихся паводков (с максимальным расходом воды более 10000 м³/с). Наибольший паводочный расход воды (до 13000 м³/с) был в 1952 году. После зарегулирования стока р. Ангары водохранилищами значительных дождевых наводнений не отмечалось [26].

Наиболее низкий сток притоков Ангары наблюдается в зимний период, когда реки полностью переходят на подземное питание. Модули стока в этот период падают до 0,5-0,005 л/с км². Средний за период наблюдений

минимальный 30-дневный сток малых и средних рек составляет 0,9-0,2 л/с км².

На самой Ангаре после зарегулирования стока Братской и Усть-Илимской ГЭС зимние расходы воды увеличились примерно в два раза. В нижнем течении средний зимний расход воды до зарегулирования составлял примерно 1500 м³/с, после зарегулирования – свыше 3000 м³/с.

Колебания уровней воды нижней Ангары невелики, зависят в основном от попусков Усть-Илимской ГЭС при свободном русле и ледового режима в сочетании с попусками – в холодную часть года.

При совпадении повышенных сбросов с периодом интенсивного притока талых вод уровни на короткое время повышаются на 3-4 м над меженью и держатся в течение нескольких суток. В период ледостава (ноябрь – середина апреля) уровни воды превышают уровни открытого русла в среднем на 2-3 м, а при заторах и зажорах на 3-6 м [26].

В период открытого русла (со второй половины мая и до первой половины ноября) уровни в среднем на 1,5-2,5 метра ниже зимних уровней. На притоках Ангары ход уровней типичен для рек с ярко выраженным весенним половодьем, которое наблюдается в конце апреля – середине июня, когда подъем уровней составляет 4-6 метров. Летом и осенью преобладают низкие уровни, иногда нарушаемые дождевыми паводками. Максимальная годовая амплитуда колебаний уровня воды на р. Ангаре достигает 8,3 м у Богучан и 10 м у Каменки. Максимальные подъемы уровня воды вызваны здесь весенними заторами льда. На средних реках амплитуда уровней воды изменяется от 4 до 6 метров, а на затороопасных участках она достигает 11 метров.

Режим р. Ангары после ввода Богучанского гидроузла также в основном определяется характером работы вышележащих гидроузлов – Иркутского, братского и Усть-Илимского, как и до его ввода.

Сток р. Ангара до созданного гидроузла отличался высокой естественной зарегулированностью, которая усиливается вследствие создания Братской и

Усть-Илимской ГЭС. Среднесуточные расходы воды Усть-Илимской ГЭС изменяются в основном от 2000 до 3500 м³/с, очень редко превышая 5000, и лишь в отдельных случаях понижаясь ниже 900-1000; средний расход воды составляет около 3000 м³/с [26].

Озёр на территории нет. Площадь болот составляет 2%. Их образованию и росту препятствует всхолмленный рельеф, густая гидрографическая сеть и небольшое количество осадков. Существующие болота различных типов образовались в результате мерзлотных процессов и поверхностного заболачивания на плоских понижениях. Основные площади болот расположены вдоль небольших речек. Эти болота выполняют важную гидрологическую роль. В условиях глубокого залегания грунтовых вод и дефицита летних осадков они являются важным источником питания рек [46].

2.3. Растительность и животный мир

Богучанская ГЭС находится в зоне средней и южной тайги. Таёжные леса образованы деревьями, относящимися к ограниченному числу родов, со своеобразной (игольчатой) формой хвои. Её наличие обеспечивает полное использование периода вегетации и предохраняет деревья от высыхания зимой. Хвойные деревья хорошо переносят сильные зимние холода и способны к ассимиляции даже в очень прохладный сезон. Для них характерны узкие кроны, что снижает возможность их обламывания под тяжестью снега и позволяет растениям лучше использовать свет при низком стоянии солнца.

Таежные леса моно- или олигодоминантные, обычно с простой и четко выраженной ярусной структурой. Выделяются древесный, кустарниковый, кустарничково-травянистый ярусы и напочвенный моховой или лишайниковый покров. Видовой состав довольно ограничен, по числу видов преобладают травянистые растения, мхи и лишайники.

Виды четырех родов хвойных — ель, пихта, сосна, лиственница — основные лесообразователи тайги. К ним изредка примешиваются берёза, ольха и осина.

Леса, состоящие из мелколиственных пород, растут в тайге, как правило, на месте вырубki или на месте выгоревших хвойных лесов.

Тайга в пределах района делится на следующие типы: светлохвойная тайга, темнохвойная тайга и сосновые боры. Наибольшую площадь занимает тайга темнохвойная [10].

В таком лесу царствует извечный полумрак, серый лишайник покрывает нижние ветки и стволы хвойных деревьев, кругом валежник. Полусгнившие и упавшие деревья создают непроходимые завалы, земля покрыта ковром из лишайника и мха. В лесу изредка можно встретить светлые поляны, поросшие высокими травами, кустарниками и ягодниками. В темнохвойной тайге растут: ель обыкновенная, кедр сибирский, пихта сибирская [34].

Все виды елей отличаются высокими, иногда достигающими 60 м, прямостоячими стволами. Ветки, покрытые густой хвоей, практически касаются земли, придавая деревьям конусообразную форму. Короткая, жёсткая, колючая хвоя держится на ветках иногда до 12 лет.

Осенью, после цветения, созревают шишки, длина которых 10 – 15 см, зимой семена из них осыпаются и шишки опадают. К 10 годам ель достигает в высоту всего 2 метра, но в последующие годы растёт гораздо быстрее и к 60 годам достигает 30 метров. Растёт на плодородных суглинистых и умеренно увлажнённых видах почв.

Пихта сибирская. Ствол дерева прямой, имеет узкую коническую форму, хвоя густая и тёмно-зелёная, живёт до 250 лет, растёт до 40 метров. Внешне пихта очень схожа с елью, но имеет несколько отличий: ствол покрыт гладкой и черновато-серого цвета корой; хвоя более длинная, плоская и мягкая. На ветках держится до 10 лет.

Кедр сибирский – представитель рода сосен. По размерам достигает ели и пихты сибирской. Хвоя кедровая длинная (до 13 см), трёхгранная, растёт пучками, держится на побегах до 6 лет. По количеству хвоинок в пучке деревья рода сосен бывают двух-, трёх- и пяти-хвойными. Кедр сибирский, кедровый стланик – это пяти - хвойные сосны, а сосна обыкновенная – двух - хвойная. Кедр сибирский растёт лучше на богатых суглинистых и умеренно влажных почвах. Известен своими семенами (кедровыми орешками). После цветения шишки кедровые созревают к концу осени второго года [10].

Ели, пихты и кедры относятся к теневыносливым деревьям. Кроны деревьев смыкаются и образуют густой полог, который задерживает ветер. Под покровом старых деревьев растут молодые.

В темнохвойной тайге кроме темнохвойных пород растут: сосна, лиственница, берёза. Из кустарников растут ива, можжевельник, смородина, рябина и лещина. В травяном покрове встречаются

папоротники, плауны, черника, брусника, некоторые виды злаков и осок. Корни растений оплетают гифы грибов.

Одна из неприхотливых пород деревьев – сосна обыкновенная. Растёт как на юге района, так и в суровых условиях севера. Произрастает на бедных подзолистых почвах, на торфяных болотах и сухих песках, лучше всего растёт на супесчаных почвах, где образует чистейшие сосновые боры. У этих сосен самая ценная древесина. К столетнему возрасту достигает в высоту 40 метров. Крона у сосны невысокая, имеет мутовчатый тип ветвления (сучья на стволе находятся в одной горизонтальной плоскости). Хвоя на ветвях держится от 2 до 7 лет. Шишки после цветения созревают месяцев через 18 и опадают через 2 года. Семена сосны, кедра, ели, пихты имеют крылатки, благодаря чему разносятся ветром на дальние расстояния. Ствол у сосны покрыт толстой корой тёмно-серого цвета, а выше к вершине кора имеет красно-жёлтый окрас. Сосна растение светолюбивое, не выносит тени. В травянистом покрове соснового бора встречаются толокнянка, черника, брусника.

Значительную территорию Восточной Сибири занимает светлохвойная тайга, которой характерен резко континентальный климат. Зима здесь очень суровая, а короткое и очень жаркое. Близко к поверхности земли подступает слой вечной мерзлоты [10].

Главное дерево светлохвойной тайги – лиственница (лиственница даурская, лиственница Сукачева, лиственница сибирская). Растёт быстро и к столетнему возрасту достигает 30 метров. От других хвойных пород деревьев отличается тем, что на зиму полностью сбрасывает хвою. Хвоя у лиственницы мягкая, имеет ярко-зелёный цвет с сизым налётом, растёт крупными пучками (до 60 хвоинок) на укороченных побегах, а на длинных побегах – одиночно. Осенью хвоя становится лимонно-жёлтого цвета. Шишки созревают за одно лето, а раскрываются лишь следующей весной. Опадают с деревьев через несколько лет. Древесина не поддаётся гниению, по весу очень тяжёлая. Корневая система лиственницы даурской

имеет хорошо развитые боковые корни и возможность питаться, невзирая на то, что всего в 10-15 см от поверхности земли находится слой вечной мерзлоты. Кроме лиственницы в светлохвойной тайге встречаются ель, сосна, кедр, пихта, берёза.

Таёжный лес круглый год обеспечивает животных разнообразными кормами: травами, кустарничками, листьями и ветвями деревьев, почками и семенами древесных пород, хвоей, ягодами, грибами. В лесу, обладающем своим особым микроклиматом, животные меньше страдают от резких смен погоды, в частности от сильного ветра. Лесная крона, дупла деревьев, мёртвый наземный покров служат хорошей защитой от хищников и удобны для устройства гнёзд.

Животные тайги или приспосабливаются к активной жизни в условиях снежной и морозной зимы, или впадают в состояние анабиоза (спячки или зимнего сна), или же откочёвывают на зимний период за пределы тайги.

Снежный покров для таежных животных, активных в зимнее время, играет во многом положительную роль. Температура в снегу на несколько градусов выше наружной, так как снег задерживает излучаемое животным тепло. В толще снега мелкие животные проделывают ходы, не утруждая себя рытьем промёрзшей почвы [10].

Вертикальная структура животного населения достаточно полная. Имеются четко выраженные почвенно-подстилочный, наземный, кустарниковый и древесный ярусы. Однако в связи с монодоминантностью древесного яруса и общей монотонностью растительного покрова разнообразие животных в каждом из ярусов невелико.

Типичные животные из млекопитающих – лось, бурый медведь, рысь, белка-летяга, соболь, бурундук, колонок, заяц-беляк, из мышевидных грызунов: красная и красно-серая полевки. По болотам и лишайниковым борам встречается северный олень.

Довольно разнообразно птичье население. Наиболее характерны глухарь, рябчик, желна (чёрный дятел), трёхпалый дятел, большой пёстрый дятел, малый пёстрый дятел, кукушка, кедровка (ореховка), клёст-еловик, буроголовая гаичка, мохноногий сыч, ястребиная сова.

Животные-сапрофаги сосредоточены преимущественно в подстилочном и в верхней части почвенного яруса. Ведущую роль среди них играют дождевые черви, а также личинки насекомых, панцирные клещи — орибатиды, первичнобескрылые насекомые — коллемболы, почвенные круглые черви — нематоды [34].

На лиственных породах в таежной зоне кормятся фитофаги: гусеницы различных бабочек, жуки-листоеды, похожие на гусениц личинки перепончатокрылых — пилильщиков. Хвою сосны поедают личинки соснового пилильщика, гусеницы сосновой пяденицы и сосновой совки. Сибирский коконопряд питается хвоей пихты, ели, лиственницы, кедровой сосны. Периодические массовые размножения этих гусениц вызывают порой полное оголение деревьев на больших пространствах тайги.

В наземном ярусе тайги многочисленны разнообразные грызуны, питающиеся семенами растений, а также зеленью. Смешанные растительные корма потребляют лесные полевки. Беличьи располагаются в как в древесном ярусе, так и в наземном. Основу питания беличьих составляют семена хвойных, а также ягоды, грибы, почки деревьев, изредка — насекомые. Преимущественно на земле проводят время бурундуки.

Мелкие позвоночные-зоофаги приурочены к наземному ярусу. Лягушки, тритоны и ящерицы питаются мелкими беспозвоночными, а гадюки охотятся на грызунов и лягушек.

Насекомоядные птицы очень разнообразны в летний период, когда прилетают на гнездование дрозды, горихвостки, славки, камышевки, сверчки. Однако и зимой в тайге остается группа насекомоядных птиц, способных добывать пищу из-под коры деревьев: синицы, корольки, пищухи, поползни, дятлы. Зимой они питаются стволовыми насекомыми, семенами и ягодами.

Хищные птицы-миофаги — это в основном совы: ястребиная сова, бородатая неясыть, длиннохвостая неясыть. На тетеревиных и других птиц охотится крупный ястреб-тетеревятник [34].

В наземном ярусе обычны мелкие хищники из семейства куньих — соболь и колонок. Самый крупный представитель семейства куньих — похожая на небольшого медведя всеядная россомаха. Крупные хищники (бурый медведь, волк) охотятся на лосей и оленей, средние (лисица) и мелкие довольствуются зайцами, мышевидными грызунами и землеройками. Характерный обитатель таежной зоны — рысь, питающаяся зайцами, мышевидными грызунами, птицами, нападающая иногда и на молодых лосей и оленей.

Многочисленные насекомые-кровососы — комары, мошки, мокрецы, иксодовые клещи питаются кровью наземных позвоночных.

Хвойный лес и населяющие его животные находятся в сложных взаимоотношениях. Вполне очевидна зависимость животного мира от леса. Вместе с этим и сам находится под очень мощным, разносторонним воздействием со стороны животных. Белка, чтобы прокормиться, за одни сутки разгрызает около 30 еловых шишек, или до 130 лиственничных, или до 200-300 сосновых, используя при этом все содержащиеся в них семена. Зимой глухарь ежемесячно съедает около 6 кг сухой хвои сосны или кедра, тем самым сильно угнетая многие деревья. Рябчик же в массовом количестве общипывает почки лиственных пород. Дятлы не только готовят дупла, но и «кольцуют» деревья, чтобы пить сок. В результате чего кора некоторых деревьев, особенно берёзы напоминает решето. Сосновый подрост, осина, рябина, ивы сильно страдают от лосей. Кора и побеги осины, ивы и многих других древесных пород к весне оказываются объеденными зайцами. Полёвки, ведущие зимой активный подснежный образ жизни, в местах своих ходов начисто выедают чернику, бруснику, мхи и лишайники. Такие места летом напоминают миниатюрные пожарища. В летнее время многие животные охотно поедают массу грибов.

Опасные вредители хвойных лесов – многие насекомые. Сибирский кедровый шелкопряд вызывает усыхание кедра на сотнях тысяч гектаров. Не меньшее повреждение лиственнице в Сибири наносит лиственничная листовёртка.

Животные влияют не на одну растительность. В ряде случаев под их воздействием формируются особые ландшафтные комплексы. Например, бобровые вырубki – участки сильно захламлѐнного пойменного леса с беспорядочно разбросанными и наваленными друг на друга стволами деревьев (предпочтительно осины, берѐзы), с массой веток и стружек [10].

3. Изучение экологических проблем, связанных со строительством и эксплуатацией Богучанской ГЭС

3.1. Влияние строительства Богучанской ГЭС на природные компоненты

Экспертиза хозяйственного освоения территории – одно из важнейших направлений конструктивной географии. В 1980-е – первой половине 1990-х годов отмечалось заметное усиление роли географической, в том числе экологической, экспертизы. Однако в последующем значимость экспертиз и оценок воздействия на окружающую среду постепенно снижается. Показательным примером является реализация такого крупного гидроэнергетического проекта, как проект Богучанской ГЭС на Ангаре, затрагивающий районы Красноярского края и Иркутской области.

Богучанская ГЭС – четвёртая ступень Ангарского каскада, возведённая вблизи г. Кодинска Кежемского района Красноярского края в 380 км ниже Усть-Илимской ГЭС. Подготовительные работы по строительству начались ещё в 1974 году. В 1987 году русло Ангары было перекрыто бетонной плотиной с временным шлюзом. Из-за сокращения финансирования в 1990-е годы строительство было фактически свёрнуто, возобновившись лишь после 2005 года. Завершение строительства велось на условиях частного – государственного партнерства. Основными инвесторами и владельцами Богучанской ГЭС стали частные компании ОАО «РусГидро» и ОАО «РУСАЛ».

В 2012 году началось заполнение Богучанского водохранилища, 15 октября запущены первые два агрегата. Выход станции на проектную мощность в 3000 МВт осуществлён в 2015 году с заполнением водохранилища до проектной отметки 208 метров.

Между тем завершение строительства гидростанции является, по существу, незаконным, поскольку проектные материалы Богучанской ГЭС не получили положительного заключения государственной экологической экспертизы. Однако воздействие Богучанского водохранилища с отметкой

нормального подпорного уровня (НПУ) 208 метров на окружающую среду ожидается масштабное [2].

Особенностью Богучанской ГЭС, наложившей отпечаток на все воздействия на окружающую среду, является беспрецедентно длительное её строительство. На месте участков ложа водохранилища, где была произведена лесочистка и лесосводка, ко времени его заполнения уже сформировались молодые хвойные, лиственные и хвойно-лиственные насаждения. В зависимости от давности лесосводки их высота составляла от 3-5 до 10-12 метров, запас древесины от 20-30, а в отдельных нетронутых труднодоступных местах 100-120 м³/га. Эти молодые насаждения находились в фазе интенсивного роста, их высота ежегодно увеличивалась примерно на 1 метр. Практически к началу заполнения ложа водохранилища его залесенность была близка к исходной, но с существенно меньшим и малоценным запасом древесины. Рубками была охвачена чрезвычайно малая площадь, недостаточная для удовлетворительной подготовки ложа водохранилища. Выбиралась только товарная древесина. Общий запас древесно-кустарниковой растительности, оказавшейся на дне водохранилища, составил не менее 10 млн. м³.

К редким и исчезающим видам растений, занесённым в Красную книгу и произраставшим в районе расположения водохранилища, относились: башмачок крупноцветковый, лобария легочная и ветреница вильчатая.

Фауна млекопитающих территории, затопленной водохранилищем Богучанской ГЭС, была представлена 34 видами животных. Из них белка, ондатра, соболь, горностай, заяц, лось являлись основными объектами промысловой охоты [38].

Фауна птиц представлена 145 видами. К редким и малочисленным видам отнесены сапсан и осоед, а также ночница Иконникова (разновидность летучих мышей).

Природные комплексы водных экосистем в зоне затопления представлены участком реки Ангары между створами Усть-Илимской и Богучанской ГЭС и

её притоками (рр.Кова, Парта, Кежма и др.). Высшая водная растительность реки была развита довольно значительно и представлена главным образом погружёнными растениями. В зарослях растительности обычны уруть, роголистник, гидрилла, сусак, элодея, болотноцветник, водяной мох, доминировали рдесты. Общая площадь, занятая погружённой высшей водной растительностью, занимала от 3 до 10% русла реки. Рост рдестов на мелководье характеризовался очень бурными темпами: 2-3 см за сутки. Практически вся литораль, а на разливах и фарватер реки покрыты обильными зарослями макрофитов (макрофиты занимали до 70% акватории). Продукция высшей водной растительности достигала в некоторых случаях десятка центнера на га (в сыром весе), а в нижнем течении Ангары гектар водной макрофитной растительности давал до 12 тонн сырой массы.

Такое состояние экосистемы было обусловлено наличием избыточных концентраций биогенных элементов (азота и фосфора), хорошей прогреваемостью водных масс и невысокими скоростями течения в тёплый период времени. Под влиянием погружённых макрофитов увеличивается содержание растворённого в воде кислорода, происходит быстрое окисление органического вещества, ускоряются процессы нитрификации, усиливается потребление свободной кислоты. В процессе метаболизма и выделения во внешнюю среду физиологически активных веществ типа фитонцидов и антибиотиков в зарослях высших водных растений наблюдается обеззараживание речной воды. Прибрежно-водные и погружённые растения могут извлекать из воды и грунта не только необходимые им биогенные элементы (азот, фосфор, железо), но и другие минеральные макро- и микроэлементы, а также балластные и токсические вещества, в том числе поверхностно-активные вещества и даже различные ядохимикаты и радионуклеотиды, если они не превышают летальных для них доз [38].

В сплошных прибрежных зарослях на глубине 2-5 метров находило убежище огромное количество водных беспозвоночных и молодь рыб. Численность фитофильных организмов на различных растительных

ассоциациях достигала 3 тыс.экз./м², биомасса – 20 г/м². Водная растительность является кормовым объектом для беспозвоночных (гаммариды, хирономиды) и рыб (плотва, елец) и нерестовым субстратом для фитофильных рыб.

Ихтиофауна включала 30 различных видов рыб. Большинство рыб (64,5%) обитало в условиях приречья, остальные в условиях спокойных вод. Некоторые виды, такие как Сибирский осётр, практически исчезли из нижней части реки Ангара. Одной из причин выпадения вида из состава ихтиофауны является негативное воздействие каскада из трёх плотин выше по течению Богучанской ГЭС.

Все наземные экосистемы (таёжные ландшафты – включая водные, болотные, скальные и иные нелесные экосистемы, образующие с лесными единый комплекс), ушедшие под постоянное затопление и подтопление, исчезли навсегда и безвозвратно. Флористическое, фаунистическое и ландшафтное разнообразие зоны затопления существенным образом трансформировано. Затопление территории привело к полному уничтожению мест произрастания редких, краснокнижных и лекарственных растений. Млекопитающие и птицы (специфический околородный комплекс) покинули естественные места обитания и коридоры миграции, а речная система превращена из реофильно-лимнофильной в чисто лимносистему с замедленным водообменом. Происходит перестройка всех трофических звеньев экосистемы: увеличилась продуктивность бактерио-, фито- и зоопланктона; уменьшилась продуктивность зообентоса; произошло обеднение ихтиофауны за счёт выпадения из состава реофильных видов рыб; из-за нестабильного уровня воды ухудшилось воспроизводство фитофильных видов рыб (плотва, окунь, елец, щука и др.). Негативное воздействие, направленное на преобразование коренных экосистем, происходит на расстоянии 150-300 км вниз по Ангаре [38].

Основные факторы изменения качества воды реки Ангара Богучанского водохранилища и нижнего бьефа ГЭС:

- трансформация гидрологического и гидрохимического режимов (переформирование речной системы в лимнофильную, где процессы транзитного переноса вещества и энергии заменяются процессами их аккумуляции);
- действие кумулятивных эффектов, обуславливающих неблагоприятный экологический фон (сброс из Усть-Илимского водохранилища вод с высоким биопродукционным потенциалом, лимнофильным биостоком, высокой концентрацией фенолов, нефтепродуктов, взвешенных веществ и др.);
- недостаточно хорошо подготовленное ложе водохранилища (оставленная древесно-кустарниковая растительность, некачественная санация селитьбы);
- недостаточно очищенные промстоки Усть-Илимского ЛПК и коммунальные стоки г. Усть-Илимска;
- обрушение и переформирование берегов.

Качество воды снизилось до категории «грязных» и «очень грязных».

Заполненное водохранилище влияет на прибрежные территории и воздействует на формирование местных климатических условий. В летнее время года влияние водохранилища преимущественно связано с охлаждающим воздействием больших масс воды на прибрежные районы. Установлено, что размеры зоны охлаждающего влияния в некоторых районах, прилегающих к водохранилищу, при северо-восточном ветре могут быть довольно велики (до 20 км).

Размеры полыньи, образующейся в нижнем бьефе ГЭС в связи с поступлением из водохранилища более тёплой воды в зимний период, оказывают влияние на влажность прибрежных территорий, на положение зоны адвективного тумана и зоны отепляющего влияния водоёма [38].

Строительство и функционирование Богучанской ГЭС привело к изменениям «парникового баланса» территории. Затопление значительных площадей, покрытых лесом, сократило поглощение углекислого газа лесными экосистемами. Образование парниковых газов происходит за счёт образования и последующего гниения биомассы сине-зелёных водорослей.

Большая площадь водохранилища и его сложная морфология определяют образование «застойных» заливов (например, залив по р. Кова), где происходят интенсивные процессы создания автохтонного органического вещества и его последующей деструкции. К неблагоприятным последствиям относится всплытие торфяников также являющихся источниками выделения парниковых газов (углекислый газ, метан), которые аккумулируются по кутовым частям заливов (в зону затопления попало 72 разведанных торфяных месторождения).

Создание водохранилища неизбежно ведёт к формированию новой береговой линии. Переработка берегов является типичным экзогенным геологическим процессом. Она проявляется в отступании береговой линии. На водохранилище выделены следующие типы формирования берегов: абразионные, аккумулятивные, эрозионные, биогенные, неразмываемые. В пределах основной акватории водохранилища преобладают абразионные берега. Среди абразионных наиболее распространены умеренно-абразионные с шириной размыва прибрежной полосы от 150 до 200 м. Благоприятными предпосылками для возникновения абразии являются морфологические условия береговых склонов, среди которых преобладают склоны крутизной более 2°. На втором месте по распространённости стоят неразмываемые берега. Наиболее активная стадия переработки берегов соответствует первым десятилетиям существования водохранилища. Затем этот процесс затухает и стабилизируется.

Подтопление земель будет иметь место всегда, пока существует водохранилище. Вследствие этого активизируется ряд экзогенных процессов на территориях, примыкающих к ложу водохранилища: оползневые процессы, карстообразование, водная эрозия берегов и др. Процессы подтопления и заболачивания прилегающей территории будут активно продолжаться в течение всего времени жизни плотины и эксплуатации водохранилища [38].

3.2. Разработка виртуальной экскурсии «Изучение экологических проблем, связанных со строительством и эксплуатацией гидротехнических сооружений на примере Богучанской ГЭС»

Задача современного учителя достигнуть высокого образовательного результата на основе применения системно-деятельностного подхода, который положен в основу федеральных образовательных стандартов основного общего и среднего общего образования. При таком подходе обучающийся рассматривается как активный субъект обучения.

Преподавание географии немислимо без проведения экскурсий, так как такая форма учебно-воспитательной работы школы играет важнейшую образовательную, воспитательную, развивающую роль. На экскурсиях учащиеся учатся наблюдать, ориентироваться в пространстве, сравнивать, видеть взаимосвязи объектов друг с другом и условиями окружающей среды. Важно, чтобы реализация практической направленности осуществлялась в единстве современных требований к организации учебного процесса и личного опыта учащихся.

Виртуальная экскурсия – это организационная форма обучения, отличающаяся от реальной экскурсии виртуальным отображением реально существующих объектов с целью создания условий для самостоятельного наблюдения, сбора необходимых фактов и т.д. Такие экскурсии являются эффективным способом для изучения особенностей территорий, их сходства и различий [Ефимов, В.Ф. Использование информационно-коммуникативных технологий в начальном образовании школьников [15].

Основные преимущества виртуальной экскурсии:

- доступность (возможность осмотра достопримечательностей всего мира без больших материальных и временных затрат и в любое время);
- возможность многократного просмотра экскурсии и прилагаемой информации, а также наглядность и многое другое.

Построение экскурсионной виртуальной программы может происходить по разным направлениям:

1. Исходя из экспонатов и экспозиций. Здесь мало рассказать о самих экспонатах или экспозициях. Важно сформировать представление учащихся о тех особенностях исторического периода времени, к которым относятся эти экспонаты или целая экспозиция. В экскурсии следует использовать музыкальные, литературные, художественные произведения, которые также должны относиться к исследуемой эпохе.

2. Исходя из информационного повода (знаменательной даты или события). Здесь важно подобрать и оформить материал таким образом, чтобы в нем отражались не только исторические факты, но и их достоверность, подтверждались экспонатами или экспозициями музея.

3. Построение экскурсионной программы как «цикл». Цикл экскурсий подразумевает выбор темы и подбор материала таким образом, чтобы его можно было разбить на логические части, причём каждая часть должна иметь определённые выводы и результаты, при этом они должны служить началом следующей части [1].

Подбор материала для экскурсии является основной задачей во всём подготовительном процессе. Именно от того какие факты и какая структура экскурсии выбирается, будут зависеть дальнейшие шаги, а именно: создание маршрутных листов и вспомогательных заданий к экскурсии.

В маршрутном листе содержатся такие задания, выполнив которые, ученик получает информационный справочный материал, состоящий из новых знаний или открытий. Причём сам лист должен быть компактным и удобным для хранения и длительного использования. Он не должен содержать много заданий или сложных вопросов.

Виртуальную экскурсию можно отнести к информационным проектам, которые требуют сбора информации, ознакомления с ней, анализа и обобщения фактов, требуют презентации с её разработкой [1].

Работа над виртуальной экскурсией, строящаяся по методу проектов, состоит из следующих этапов:

- погружение в проект;

- организация деятельности учащихся;
- осуществление деятельности учащихся;
- презентация проекта.

В результате использования на уроке географии виртуальной экскурсии:

- происходит самостоятельное овладение учащимися материалом и формирование умений работать с различными источниками информации;
- активизируется познавательная деятельность учащихся, которая ведет к усилению мотивации обучения;
- формируются умения самостоятельно осмысливать и усваивать новый материал;
- условные заменители, схемы и рисунки в виртуальной экскурсии способствуют развитию творческого воображения, позволяют «опредметить» абстрактные понятия;
- осуществляется контроль с обратной связью, с диагностикой ошибок (появление на компьютере соответствующих комментариев) по результатам деятельности и оценкой результатов;
- высвобождается учебное время за счет выполнения на компьютере трудоемких работ;
- в зависимости от цели экскурсии происходит развитие определенного вида мышления (наглядно-образного, теоретического, логического);
- формируется культура учебной деятельности, информационная культура;
- активизируется взаимодействие интеллектуальных и эмоциональных функций при совместном решении исследовательских (творческих) учебных задач;
- самоконтроль и самокоррекция осуществляется учащимися в ходе всего урока [1].

Результат любой виртуальной экскурсии – достижение поставленной цели и задач мероприятия.

При проведении виртуальной экскурсии учащиеся являются не просто слушателями и зрителями, они принимают активное участие в её проведении.

При работе с маршрутным листом получают новые знания, а также обогащают опыт совместной деятельности.

Алгоритм подготовки к виртуальной экскурсии:

1. Определить тему, цели и задачи.
2. Ознакомиться с местом проведения, определить маршрут.
3. Составить содержание экскурсии и план описания «посещенных» объектов.
4. Разработать техническую составляющую экскурсии (навигация, интерактивность ит.д.).

Правила проведения экскурсии:

- рассказывать только о том, что можно показать;
- к каждой иллюстрации подбирать краткое, но значимое описание;
- не оставлять экскурсантов только слушателями, привлекать их к активной работе, стараясь акцентировать внимание на нужном объекте;
- виртуальная экскурсия – одна из информационно ёмких форм урока, которая не должна быть перегружена новыми названиями, датами и т.д.;
- после проведения экскурсии отводится время на рефлекссию;
- для учащихся формируются результаты и методические рекомендации по использованию ресурса [1].

Чтобы повысить качество познавательной деятельности учащихся и эффективной работы учителя в учебно-воспитательном процессе, при подготовке к созданию экскурсии необходимо привлекать учащихся, проявляющих интерес к предмету и хорошо владеющих информационно-коммуникативными технологиями.

Применение виртуальной экскурсии способствует погружению учащихся в особенности и свойства изучаемого региона, развитию их творческого потенциала, помогает формированию готовности использовать усвоенные знания и умения.

Виртуальная экскурсия способствует повышению качества знаний обучающихся и воспитанию активной личности.

Хочется особо подчеркнуть, что обычно экскурсия предполагает достаточно пассивное участие экскурсантов в её процессе: они слушают, смотрят, перемещаются по объекту, но при этом воспринимают всё происходящее весьма поверхностно [1].

Виртуальные экскурсии, наоборот, позволяют вовлечь участников в активное взаимодействие с экскурсоводом и подтолкнуть их к «самостоятельному» исследованию объекта или объектов экскурсии. Это существенно усиливает остроту восприятия материала и делает экскурсию более интересной и более запоминающейся.

Активное введение в учебный процесс разнообразных развивающих занятий, специфически направленных на развитие личностно-мотивационной и аналитико-синтаксической сфер учащегося: памяти, внимания, воображения и ряда других важных психических функций, является одной из важнейших задач деятельности современного педагога.

Использование интерактивной модели экскурсионного мероприятия предусматривает моделирование жизненных ситуаций, использование ролевых игр, совместное решение проблем.

Правильно организованные виртуальные экскурсии способствуют пониманию и раскрытию причинно-следственных связей, пониманию логических отношений между понятиями, что в целом обеспечивает прочное и глубокое усвоение основ наук [1].

На основе материалов моей дипломной работы была разработана виртуальная экскурсия «Экологические проблемы территории строительства и эксплуатации Богучанской ГЭС» с презентацией (Приложение 1).

Цель: изучение влияния строительства и эксплуатации Богучанской ГЭС на природные компоненты.

Задачи:

1. Познакомить с местом расположения БоГЭС и характеристикой водохранилища;

2. Изучить влияние БогЭС на природные компоненты затопленной и прилегающей территории;

3. Продолжить работу по экологическому воспитанию учащихся: воспитывать чувство бережного отношения к природе, к каждому природному компоненту в отдельности.

Перед экскурсией учащимся раздается «Экскурсионный маршрутный лист», который заполняется по ходу экскурсии.

Ход экскурсии:

(Слайд 1)

- Ребята, сегодня нам предстоит совершить виртуальную экскурсию на Богучанскую гидроэлектростанцию, **(Слайд 2)** в ходе которой мы выясним, как влияет строительство и работа ГЭС на окружающую среду: атмосферный воздух, воду, почвы, растительность и животный мир.

(Слайд 3)

- Богучанская ГЭС расположена на реке Ангара вблизи города Кодинска Кежемского района Красноярского края в 380 км ниже Усть-Илимской ГЭС – **(Слайд 4)** это четвёртая ступень Ангарского каскада. Образовавшееся водохранилище БогЭС заняло территории в Красноярском крае и в Иркутской области. Створ водохранилища находится на расстоянии 1335 км от истока Ангары и в 445 км от устья. Подготовительные работы по строительству начались ещё в 1974 году. В 1987 году русло Ангары было перекрыто бетонной плотиной с временным шлюзом. Из-за сокращения финансирования в 1990-е годы строительство было фактически свёрнуто, возобновившись лишь после 2005 года. Завершение строительства велось на условиях частно – государственного партнерства. Основными инвесторами и владельцами Богучанской ГЭС стали частные компании ОАО «РусГидро» и ОАО «РУСАЛ».

(Слайд 5)

- В 2012 году началось заполнение Богучанского водохранилища, 15 октября запущены первые два агрегата. Выход станции на проектную

мощность в 3000 МВт осуществлён в 2015 году с заполнением водохранилища до проектной отметки 208 метров.

(Слайд 6)

- Между тем завершение строительства гидростанции является, по существу, незаконным, поскольку проектные материалы Богучанской ГЭС не получили положительного заключения государственной экологической экспертизы. Однако воздействие БоГЭС на окружающую среду: атмосферный воздух, воду, почвы, растительность и животный мир, будет длительным и негативным.

(Слайд 7)

- Основное влияние на атмосферный воздух в период строительства гидроузлов оказывают технологические процессы, связанные с функционированием временных или вспомогательных производственных предприятий, проведением земляных, в том числе взрывных работ.

Обеспечивающие строительство гидроузлов производственные базы включают в себя комплекс предприятий различного профиля с полным технологическим циклом работы: бетонные и обогатительные хозяйства, асфальтобетонные заводы, автохозяйства, временные и стационарные котельные на жидком и твёрдом топливе, склады горюче-смазочных материалов, монтажные базы и участковые хозяйства.

В результате производственной деятельности указанных предприятий и используемых технологических процессов в атмосферу может поступать до 30 наименований загрязняющих веществ различного класса опасности.

(Слайд 8)

- Строительство и функционирование Богучанской ГЭС привело к изменениям «парникового баланса» территории. Затопление значительных площадей, покрытых лесом, сократило поглощение углекислого газа лесными экосистемами. Образование парниковых газов происходит также за счёт образования и последующего гниения биомассы сине-зелёных водорослей. К неблагоприятным последствиям относится всплытие

торфяников, являющихся источниками выделения парниковых газов (углекислый газ, метан), которые аккумулируются по заливам (в зону затопления попало 72 разведанных торфяных месторождения).

(Слайд 9)

- Качество воды снизилось до категории «грязных» и «очень грязных».

Основные факторы изменения качества воды реки Ангары Богучанского водохранилища и нижнего бьефа ГЭС:

- переформирование речной системы, где русло проточное в лимнофильную (озёрную) со спокойной водой;
- действие кумулятивных эффектов, обуславливающих неблагоприятный экологический фон (сброс загрязнённых вод из Усть-Илимского водохранилища, высокая концентрация фенолов, нефтепродуктов, взвешенных веществ);
- недостаточно хорошо подготовленное ложе водохранилища (оставленная древесно-кустарниковая растительность);
- недостаточно очищенные промстоки Усть-Илимского ЛПК и коммунальные стоки г. Усть-Илимска;
- обрушение и переформирование берегов.

(Слайд 10)

- Созданное водохранилище воздействует на формирование местных климатических условий. В летнее время года его влияние преимущественно связано с охлаждающим воздействием больших масс воды на прибрежные районы. Размеры зоны охлаждающего влияния в некоторых районах, прилегающих к водохранилищу, при северо-восточном ветре могут быть довольно велики (до 20 км).

(Слайд 11)

- В зимний период размеры полыньи, образующейся в верхнем и нижнем бьефе ГЭС, связаны с поступлением из водохранилища более тёплой воды. Она оказывает влияние на влажность прибрежных территорий, на положение

зоны адвективного тумана (перемещение воздушной массы на более холодную подстилающую поверхность).

(Слайд 12)

- Одно из последствий создания водохранилища - подтопление земель. Процессы подтопления и заболачивания прилегающей территории будут активно продолжаться в течение всего времени жизни плотины и эксплуатации водохранилища.

(Слайд 13)

- Вследствие этого активизируется ряд экзогенных процессов на территориях, примыкающих к ложу водохранилища: оползневые процессы, карстообразование, водная эрозия берегов и др.

(Слайд 14)

- Создание водохранилища неизбежно ведёт к формированию новой береговой линии. Переработка берегов является типичным экзогенным геологическим процессом. Она проявляется в отступании береговой линии. В пределах основной акватории водохранилища преобладают абразионные берега с шириной размыва прибрежной полосы от 150 до 200 м.

(Слайд 15)

- Все наземные экосистемы, ушедшие под постоянное затопление и подтопление, исчезли навсегда и безвозвратно. Флористическое, фаунистическое и ландшафтное разнообразие зоны затопления существенным образом трансформировано. Затопление территории привело к полному уничтожению мест произрастания редких, краснокнижных и лекарственных растений: башмачка крупноцветкового, лобарии легочной, ветреницы вильчатой. Млекопитающие и птицы (специфический околководный комплекс) покинули естественные места обитания и коридоры миграции, а речная система превращена из реофильно-лимнофильной в чисто лимносистему с замедленным водообменом.

Фауна млекопитающих территории, затопленной водохранилищем Богучанской ГЭС, была представлена 34 видами животных. Из них белка,

ондатра, соболь, горноста́й, заяц, лось являлись основными объектами промысловой охоты.

(Слайд 16)

- Водная растительность реки – это главным образом погружённые растения: уруть, роголистник, гидрилла, сусак, элодея, болотноцветник, водяной мох. Среди перечисленных растений доминировали рдесты.

В сплошных прибрежных зарослях на глубине 2-5 метров находило убежище огромное количество водных беспозвоночных и молодь рыб. Водная растительность является кормом для беспозвоночных (гаммариды, хирономиды) и рыб (плотва, елец), нерестовым субстратом для фитофильных рыб.

Прибрежно-водные и погружённые растения могут извлекать из воды и грунта токсические вещества, в том числе поверхностно-активные вещества и даже различные ядохимикаты, если они не превышают летальных для них доз.

(Слайд 17)

- Фауна птиц на территории, затопленной водохранилищем, была представлена 145 видами. Редкие и малочисленные виды: сапсан и осоед, а также ночница Иконникова (разновидность летучих мышей).

(Слайд 18)

- Ихтиофауна включала 30 различных видов рыб. За счёт выпадения из состава реофильных видов рыб (сибирский осётр, ленок, таймень, хариус) произошло обеднение ихтиофауны. Одной из главных причин выпадения видов из состава ихтиофауны является негативное воздействие каскада из трёх плотин выше по течению Богучанской ГЭС, в том числе и БоГЭС.

Из-за нестабильного уровня воды ухудшилось воспроизводство фитофильных видов рыб (плотва, окунь, елец, щука и др.). Негативное воздействие, направленное на преобразование коренных экосистем, происходит на расстоянии 150-300 км вниз по Ангаре.

Подведение итогов виртуальной экскурсии:

- По мере продвижения по объектам экскурсии вы заполняли «Экскурсионный маршрутный лист». О каких экологических проблемах территории строительства и эксплуатации БоГЭС вы узнали на сегодняшнем занятии?

Экскурсионный маршрутный лист

Ученика (цы) _____

№	Природные компоненты	Экологические проблемы
1	Атмосферный воздух	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
2	Вода	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
3	Почвы	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
4	Растительность	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
5	Животный мир	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Заключение

В ходе написания дипломной работы для достижения поставленной цели были :

- 1) изучены экологические проблемы, связанные со строительством и эксплуатацией ГЭС, к которым относятся: изменение гидравлического, руслового, ледотермического, гидрохимического водотока, климата, состава атмосферного воздуха, геологических условий, биотических факторов природной среды: гидробиологического режима, растительности, животного мира;
- 2) дана физико-географическая характеристика территории Богучанской ГЭС, в которой выявлены рельеф и геологическое строение, климат, почвы, гидрология, растительный и животный мир изучаемого региона;
- 3) рассмотрены экологические проблемы, связанные с возведением и эксплуатацией Богучанской ГЭС;
- 4) по проработанным материалам составлена виртуальная экскурсия «Экологические проблемы территории строительства и эксплуатации Богучанской ГЭС» для программы общеобразовательной школы, которая может быть использована в школьном курсе географии в 9 классе при изучении темы «Электроэнергетика». А также во внеклассной работе в рамках «Недели географии» для более углубленного изучения влияния на экологию Богучанского района последствий строительства и эксплуатации БоГЭС.

Список использованной литературы:

1. Батова О.А. Методические рекомендации по организации и проведению виртуальных экскурсий при обучении географии. г. Узловая, 2014.
2. Безруков Л.А. Проблема компенсации ущерба от сооружения БогЭС // Исток: Эколого-географическая газета Байкальского региона. – 2012. - № 2.
3. Воробьева С.С., Стрижова Т.А., Земская Т.И. Современное состояние и прогноз формирования ангарских водохранилищ // Прогнозирование экологических процессов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986.
4. Воробьева С.С. Фитопланктон водоёмов Ангары. – Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 1995.
5. Гаджиев И.М. Почвы средней тайги Западной Сибири/ И.М. Гаджиев, С.М. Овчинников: отв. ред. Р.В. Ковалев. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1977.
6. Гиенко А.Я. Космический мониторинг зоны влияния Богучанской ГЭС на Ангаре / А.Я. Гиенко., Г.А. Гиенко: отв. ред. чл-кор. РАН В.Л. Миронов. – Новосибирск: СО РАН, 2006.
7. Горбачев В.Н. География лесных почв Приангарья // География и картография лесных почв. – М.: Наука, 1982.
8. Готлиб Я.Л., Донченко Р.В., Соколов И.Н. Лёд в водохранилищах и нижних бьефах ГЭС. Л.: Гидрометеиздат, 1983.
9. Готлиб Я.Л., Займнн Е.Е., Раззоронов Ф.Ф., Цейтлин Б.С. Ледотермика Ангары. Л.: Гидрометеиздат, 1964.
10. Дроздов Н.И. Результаты исследований памятников древнего наскального искусства в зоне затопления Богучанской ГЭС // Научный ежегодник Красноярского государственного педагогического университета / КГПУ. Вып. 3. Т. 1. – Красноярск, 2002.
11. Егорова Л.И., Стрижова Т.А. Современная гидрохимическая характеристика р. Ангара в зоне создания Богучанского водохранилища // Круговорот вещества и энергии в водоёмах: Материалы к VI Всесоюзному лимнологическому совещанию (4-6 сентября, 1985. Лиственничное на Байкале). Иркутск: ЛИН АН СССР, 1985. Вып. VII.
12. Ершов Ю.И. Почвенно-географическое районирование Красноярского края // География и природные ресурсы. - № 2. – 1998.
13. Ершов Ю.И. Почвенно-земельные ресурсы Красноярского края // География и природные ресурсы. - № 1. – 2001.

14. Ершов Ю.И. Закономерности почвообразования в пределах Средне-Сибирского плоскогорья // Почвоведение. – 1995.
15. Ефимов В.Ф. // Начальная школа. – 2009. - № 2.
16. Заключение иностранных участников независимой экологической общественной экспертизы Богучанской ГЭС: Рекомендации для комиссии по общественной экспертизе. / Д. Мартин, Д.Л. Вегнер, Ф. Вильямс, А. Ольфред. – Иркутск, 2002.
17. Каган А.А. Инженерно-геологическое прогнозирование. М.: Недра, 1984.
18. Кузьмин И.А. Русловые процессы и их изменение под воздействием гидротехнических сооружений // Труды Гидропроекта, 1973. № 30.
19. Методика оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира и нарушения среды их обитания // М.: Госкомэкология России, 2000.
20. Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду. РД 153-34.2-02.409-2003.ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». Санкт-Петербург, 2003.
21. Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л. Река Буря: гидрология, гидрохимия, ихтиофауна. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2006.
22. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975.
23. Организация общественных суждений по оценке воздействия на окружающую среду строительства Богучанской ГЭС / И.Н. Ценюк // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Красноярского края. – Красноярск: КНИИГиМС, 2007. – Вып. 9.
24. Отчет ЛИН СО РАН: Оценка качества воды р. Ангары в районе затопления и прогноз изменения качества воды в водохранилище и нижнем бьефе после пуска Богучанской ГЭС, 2007.
25. Отчет по НИР «Разработка мероприятий по лесосводке и лесочистке в ограниченной части зоны водохранилища Богучанского гидроузла на реке Ангара». Международный Институт леса. Красноярск, 2007.
26. Отчет прогноз качества воды в водохранилище и в нижнем бьефе Богучанской ГЭС. Российская академия наук / Сибирское отделение // Институт леса им. Сукачева. Красноярск – Хабаровск, 2009.
27. Песчанский И.С. Ледоведение и ледотехника. Л.: Гидрометеиздат, 1967.
28. Попов А.М. Актуальные проблемы экологического образования. - Вестник Омского университета, 2007- №1.

29. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застроенных территориях. Справочное пособие к СНиП 2.06.15-85 / ВНИИ ВОДГЕО. Стройиздат, 1991.
30. Рамад Ф. Основы прикладной экологии: воздействие на биосферу (пер. с фр.). Л.: Гидрометеиздат, 1981.
31. Рекомендации по расчёту зажорных явлений в нижних бьефах ГЭС. Л.: Гидрометеиздат, 1977.
32. Сборник методик расчетов и нормативных документов по курсу «Охрана атмосферного воздуха»: Методические указания. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
33. Скальский Б.Г., Меерович Л.Н. Современная характеристика биогенного стока с речных сбросов Европейской части СССР // Труды V Гидрологического съезда / Т. 5. Л.: Гидрометеиздат, 1991.
34. Снытко В.А. Ландшафтно-геохимические особенности южной темнохвойной тайги Нижнего Приангарья: автореферат дис. кан. геогр. наук / В.А. Снытко; науч. рук. М.А. Глазавская. – Иркутск, 1966.
35. Тарасов М.Н., Кривенцов М.И., Павенко И.М. и др. Изменение гидрохимического режима водных объектов в результате зарегулирования рек и развития орошаемого земледелия. Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. Л.: Гидрометеиздат, 1971.
36. Титов Ю.В. Характер микроклиматических изменений при создании крупных ГЭС на сибирских реках // Особенности проектирования и строительства энергетических объектов в Сибири (на примере крупных водохранилищ ГЭС). Тр. СибНИИЭ, вып. 27. – М.: Энергия, 1975.
37. Тороненков Н.А. Прогноз санитарно-эпидемиологической ситуации и оценка медико-биологических последствий в зоне строительства Богучанской ГЭС / Н.А. Тороненков // Непрерывное экологическое образование и экологические проблемы. Красноярск: СибГТУ, 2004. – Т.2.
38. Центр по экологической оценке «Эколайн» (Москва). Богучанская ГЭС мощностью 3000 ватт. Предварительная экологическая и социальная оценка в рамках подготовки банковского ТЕО. Москва, 2006.
39. Фадеев В.В., Тарасов А.А., Павенко В.Л. Связь между гидрологическим и водным режимом равнинных и горных рек СССР // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
40. Хабидов А.Ш., Жиндарев Л.А., Кусковский. Геоморфология береговой зоны и побережий крупных водохранилищ Сибири. // М-лы к XXVI

Пленуму геоморфологической комиссии РАН. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2001.

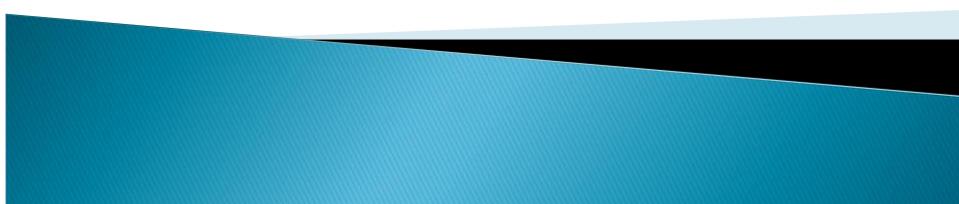
41. Хабидов А.Ш. и др. Динамические обстановки рельефообразования и осадконакопления береговой зоны крупных водохранилищ. / Хабидов А.Ш., Жиндарев Л.А., Тризно А.К. – Наука. Сиб. отд-ние, 1999.

Интернет – ресурсы:

42. Алексеевич Т. Богучанская ГЭС – новое мёртвое море? [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.krasnoyarsk.biz/newz/2006/01/23/boges>
43. Богучанская ГЭС: история и перспективы развития / Официальный сайт Богучанской ГЭС. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.boges.ru>
44. Малышкина Е. Строительство Богучанской ГЭС. Актуальные темы. / Государственный интернет-канал «Россия». // Иркутская КГТРК. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kgtrk.ru/index.shtml?news=1514>
45. Машуков Ю. Топливо-энергетический комплекс края. Богучанская ГЭС – энергетика будущего. / Журнал «Миллион», 2002. - № 12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.millionmagazine.ru/archive/2002_12/st_8.shtml
46. http://klk.sibgtu.ru/zadan_kultur/biblio.html
47. <http://greenmanzana.jimdo.com/ресурсы-интернет-учителям-географии/>
48. http://geovector.ru/p/geo_50262.html
49. <http://collegu.ucoz.ru/>
50. <http://nsportal.ru/shkola/geografiya/library/2013/12/30/virtualnaya-ekskursiya-po-zolotomu-koltsu-rossii>
51. <http://sibac.info/14998>
52. http://www.metodkopilka.ru/virtualnaya_ekskursiya_po_yuzhnoy_amerike-34053.htm
53. <http://dudaeva.ru/virtualnye-ekskursii/>

Виртуальная экскурсия

«Экологические проблемы
территории строительства и
эксплуатации Богучанской ГЭС»



Цель экскурсии:

изучение влияния строительства и
эксплуатации Богучанской ГЭС на
природные компоненты



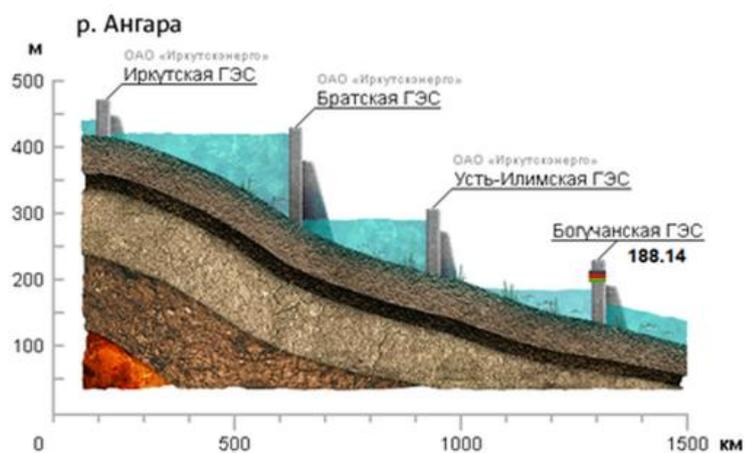
Богучанская ГЭС -



четвёртая ступень
Ангарского
каскада,
возведённая
вблизи города
Кодинска
Кежемского района
Красноярского края
в 380 км ниже
Усть-Илимской
ГЭС

3

Ангарские плотины



4

Богучанское водохранилище: основные характеристики

- отметка нормального подпорного уровня (НПУ) - 208 м
- площадь зеркала при НПУ – 232,6 тысяч га
- полный объём – 58,2 млрд м³
- полезный объём – 2,31 млрд м³



Природные компоненты, оказавшиеся под влиянием БоГЭС



Атмосферный воздух

Основное влияние на загрязнение атмосферного воздуха оказывают технологические процессы, связанные с работой временных или вспомогательных производственных предприятий, проведением земляных, в том числе взрывных работ



7

Атмосферный воздух

Образование парниковых газов происходит за счёт гниения биомассы



Древесная растительность, оказавшаяся на дне
Богучанского водохранилища

8

Вода

Качество воды в реке снизилось до категории «грязных» и «очень грязных»



Ангарские пейзажи после пуска Богучанской ГЭС

9

Вода

Изменение качества и температуры



Верхний бьеф
водохранилища



Незамерзающая полынья в
зимнее время года

10

Вода

Туман над ГЭС



11

Почвы

Подтопление берегов



Верхний бьеф Богучанской ГЭС

12

Почвы

Переработка берега: возникают обвально-оползневые явления



13

Почвы

В пределах основной акватории водохранилища преобладают абразионные берега с шириной размыва прибрежной полосы от 150 до 200 м



14

Растительность

Редкие и исчезающие виды растений, занесённые в Красную книгу и произрастающие в районе расположения водохранилища



Башмачок
крупноцветковый



Ветреница
вильчатая



Лобария
легочная

15

Водная растительность

Высшая водная растительность реки была развита довольно значительно и представлена главным образом погружёнными растениями



Болотноцветник



Гидрилла



Рдест



Уруть



Рдест



Элодея

16

Животный мир

Редкие и малочисленные виды затопленной территории



Сапсан



Осоед



Ночница Иконникова

17

Животный мир (ихтиофауна)

Произошло обеднение ихтиофауны за счёт выпадения из состава реофильных видов рыб



Ленок



Таймень



Хариус

18