

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. Ю. Ямских
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.02 География

05.03.02.02 «Физическая география и ландшафтоведение»

Мониторинг состояния воды Красноярского водохранилища

Научный руко- водитель	_____	<u>К.б.н, доцент</u>	<u>О.А. Кузнецова</u>
	подпись, дата	должность, учёная степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Г.Д. Екимов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Д.М. Шлемберг</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Крупные сибирские водохранилища и их значение.....	5
2 Характеристика Красноярского водохранилища.....	13
2.1 Физико-географическое положение и основные параметры водного объекта.....	13
2.2 Особенности гидрологического, гидротермического и гидрохимического режимов водохранилища.....	19
2.3 Характеристики биотической составляющей водной экосистемы.....	22
3 Источники загрязнения Красноярского водохранилища.....	27
4 Материалы и методика исследования водохранилища.....	35
4.1 Направления и программы мониторинга Красноярского водохранилища.	35
4.2 Характеристика сети наблюдений и перечень контролируемых показателей	37
4.3 Методы и материалы исследований.....	41
5 Исследования состояния воды Красноярского водохранилища	45
5.1 Анализ гидрохимического состояния воды	45
5.2 Оценка качества поверхностных вод	72
Заключение	79
Список использованных источников	80
Приложения	86

ВВЕДЕНИЕ

Водохранилища ГЭС представляют собой крупные народно-хозяйственные водные объекты комплексного назначения, использование которых позволяет решать многие экономические, экологические и социальные задачи. Помимо прямого назначения (выравнивания стока речных вод, его регулирования для обеспечения функционирования ГЭС), они используются с целью водоснабжения населенных пунктов и предприятий, предотвращения наводнений, орошения, обводнения земель, для рыбного хозяйства, улучшения судоходства, рекреации и др. Создание водохранилищ в свою очередь вызывает ряд побочных нежелательных изменений природных условий прилегающей территории и системы зарегулированной реки, часто перерастающих в экологические проблемы, проявляющиеся сразу или по истечении многих лет. В результате интенсивной хозяйственной деятельности в этих природно-техногенных объектах протекают необратимые изменения как абиотической, так и биотической составляющих экосистем.

В результате активной хозяйственной деятельности в водохранилищах могут происходить изменения, влекущие за собой процессы эвтрофирования, acidофикации, загрязнения и ухудшения качества воды. В настоящее время накоплен обширный материал по изучению экологического режима водохранилищ, особенностей функционирования и изменения всех элементов водных экосистем. Процесс формирования качества воды в водохранилищах достаточно сложный и зависящий от взаимодействия комплекса разнообразных факторов, связанных со становлением и развитием экосистемы искусственных водоемов. Проблема качества воды в водохранилищах в последние десятилетия стала особенно актуальна, поскольку возросла его роль как источника питьевой воды, что повлекло более серьезные требования к рациональному количественному распределению воды, к ее качественному составу, непрерывно ухудшающемуся при интенсивном хозяйственном освоении территорий, прилегающих к водоемам.

Согласно Водному Кодексу РФ, водохранилища ГЭС относятся к федеральной собственности, так как представляют собой государственный стратегический запас пресной воды нашей страны. В связи с этим необходимо более полное изучение состояния воды, как одного из важных компонентов общей экологической ситуации водных объектов. Исследования качества воды водохранилищ проводится в рамках мониторинга (системы режимных долгосрочных наблюдений), предусматривающего контроль и оценку их состояния, прогноз изменений, происходящих под влиянием антропогенной деятельности, в итоге создающего базу для разработки научных основ управления формированием качества воды в условиях негативного влияния на экосистемы водных объектов и их водосборные бассейны.

Цель мониторинга водохранилищ состоит в получении объективной и доступной информации о состоянии и изменениях, происходящих в водных объектах, направленной на разработку и реализацию мероприятий по улучше-

нию экологической обстановки, предотвращению поступления загрязняющих веществ в водохранилища и предупреждению полного истощения их вод. Система мониторинга строится по-разному в зависимости от вида водного объекта и характера решаемых задач, но во всех случаях в нее включают мониторинг источников загрязнения, гидрологический мониторинг, гидрохимический мониторинг и гидробиологические наблюдения. С целью определения основных причин и закономерностей процесса загрязнения для уменьшения негативного влияния техногенных факторов на состав воды водохранилищ, осуществляют мониторинговое исследование и оценку гидрохимического состояния воды водохранилищ.

Цель работы – изучение в рамках мониторинга состояния воды глубоководного Красноярского водохранилища.

Задачи:

- дать общую характеристику водного объекта, включая основные характеристики и типы режимов;
- проанализировать гидрохимическое состояние вод Красноярского водохранилища на основе показателей полученных в рамках мониторинга;
- осуществить оценку качества поверхностных вод водоема.

Объект исследования: Красноярское водохранилище Енисейского бассейна.

Предмет исследования: гидрохимические показатели вод как индикатора их экологического состояния.

Работа выполнялась по материалам, полученным во время прохождения производственной практики в летний период 2018 года на базе Енисейского бассейнового водного управления, относящегося к системе Росводресурсов.

Методы исследования: теоретический, статистический, аналитический. В процессе работы автором были выполнены натурные обследования, отбор проб для определения содержания загрязняющих веществ в воде водохранилища, математическая обработка полученного материала с помощью автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов РФ (АИС ГМВО), графическое оформление данных, количественный и качественный анализ гидрохимических показателей воды и донных отложений водохранилища, оценка качества воды водного объекта.

1 Крупные сибирские водохранилища и их значение

Современный этап эволюции гидроэнергетики выражается в обширном строительстве крупных ГЭС с водохранилищами комплексного назначения, необходимым для увеличения использования ресурсов гидроэнергетики, что в последствие связано с удовлетворением потребностей электроэнергии и воде в городах, промышленности и сельском хозяйстве.

В бывшем Советском Союзе, как и во всем мире, третий этап характеризуется широким гидроэнергетическим строительством. Были завершены восстановление и реконструкция разрушенных во время войны ГЭС и построен преимущественно в европейской части страны на многоводных равнинных реках Волга, Днепр, Кама, Дон, Днестр ряд крупных ГЭС с водохранилищами комплексного использования [5, 37, 75].

Реализация гидроэнергетических проектов по применению сибирских рек с учетом сельского хозяйства и водного транспортирования начались в 1930-х гг. Почти все крупные водохранилища были созданы во второй половине прошлого века и располагались на реках Иртыш, Обь, Енисей и Ангара (таблица 1) [69].

К концу 1950-х гг. вступили в эксплуатацию Иркутская ГЭС на реке Ангара, Новосибирская ГЭС на реке Обь и Бухтарминская ГЭС на реке Иртыш с большими по площади водохранилищами (рисунки 1, 2).

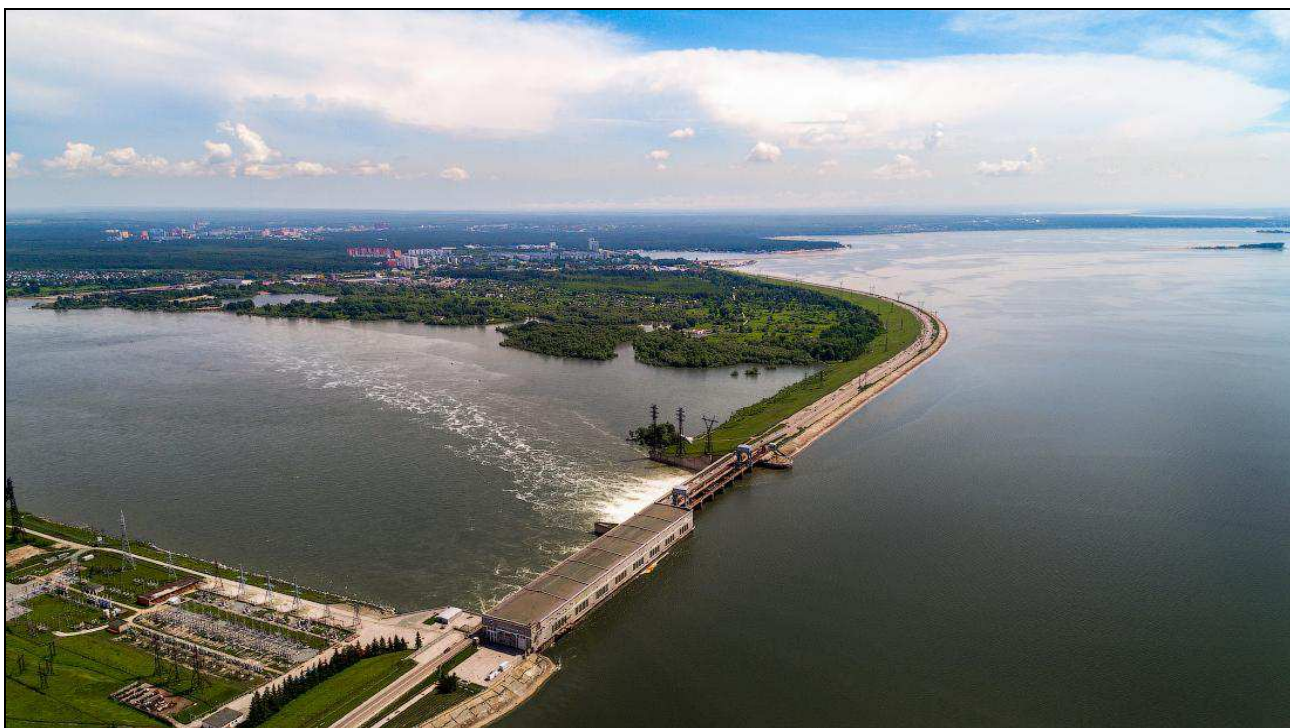


Рисунок 1– Новосибирское водохранилище на реке Обь [13]

Таблица 1 – Основные характеристики существующих и перспективных крупных сибирских водохранилищ [69]

№	Водохранилище	Река	Год создания	Среднегодовой расход в створе, м3/с	Созданный подпор, м	Площадь затопления, км2	Полный объем, км3	Полезный объем, км3	Площадь водного зеркала, км2	Протяженность, км	Колесания уровня, м	Средне-многолетний коэффициент водообмена	Мощность ГЭС	Сложившийся ВХК
1	Бухтарминское	Иртыш	1960	570	67	3328	49,7	30,6	5490	350	7,0	0,35	675	Э,Т,И,Р,О
2	Усть-Каменогорское	Иртыш	1957	585	42	19,1	0,65	0,17	87	85	5,0	20	355	Э,Т,П
3	Шульбинское	Иртыш	1996	920	29	480	2,4	1,5	507	100	5,0	12,4	702	Э,И,Т
4	Новосибирское	Обь	1959	1670	19,8	951	8,8	4,4	1070	200	5,0	6,55	485	Э,И,В,Т,Р,О
5	Красноярское	Енисей	1970	2920	100	1757	73,3	30,4	2000	380	18,0	1,8	6000	Э,Т,И,В,О
6	Саяно-Шушенское	Енисей	1990	1480	222	525	31,3	15,3	670	315	40,0	1,5	6400	Э,Т,И
7	Майнское	Енисей	1985	1500	19	–	0,1	0,01	14	23	3,0	45	321	Э,П
8	Курейское	Курейка	1990	665	70	540	9,9	7,3	560	50	20,0	1,9	600	Э,Р,Л
9	Хантайское	Хантайка	1970	573	50	1820	23,5	17,3	2120	160	13,0	0,8	461	Э,Р,Л
10	* Эвенкийское	Н. Тунгуска	-	3600	184	680	409,4	101	9400	1200	12,0	0,3	-	Э,Т,Р
11	* Катунское	Катунь	-	545	170	83,2	5,83	3,44	87	73	50	3,03	-	Э,О
12	* Алтайское	Катунь	-	545	50	7,5	0,21	0,18	12,1	25	45	80	-	Э,О
13	* Чемальское	Катунь	-	545	41	7,9	0,18	0,02	11,9	20	1,5	100	-	Э,П
14	* Крапивинское	Томь	-	942	33,7	658	11,7	9,7	670	133	23	3,76	-	Э,П
15	* Каменское	Обь	-	1570	12	900	5,5	2,1	1000	190	6,5	2,4	-	И,П,Э,В,Р
16	Усть-Илимское	Ангара	1966	-	88	-	58,9	2,7	1922	2000	2	1,6	3840	Т,Р,В,Э,Л
17	Братское	Ангара	1979	-	190	-	169	48,2	5470	1020	10	0,5	4500	Т,Р,В,Э,Л
18	Богучанское	Ангара	2012	-	208	2,3	58,2	2,31	2,3	2430	1	-	2997	В,Т,Р,Э

* Предполагаемые к созданию водохранилища (по детальности проектных разработок); обозначения водохозяйственного комплекса (ВХК): Э – энергетика; Т – водный транспорт; И – ирригация; В – водоснабжение; Р – рыбное хозяйство; П – перераспределение стока; Л – лесосплав; О – рекреация.



Рисунок 2– Бухтарминское водохранилище (Буктырминское водохранилище) на реке Иртыш [15]

Огромное значение в освоении гидроресурсов крупнейших сибирских рек Сибири имело строительство в 1961 году на реке Ангара Братской ГЭС и второго по объему водохранилище мира, широко используемого для судоходства, рыболовства, сплава леса и водоснабжения (рисунок 3) [39, 42, 69].



Рисунок 3– Братское водохранилище на реке Ангара [14]

С целью развития промышленности и оптимального освоения значительного природного водного потенциала Сибири в советский период началось возведение крупнейшего в России Ангаро-Енисейского каскада ГЭС, получившее свое начало еще при создании Иркутской ГЭС. В настоящее время Ангаро-

Енисейский каскад ГЭС включает Енисейский каскад ГЭС - это комплекс гидроэлектростанций на реке Енисей (территория Красноярского края и Республики Хакасия) и крупных водохранилищ: первая ступень – Саяно-Шушенское; вторая ступень – Майнское; третья ступень – Красноярское [32, 69].

В его состав входит также Ангарский каскад ГЭС, расположенных на реке Ангаре в Иркутской области и Красноярском крае. Каскад состоит из четырех созданных и трех проектируемых ступеней: первая ступень – Иркутское водохранилище, вторая ступень – Братское; третья ступень – Усть-Илимское; четвертая ступень – Богучанское (рисунок 4). Пятая ступень в каскаде – проектируемое Нижнебогучанское; шестая – проектируемое Мотыгинское; седьмая – проектируемое Стрелковское водохранилище.

В разные периоды эксплуатации режим работы каждой ГЭС определялся основными положениями правил использования водных ресурсов этих водохранилищ. Опыт эксплуатации, особенно в необычайно маловодный период 1981-1982 гг. и в период маловодья 1996-2003 гг., показал необходимость совместного регулирования всех звеньев системы водопользования в Ангаро-Енисейском бассейне [5, 69].



Рисунок 4 – Богучанское водохранилище на реке Ангара [14]

Водохранилища рассматриваются как средство преобразования природы в интересах человека и его хозяйственной деятельности. К числу позитивных изменений в природе и хозяйственной деятельности связанных с созданием водохранилищ относят: уменьшение или полную ликвидацию таких негативных природных явлений, как наводнения, маловодные процессы заносимости; концентрация и аккумуляция гидроэнергоресурсов; перераспределение стока между сезонами и годами (днями и часами) различной водности; создание водных акваторий; улучшение условий для судоходства; преобразование гидрологического режима для регулярного орошения земель; улучшение использования пойменных угодий ниже плотины ГЭС и защиты их от наводнений; вовлечение в хо-

зыйственное использование непродуктивных земель в результате аккумуляции на них водных ресурсов и создание продуктивной водной среды (рыболовство, рыбобоводство); совершенствование условий водоснабжения населения; улучшение природных условий прилегающих территорий (смягчение климата, водное благоустройство) [5, 41, 52, 85].

Создание и эксплуатация водохранилищ вызывает целый ряд нежелательных и, часто, неизбежных нарушений природной среды. Особенно ощутимыми и заметными отрицательными последствиями для природной среды являются: затопление продуктивных пойменных земель, иногда остепнение пойменных угодий нижнего бьефа; переформирование берегов, размывы русла и берегов нижнего бьефа; повышение уровня грунтовых вод, заболачивание и подтопление земель; изменение почвенного и растительного покрова в результате подтопления подтопления; изменение микроклимата (повышение влажности, изменение температурного режима, усиление ветров); перестройка фауны водоемов, изменение условий размножения и обитания гидробионтов, в первую очередь ихтиофауны; замедление водообмена и накопление в донных отложениях загрязняющих веществ; снижение самоочищающей способности вод, избыточное развитие сине-зеленых водорослей; влияние высоконапорных водохранилищ на современные тектонические процессы [29, 69, 74, 86].

Создание таких крупных водохранилищ в Сибири, потребовало организовать наблюдение за негативными последствиями развития берегов. Изучением формирований берегов на водохранилищах занимались такие ученые как Абрамович Д. И., Бейр С. Г., Фрадкин И. З., Самочкин В. М., Целиков Ф. И., Флейшман С. М., Дубровский В. К., Хабидов А. Ш., Крицкий В. А., Кусковский В. С., Подлипский Ю. П., Савкин В. М., Широков В. М., Петров М. В., Сергеенков И. С., Андреева Т. Г. и др. [2, 17, 53, 54, 69].

По удельным показателям затопления земель водохранилища Сибири относятся к сравнительно благоприятным. Однако долины рек, особенно в слабо освоенных районах, являются наиболее обжитыми участками, поэтому потери земель при их затоплении водохранилищами являются весьма ощутимыми (Новосибирское, Красноярское, частично Саяно-Шушенское), а масштабы нарушения хозяйства имеют более существенные последствия, чем в других регионах.

Особое место при затоплении земель водохранилищами занимает проблема мелководий. В Сибири наибольшие площади мелководий отмечаются у Новосибирского и Хантайского водохранилищ (до 20 %), Курейского (около 8 %). В предгорных и горных районах Саяно-Шушенского и Красноярского водохранилищ площади мелководий составляют от 1,4 до 5 %. С мелководьями связаны такие отрицательные последствия, как потеря затопленных земель, их заболачивание, непродуктивное испарение, развитие водной растительности, ее гниение, неблагоприятные санитарно-гигиенические условия, промерзание мелководий зимой и гибель в это время рыбы. В то же время мелководья – это места нерестилищ и нагула рыбы. К основным недостаткам создания водохранилищ в Сибири можно отнести отсутствие достаточной подготовки их ложа перед затоплением, практическое отсутствие лесосводки и лесочистки [9].

В то же время запасы древесины в зонах затопления сибирских водохранилищ были весьма значительны, например, у Новосибирского – 1 млн. м³, Саяно-Шушенского – 3,7 млн. м³, Хантайского – 3,4 млн. м³, Курейского – 1,7 млн. м³. Наличие таких объемов оставленной древесины оказало в дальнейшем неблагоприятное влияние на водоснабжение, рекреацию, судоходство, работу ГЭС [1, 41, 69].

Использование водных ресурсов и их оптимизации в водохранилищах, является важным элементом для решения задач, которые обеспечивают социально-экономические потребности в водных ресурсах, а так же предупреждают и снижают последствия наводнений и других негативных факторов воздействия вод и обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, образующих эти водохранилища.

Расположение нескольких водохранилищ ГЭС на одном водотоке, приводит к образованию каскада. Проектирование и строительство каскадов осуществляют для более полного использования водных ресурсов реки и ее стока в интересах народного хозяйства. Так же за счет создания водохранилищ, регулируют сток рек, который при естественных условиях обычно не отвечает потребностям.

Напряженный водохозяйственный баланс нередко приводит к смене «лидера», как бы получающего первоочередное удовлетворение запросов на воду. Так, Красноярское водохранилище было запроектировано, прежде всего, для выработки электроэнергии и для поддержания судоходных глубин в нижнем бьефе (рисунок 5).



Рисунок 5 – Красноярское водохранилище на реке Енисей [14]

В настоящее время выявились новые экономические и социальные «лидеры» в использовании водных ресурсов верхнего и нижнего бьефов водохранилища: это ирригация, водоснабжение, рекреационные интересы населения.

Масштабное строительство сибирских водохранилищ, сыграли не маловажную роль в экономическом развитии, как регионов, так и самой страны в це-

лом, все это привело к улучшению качества жизни и повышению благосостояния, за счет обеспечения питьевой водой, а так же защитой от наводнения и расширением орошаемых площадей.

Перспективы использования созданных водохранилищ, дальнейшего строительства их в Сибири связаны с комплексом социально-экономических, экологических, и даже геополитических факторов [5, 69].

С первых лет создания Красноярского водохранилища сложились научные коллективы, которые впоследствии провели комплексные исследования гидрологического и гидрохимического режимов, процессов формирования флоры и фауны водного объекта. В серьезных научных исследованиях приняли участие Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения АН СССР, Сибирский научно-исследовательский институт энергетики (СибНИИЭ), Сибирский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии им. Б. Е. Веденеева, Красноярское отделение государственного института «Гидропроект», Красноярское отделение Сибирского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института (СибрыбНИИпроект), Дивногорская обсерватория Красноярского управления Гидрометеослужбы.

Значительно возросло число исследователей Красноярского водохранилища с открытием Красноярского государственного университета (КГУ, в настоящее время – СФУ). Во второй половине 1970-х годов расширился круг работ гидробиологического цикла, кафедра гидробиологии и ихтиологии КГУ начала проводить полнопрограммный экологический мониторинг Красноярского водохранилища, в основные задачи которого входили: сбор информации о биоте (бактерии-, фито-, зоопланктон, перифитон, зообентос и рыбы), определение флуоресцентным методом продукции органического вещества планктона и оценка токсичности природных вод по биотестам. В результате долгосрочных регулярных наблюдений в период 1978-2001 гг. была разработана схема универсальной гидробиологической базы «Биота», построена оптимальная информационная модель экосистемы Красноярского водохранилища с целью оценки и прогноза состояния водного объекта [17, 22].

В 1981 году была утверждена комплексная научно-техническая программа «Чистый Енисей», согласно которой все функции главной организации по разработке и реализации программы были возложены на Институт биофизики СО АН СССР. За КГУ по данной программе были закреплены верхнеенисейские водохранилища, в том числе Красноярское.

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.12.2008 г. № 2054-р Красноярское водохранилище в составе с Саяно-Шушенским и Майнским водохранилищами на р. Енисей, находящиеся на территории Енисейского бассейнового округа, включены в перечень водохранилищ, осуществление мер, по охране которых относится к полномочиям органов государственной власти Российской Федерации. В соответствии с «Положением о ведении государственного мониторинга водных объектов», проведение государственного мониторинга Красноярского водохранилища координируется территориальным органом Федерального агентства водных ресурсов межрегионального

уровня – Енисейским бассейновым водным управлением, одной из основных функций которого является ведение государственного мониторинга водных объектов по количественным и качественным показателям состояния водных ресурсов [31, 32, 33].

В системе Росводресурсов под руководством Енисейского БВУ мониторинг Красноярского водохранилища осуществляют Федеральное государственное учреждение «Управление эксплуатации Красноярского водохранилища» и Федеральное государственное учреждение «Енисейрегионводхоз», выполняющие большой объем организационно-контрольных работ за состоянием данного водного объекта, благоустройством его акватории и берегов.

В рамках Программы регулярных наблюдений за Красноярским водохранилищем и его водоохраной зоной ФГУ «Управление эксплуатации Красноярского водохранилища» с 2008 года осуществляет следующие наблюдения: за состоянием берегов и акваторией водохранилища; за состоянием дна и изменениями морфометрических особенностей водохранилища; за состоянием и режимом использования водоохраных зон и прибрежной защитной полосой водохранилища; за устьевыми участками притоков (заливы); за водохозяйственными системами.

ФГУ «Енисейрегионводхоз» с 2010 года выполняет наблюдение за качеством вод по гидрохимическим показателям и за загрязненностью донных отложений Красноярского водохранилища, а также производит сбор, обработку, хранение, обобщение, анализ и передачу полученной информации на уровень Росводресурсов. В 2010 году на его базе осуществлялись разовые измерения качества воды водохранилища в целях отработки методик гидрохимических исследований для подготовки гидрохимической лаборатории к аккредитации. С 2011 года были начаты и ведутся по настоящее время регулярные наблюдения за состоянием поверхностных вод Красноярского водохранилища. Немного позднее Федеральной службой по аккредитации (Росаккредитация) была аккредитована Гидрохимическая лаборатория, получившая Аттестат аккредитации RA.RU.518213 от 30 октября 2015 года. В области аккредитации лаборатории – отбор проб и выполнение количественного химического анализа (КХА) различных объектов контроля: поверхностных, подземных, очищенных сточных и сточных вод, донных отложений и почв [32, 33].

В настоящее время Енисейское бассейновое водное управление и Федеральное государственное бюджетное учреждение «Енисейрегионводхоз», отвечающие за ведение государственного мониторинга водных объектов по количественным и качественным показателям состояния водных ресурсов, осуществляют организацию комплексных наблюдений за состоянием крупнейших водохранилищ Енисейского каскада ГЭС, в том числе Красноярского водохранилища.

2 Характеристика Красноярского водохранилища

2.1 Физико-географическое положение и основные параметры водного объекта

Красноярское водохранилище – крупный водный объект, созданный при строительстве Красноярской ГЭС (введенной в эксплуатацию в 1967 году), в верхней части среднего течения р. Енисей ($55^{\circ}06'35''$ с. ш., $91^{\circ}34'38''$ в. д.) на юге Красноярского края (рисунок 6, таблица 2). Заполнение водохранилища осуществлялось в течение четырех лет с 1967 г. до 1970 г. (уровень воды достиг НПУ=243 м).



Рисунок 6 – Местоположение Красноярского водохранилища [11]

Таблица 2 - Основные характеристики Красноярского водохранилища [32]

Наименование водного объекта	Река	Местонахождение (в км от устья, населенного пункта)	Наименование субъектов Российской Федерации	Годы заполнения	Назначение
Красноярское водохранилище	Енисей	2502 г. Дивногорск	Красноярский край, Республика Хакасия	1967-1970	Гидроэнергетика, судоходство, ирригация, водоснабжение, рекреация и др.

Отсчет времени функционирования водохранилища и анализ всех характеристик водной экосистемы осуществлен с 1970 года:

- 1970 г. – первый год функционирования;
- 1971 г. – второй год функционирования;
- 1978 г. – девятый год функционирования;
- 1982 г. – тринадцатый год функционирования;
- 1997 г. – двадцать восьмой год функционирования;
- 2000 г. – тридцать первый год функционирования;
- 2005 г. – тридцать шестой год функционирования;
- 2013 г. – сорок четвертый год функционирования;
- 2018 г. – сорок девятый год функционирования.

Данный водный объект является одним из крупнейших по объему искусственных водоемов в мире, полный и полезный объем водных масс составляет 73,3 км³ и 30,4 км³ соответственно, общая площадь водного зеркала при НПУ достигает 2000 км² [17, 46].

Красноярское водохранилище вытянуто в меридиональном направлении с севера на юг вдоль русла реки Енисей почти на 396 километров от места впадения в Енисей реки Абакан в районе г. Абакан (Республика Хакасия) до плотины Красноярской ГЭС (имени 50-летия СССР) вблизи г. Дивногорска (Красноярский край). Средняя ширина водоема составляет около 5,3 км, наибольшая отмечена в районе Краснотуранского плеса – 15 км, минимальная – 2,5 км в предплотинном районе (у нижнего бьефа). Наибольшая глубина определена на Приплотинном плесе – 105-110 м, средняя глубина по водохранилищу составляет 36 м, длина по оси водоема – 396 км (таблица 3). Средняя высота уреза воды 243 м над уровнем моря, уровень воды при уровне мертвого объема (УМО) составляет 225 м, сработка уровня составляет 6-18 м. Коэффициент водообмена соответствует 1,4 (каждые 10 месяцев). В водоеме на глубины до 10 м приходится 16 % от общей его площади, 10-30 м – более 28 %, 30-40 м – 12 %, на глубоководную зону (более 40 м) – 44 %. Протяженность береговой линии водного объекта при НПУ достигает 2,56 тыс. км. Наибольшая изрезанность береговой зоны характерна для правобережья водохранилища.

Водоохранилище относится к категории предгорных водоемов долинного типа, включающего несколько участков, находящихся в разных ландшафтных зонах (южной – лесостепной, северной – горно-таежной) и имеющих неодинаковую антропогенную нагрузку. Его форма определяется сложностью рельефа затопленной суши [1, 70].

Таблица 3 – Наиболее важные параметры глубоководного Красноярского водохранилища [32]

Наименование параметров	Единицы измерения	Значение
Нормальный подпорный уровень, НПУ	м	243,0
Максимальный допустимый уровень (форсированный подпорный), ФПУ	м	243,5
Уровень принудительной предполоводной сработки по состоянию на 1 мая, УПС	м	233,0
Минимальный навигационный уровень (по условию подхода к судоподъемнику), УМО рекомендованный	м	230,0
Минимальный допустимый уровень (мертвого объема), УМО проектный		225,0
Объем при НПУ	км ³	73,3
Объем при УМО 225 м	км ³	42,9
Объем при УМО 230 м	км ³	50,4
Полезный объем при УМО 225 м	км ³	30,4
Полезный объем при УМО 230 м	км ³	22,9
Площадь зеркала при НПУ	км ²	2000,0
Площадь зеркала при УМО 225 м	км ²	1382,0
Площадь зеркала при УМО 230 м	км ²	1555,0
Длина водохранилища при НПУ	км	396,0
Длина водохранилища при УМО 230 м	км	302,0
Ширина средняя при НПУ	км	5,3
Ширина максимальная при НПУ	км	15,0
Глубина средняя при НПУ	м	36,0
Глубина максимальная при НПУ	м	110,0
Протяженность береговой линии при НПУ	км	2560,0

Работы по подготовке ложа водохранилища начались еще в 1957 году. Главным недостатком строительства на р. Енисей является недостаточная подготовка ложа водохранилища к затоплению, отсутствие лесосводки, лесоочистки. На затопленную сушу пришлось 80 % всей площади водоема, из них 21 % был занят лесами. В процессе наполнения водохранилища под водой оказалось более 38 тыс. га леса и кустарников (таблица 4).

Лесоочистные работы были выполнены на площади 13 тыс. га. Фактически вырублено 470 тыс. м³ товарного леса. Отказ от проведения лесосводки и лесоочистки в ложе водохранилища явился основной причиной появления при его заполнении плавающей и затопленной древесной массы объемом свыше 300 тыс. м³ (по данным Гидролестранса), ежегодно в водохранилище дополнительно поступает вследствие переработки берегов около 6 тыс. м³ древесины [3, 17].

При создании водохранилища затоплено более 120 тыс. га сельскохозяйственных земель. Под воду ушли различные типы почв, особенно широко на затопленном ложе представлены дерново-подзолистые, луговые,

серые лесные почвы и черноземы. Процесс заиливания водохранилища происходит медленно.

Таблица 4 – Результаты затопления земель при создании Красноярского водохранилища [17]

Показатель	Величина показателя
Площадь затопления, тыс. га всего	175
В том числе:	
- сельскохозяйственные угодья	120
- лес и кустарники	38
Запас, тыс. м ³	
- товарных насаждений	470
- ликвидный	440
Площадь лесосводки и лесочистки, тыс. га	13
Объем лесосводки, тыс. м ³	440
Проектный объем затопления, тыс. м ³	300
Реальный объем затопления, тыс. м ³	470

В водохранилище впадают несколько достаточно крупных рек, наиболее известные из которых: по правому берегу – Туба, Сисим, Сыда, по левому – Бирюса. В результате создания этого глубоководного искусственного водоема география района сильно изменилась: многие реки, впадающие в Енисей, оказались подтопленными, их устья создали множественные заливы.

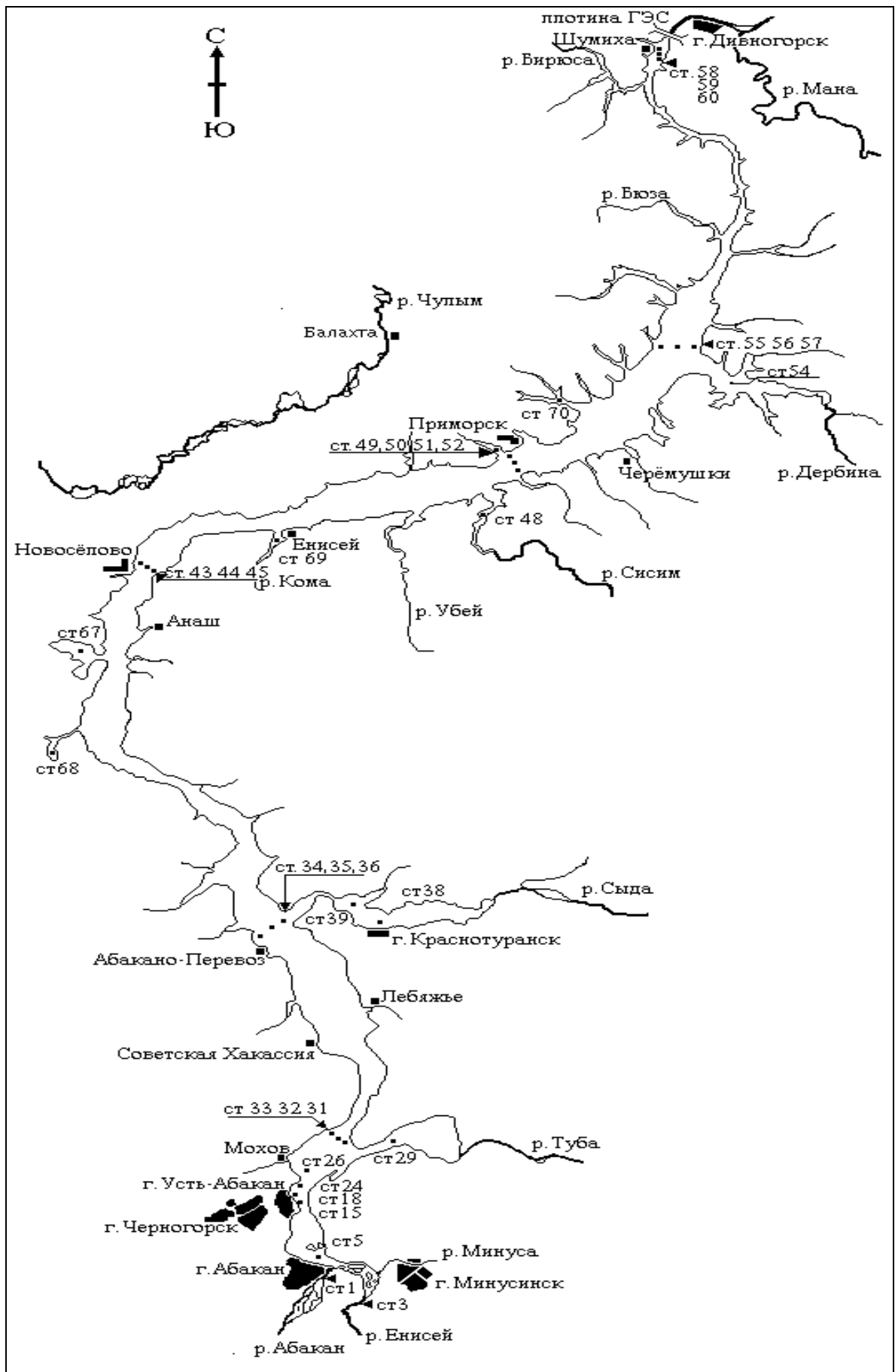
С учетом сложности рельефа ложа водного объекта, наличия стоковых течений и других его гидрологических характеристик условно выделены верхняя, средняя и нижняя его части водохранилища. Верхняя часть водохранилища простирается от г. Абакана до п. Батени (рисунок 7).

Левый берег водоема в этой части преимущественно пологий, а для правого характерны выходы коренных пород. Крупные заливы этой части водохранилища – заливы рр. Туба и Сыда. При анализе водной экосистемы в рамках верхней части выделяются плесовые расширения – Усть-Абаканский, Моховский и Краснотуранский плесы (рисунок 8). Максимальная ширина открытых плесов достигает 15 км, наибольшие глубины составляют 6-36 м [17, 22, 53].

Средняя часть тянется от п. Батени до залива Огур, располагаясь в пределах Енисейско-Чулымской котловины и отрогов Минусинской впадины и Восточных Саян. В рассматриваемой части водохранилища отмечается наибольшее разрушение берегов, которые сложены легко разрушаемыми породами. Выделяют Новоселовский и Приморский плесы (максимальная ширина до 14 км, глубины – 34-70 м). В месте впадения рек расположены заливы Сисим, Кокса, Черный, Кома. Нижняя часть водного объекта находится в пределах Восточных Саян и имеет фьордообразные заливы (Огур, Дербина). Она включает в себя Щетинкинский и Приплотинный плесы.



Рисунок 7 – Карта-схема Красноярского водохранилища [32]



(плесы и ст. 1-60 – пункты контроля на Красноярском водохранилище)
 Рисунок 8 – Карта-схема Красноярского водохранилища [17]

Участок протяженностью более 60 км перед плотиной Красноярской ГЭС имеет ширину 2-2,5 км, глубины варьируют от 85 до 110 м [17, 46].

В процессе создания водохранилища были затоплены земли Емельяновского, Балахтинского, Даурского, Новоселовского, Краснотуранского и Минусинского районов Красноярского края, а также Боградского и Усть-Абаканского районов Республики Хакасия. В зону затопления попало 132 населенных пункта, переселено 60 тыс. человек, перебазировано почти 14 тыс. строений и несколько десятков предприятий.

2.2 Особенности гидрологического, гидротермического и гидрохимического режимов водохранилища

Течение. Исследование характера течения, ветрового волнения в Красноярском водохранилище осуществлены Кусковым В. С. и др. [53], Космаковым И. В., Крицким В. А. и др. [54]. Движение водных масс водохранилища обусловлено преимущественно стоком через ГЭС, ветровым режимом, сезонными циркуляциями вод. Скорость течения воды закономерно уменьшается вдоль оси водоема от зоны подпора (0,14 м/с) до плотины ГЭС (0,02-0,05 м/с). По сравнению с речными условиями до момента создания водного объекта скорость стокового течения уменьшилась в 10 раз. На Красноярском водохранилище сформировались ветровые, дрейфовые и компенсационные течения. Сила ветра как двигателя водных масс в водоеме максимальна осенью при ветрах северного и южного направлений. На период октябрь-ноябрь приходится более 55 % от общего числа штормов. Ежегодно бывают штормы продолжительностью в несколько часов при скорости ветра 20 м/с и более. При средней скорости ветра 17 м/с течение в поверхностном слое достигает 0,42 м/с (район пос. Новоселово) [2, 17]. Время добегаания воды от верховья водохранилища к нижнему бьефу в период нормальной эксплуатации составляет 75-85 суток, в многоводные годы вследствие интенсивного водообмена снижается до 30-40 суток [16].

Водообмен. Основной характеристикой внешнего водообмена сточных водоемов является коэффициент водообмена K_v , определяемый как отношение стока из водоема $V_{ст}$ за определенный интервал времени к среднему объему воды водного объекта V_v за тот же временной период. Данный коэффициент показывает, сколько раз в течение года или месяца сменится объем водоема. Период, в течение которого происходит полный водообмен, рассматривается в качестве показателя водообмена (P_v) и рассчитывается как соотношение $V_v/V_{ст}$. В глубоководном Красноярском водохранилище, показатели варьирует от 1,0-1,8 [17, 22, 41]. Показатель водообмена данного водного объекта, по Исаеву А. И. и др., составляет 10-11 месяцев. По величине коэффициент водообмена Красноярское водохранилище ближе к Хантайскому водохранилищу (1,8), выше, чем в Братском водохранилище (0,60), в 3,8 раза ниже, чем в Новосибирском водохранилище (7,0) [4, 9, 42, 83].

Уровневый режим и водный баланс. Характер поведения уровня воды водохранилища обусловлен, главным образом, режимом работы Красноярской ГЭС и величиной притока воды в водоем. Осуществляя сезонное регулирование стока, ГЭС ежегодно заполняет водный объект до определенной отметки и затем в течение нескольких месяцев опорожняет его. По динамике максимального уровня воды в Красноярском водохранилище за анализируемый период с 1978 по 2005 год выделяют (таблица 5):

- маловодные 1981, 1989, 1990, 1993, 1996, 1997, 1998, 1999, 2002, 2003 годы;
- средневодные 1978, 1979, 1982, 1991, 1994, 2000, 2005 годы;
- многоводные 1980, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1992, 1995, 2001, 2004 годы.

Таблица 5 – Динамика водности Красноярского водохранилища (1977-2005 гг.)

Год	Максимальный уровень воды, Н	Уровень воды от УМО, м	Степень водности
1977	243,40	18,4	многоводный
1978	240,22	15,22	средневодный
1979	240,88	15,88	средневодный
1980	243,29	18,29	многоводный
1981	230,46	5,46	маловодный
1982	240,06	15,06	средневодный
1983	242,96	17,96	многоводный
1984	243,27	18,27	многоводный
1985	243,20	18,20	многоводный
1986	242,55	17,55	многоводный
1987	242,85	17,85	многоводный
1988	242,78	17,78	многоводный
1989	235,93	10,93	маловодный
1990	230,79	5,79	маловодный
1991	238,41	13,41	средневодный
1992	242,97	17,91	многоводный
1993	236,63	11,63	маловодный
1994	239,31	14,31	средневодный
1995	242,74	17,74	многоводный
1996	232,58	7,85	маловодный
1997	234,80	9,80	маловодный
1998	232,88	7,88	маловодный
1999	235,79	10,79	маловодный
2000	238,56	13,56	средневодный
2001	241,07	16,07	многоводный
2002	235,88	10,88	маловодный
2003	235,49	10,49	маловодный
2004	242,39	17,39	многоводный
2005	238,35	13,35	средневодный

Максимальная амплитуда колебания уровня воды период эксплуатации водохранилища составляет около 21 м, т. е. на 3 м превышая проектную величину. Наименьшая амплитуда зафиксирована в маловодный 1981 год, когда уровень воды был ниже НПУ на 12 м. При анализе характера внутригодовой и сезонной динамики уровня воды не обнаружено четкой зависимости от водности года.

В годовой динамике уровневого режима выделяются три фазы: 1) весеннего наполнения; 2) летне-осеннего; 3) осенне-зимней сработки.

Начало этапа весеннего наполнения связано с началом половодья на реке Енисей и его основных притоках. Подъем уровня воды начинается, как только величина притока становится больше величины отдачи Красноярской ГЭС в нижней бьеф. Продолжительность фазы весеннего наполнения зависит как от величины объема суммарного притока воды в водохранилище, так и от интенсивности этого притока, варьирует эта фаза в пределах 74-140 дней, интенсивность наполнения достигает 90 см/сут., средняя – 17 см/сут.

Фаза летне-осеннего стояния в исследуемом водоеме характеризуется равенством величины притока в верхний бьеф и отдачей ГЭС, или их весьма близкими значениями. На этой фазе наблюдаются наибольшие значения уровней. Продолжительность данной фазы составляет 80-90 дней, средняя величина изменения уровня 2 см/сут.

Фаза осенне-зимней сработки в водохранилище характеризуется большой величиной отдачи воды ГЭС через плотину по сравнению с притоком. Эта фаза примерно совпадает с периодом межени на Енисее и притоках, а за ее начало принимается завершение хаотических колебаний уровня, когда начинается его непрерывный спад. Наибольшие и средние суточные изменения уровня на фазе сработки соответствуют 23 и 8 см [17, 21].

Водный баланс. Наиболее существенный вклад в долю приходной составляющей баланса несут реки Енисей, Абакан, Туба (90-95 %). Около 6 % приходится на боковую приточность, 3 % составляют атмосферные осадки, стаявший лед и фильтрация. В расходной части 95-97 % приходится на сброс через гидроузел и 3-5 % на испарение и фильтрацию. Характер регулирования, водность рек, выпадающих в водоем, влияют на соотношение всех элементов водного баланса в различные годы его функционирования. В 1978 г. годовой приход составил 80,7 км³, к 1992 г. он возрос до 107,5 км³.

В расходной составляющей водного баланса отмечено снижение от 86,9 км³/год (1978 г.) до 74,0 км³/год (1991 г.) – и увеличение до 96,3 км³ в 1992 г. Так, в динамике водного баланса с 1978 г. к 1992 г. наблюдается увеличение всех элементов, кроме совокупной аккумуляции в грунтах, имеющих максимум – 13,2 км³ [17, 46].

Температура. Годовой термический цикл воды Красноярского водохранилища соответствует циклу глубоководных водоемов и подразделяется по классификации Пеховича А. И. на 5 периодов: весеннее нагревание, летнее прогревание, летне-осеннее охлаждение, осенне-зимнее охлаждение и период низких температур под ледяным покровом [65]. Для развития биоты наиболее значимые – периоды летнего прогревания и летне-осеннего охлаждения, т.е. это вегетаци-

онный период, охватывающий в Красноярском водохранилище июнь – август. Пространственно-временная амплитуда колебаний температуры воды у поверхности в июне – августе в целом невелика и находится в диапазоне от 14 до 20 °С. В распределении температуры по длине (верхняя, средняя, нижняя части) водохранилища четкой закономерности не отмечено [43].

Вода Красноярского водохранилища характеризуется как слабоминерализованная, мягкая, относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы [2, 17].

2.3 Характеристика биотической составляющей водной экосистемы

Фитопланктон. В составе фитопланктона Красноярского водохранилища было обнаружено 240 таксонов водорослей, включающих 84 рода, 48 семейств, 7 отделов. Наиболее разнообразным являлся отдел диатомовых водорослей (49 % от видового состава), затем зеленых (33 %) и синезеленых (12 %). Доля золотистых, динофитовых, эвгленовых, криптофитовых водорослей в фитопланктоне незначительна. С 10-12 гг. функционирования водохранилища появилась тенденция к обеднению видового состава фитопланктона.

Наибольшее видовое разнообразие характерно для верховья водохранилища ($H=0,1-3,2$ бит), где развиты реофильный и лимнофильный комплексы водорослей, в основном представители рр. *Cyclotella*, *Diatoma*, *Nitzschia*. В средней части водохранилища преобладают диатомовые: *Ankistrodesmus pseudo mirabilis* Korschik, *Asterionella formosa* Hass. К низовью индекс видового разнообразия снижается ($H=0,25-2,06$ бит). Основу составляют лимнофильные виды. На долю диатомовых приходится 95 % от общей численности. В сезонной динамике видового состава зарегистрировано снижение биоразнообразия от июня к августу. Максимальные значения плотности фитоценозов обусловлены развитием синезеленых и диатомовых водорослей. В августе большинства лет зарегистрировано «цветение» вод практически по всей акватории водоема за счет синезеленых водорослей. Основной агент «цветения» – *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs [17, 68, 84].

В сезонной динамике структурных характеристик фитопланктона стабилизировался общебиологический цикл: численность диатомовых от июня к августу снижается (в 4-5 раз); сине-зеленых возрастает (в 15-1000 раз). Пик развития фитопланктона совпадает с максимальным уровнем наполнения водохранилища и наибольшим прогревом воды. Глубоководность водоема определяет специфику вертикального распределения водорослей: по всем районам плотность фитоценоза в кубометре нетрофогенного столба воды существенно выше, чем в трофогенном. В межгодовой динамике за период исследований варьирование численности фитопланктона составляет 519-57261 млн.кл/м³ и биомассы 444-5990 мг/м³. Трофический статус водохранилища, установленный по величинам биомассы фитопланктона, колеблется от олиготрофного уровня до гиперэвтрофного. Первичная продукция планктона в Красноярском водохранилище в среднем за вегетационный сезон составляет 14,6-16,9 ккал/м³сут. Интенсивнее органическое вещество

продуцируется в эпилимнионе средней части водохранилища. Большую роль в формировании первичной продукции планктона водохранилища играют заливы, где в отдельные годы продуцируется до 74 % органического вещества водоема. Деструкция органического вещества планктоном в среднем составляет 25,9 ккал/м³сут, в 1,7 раза превышая значения первичной продукции.

Качество воды Красноярского водохранилища по индексу сапробности и комплексу структурно-функциональных показателей фитопланктона оценивалось в среднем II-III классами (вода «чистая» – «умеренно загрязненная»). В течение 35-го периода функционирования водохранилища оно неизменно соответствовало III классу β -мезосапробной зоны по всем плесовым районам, в последующие годы оно улучшилось до II класса α -олигосапробной зоны. Наиболее неблагоприятная обстановка зарегистрирована в верхней (Краснотуранский плес), где в годы максимального развития сине-зеленых водорослей качество воды оценивалось IV классом (вода «загрязненная»). По комплексу массовых видов фитопланктон Красноярского водохранилища прошел все сукцессионные стадии: от олиготрофии в начале функционирования до эвтрофной стадии в 1991-1993 гг., затем вновь перешел в стадию мезотрофии. В настоящее время трофический статус водохранилища соответствует мезотрофному типу с чертами эвтрофии. [17, 68].

Бактериопланктон. Преобладающей формой микроорганизмов водохранилища являются кокки (94 %). При увеличении содержания органического вещества антропогенного характера возрастает число палочек. Соотношение морфологических форм коковидных и палочковидных составляет в разные годы от 5:5 до 9:1. Средневегетационная численность бактериального населения варьирует от 1,5 до 4,5 млн. кл/мл, биомасса от 0,6 до 3,5 г/м³. Максимальные значения плотности бактериопланктона в большинстве лет отмечены в верхнем районе (5,4 млн. кл/мл), минимальные – в нижнем (1,0 млн. кл/мл). Вертикальное распределение бактериального населения варьирует по сезонам: в июне бактерии распределяются равномерно, либо с максимумом у поверхности; в июле - с максимумом у поверхности или гипolimнионе; в августе наибольшая численность бактериопланктона зарегистрирована в мета- и гипolimнионе. Численность гетеротрофных бактерий в среднем за вегетационный период изменяется от 0,7 до 19,6 тыс.кл/мл. Максимум численности гетеротрофов наблюдается в августе. Скорость потребления кислорода одной бактериальной клеткой за час высока по всей акватории водохранилища (6,4·10⁻¹² мгО₂/кл·ч). Средневегетационные значения продукции бактериопланктона изменяются от 0,3 до 1,9 ккал/м³сут. Меньшие значения продукции совпадают с высоким временем удвоения (85 часов), а большие – с низким (28 часов) при равной общей численности бактериопланктона 2,2 млн. кл/мл. Средний показатель микробиологической деструкции органического вещества варьирует от 1,7 до 14,4 ккал/м³сут. Красноярское водохранилище по общей численности бактериопланктона оценивается как эвтрофный водоем с мезотрофными участками. По средним показателям численности бактериопланктона водоем в целом оценивается III классом качества (вода «умеренно загрязненная», «малотоксичная») [17, 26].

Зоопланктон. С 1979 г. по настоящее время в составе зоопланктона было зарегистрировано 109 видов и форм, из них коловраток – 43, кладоцер – 42, копепод – 24. По мере становления водоема происходило упрощение видовой структуры зоопланктона. К 1979-1980 гг. число видов сократилось до 69 – 72, а с 2005 их отмечено всего 35. Для верховья водохранилища в июне в течение всех изученных лет характерен каловраточно-кладоцерный комплекс. Преобладают *Synchaetasp.*, *Conochilus unicornis* Rousselet. Индекс видового разнообразия имеет максимальное значение – $H=1,5$ бит. На среднем и нижнем участках водохранилища развивается коловраточно-копеподный комплекс, с доминантами *Kellikottia longispina* Kellicott, *Keratella quadrata* (O.F.Muller), *Bosmina longirostris* (O.F.Muller), р. *Cyclops*. К июлю, в период прогрева воды, во всех частях водоема увеличивается численность крупных видов кладоцер *Diaphanos otabrachiurum* (Liev), *Daphnia longispina* (O.F.Muller), особенно на участках «цветения» воды сине-зелеными водорослями. В августе кладоцеры исчезают или их численность минимальна. Средневегетационная численность зоопланктона изменяется от 12 до 28 тыс.экз/м³ и варьирует по акватории с максимумом в средней части. Наименьшее количество зоопланктона (56 тыс.экз/м³) отмечено в средней части водохранилища, наибольшее (153 тыс.экз/м³) – в верховье. Распределение зоопланктона по вертикали в столбе воды однотипно по всему водоему. В кубометре трофогенного слоя сосредоточено от 60 % до 83 % общей численности зоопланктона.

Зоопланктон играет важную индикаторную роль в диагностике состояния водных экосистем. Данные биологического анализа качества вод по показателям зоопланктонных сообществ характеризуют Красноярское водохранилище как о-β-мезосапробное. Качество воды по индексу сапробности оценивалось II-III классами (вода «чистая» – «умеренно загрязненная»). По величине биомассы зоопланктона Красноярское водохранилище за период исследования оценивается как олиготрофное с мезотрофными участками [17, 80].

Зообентос. За весь исследуемый период в составе бентофауны водохранилища выявлено 326 видов и форм донных беспозвоночных, относящихся к 10 классам. Из крупных таксонов наиболее широко представлены классы насекомых и олигохет, менее значительно – пиявок, двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Отмечены единичные представители нематод, планарий, клещей, ракообразных. Ведущая роль принадлежит личинкам хирономид (из насекомых) – 179 видов, меньше ручейников, поденок, веснянок, клопов и жуков. Второй крупный таксон бентофауны водохранилища – олигохеты – включает 48 видов. Комплекс видов-доминантов, повсеместно распространенных по водохранилищу, составляют пять видов: *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Chironomus plumosus*, *Procladius ferrugineus*, *Polypedilum convictum*. В формировании донных биоценозов водохранилища выделены основные этапы: первый, продолжающийся до 10-11 годов функционирования, характеризуется доминированием реофильных и временных комплексов с максимальным видовым разнообразием (H до 4,9 бит), второй – упрощением видовой структуры (H до 3,1 бит), однообразным распределением по бентали, завершением сукцессионны

х стадий развития [45, 46, 48]. Наиболее сформированными в настоящее время являются биоценозы серых илов и илистых песков, составляющих по обилию более 60 % от всей бентофауны. Стадии «мотыля» в Красноярском водохранилище не отмечено. Природные циклы в динамике донных сообществ связаны с характером поступления автохтонного и аллохтонного вещества в водоем. Структура зообентоса существенно варьирует в пространственно-временном аспекте: по оси водохранилища от верховья к плотине упрощается видовая структура ($N_{\text{верх}}=0,7-4,9$, $N_{\text{низ}}=0,2-1,4$ бит), снижается численность ($N_{\text{верх}}=4,89$ тыс.экз/м², $N_{\text{низ}}=2,23$ тыс.экз/м²); от литорали к профундальной зоне упрощается видовая структура, уменьшается плотность, зона максимального развития бентофауны соответствует глубинам 10-30 м, от изобат более 40 м повсеместно доминируют *Tubifextubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri* ($N_{\text{max}}=18,40$ и $11,04$ тыс.экз/м² соответственно) [17, 47, 49].

Донные сообщества, благодаря приуроченности к определенному биотопу, незначительным перемещениям в лимнических, особенно глубоководных экосистемах, и достаточно продолжительному циклу развития, наиболее полно аккумулируют всю поступающую в водоем информацию по загрязнению, являясь одним из существенных компонентов мониторинга Красноярского водохранилища.

Качество воды водоема по индексу сапробности и комплексу структурно-функциональных показателей бентофауны практически на всех участках водохранилища характеризуются как β -мезосапробное (III класс качества вод, вода «умеренно загрязненная»). Исключение составляет Краснотуранском плес (район сброса сточных вод), где значение индекса сапробности соответствует уровню α -мезосапробной зоны (IV класс качества вод, вода «грязная»). Трофический статус водохранилища по величинам биомассы зообентоса соответствует мезотрофному типу [50, 51].

Ихтиофауна Красноярского водохранилища представлена 23 видами рыб, из которых 18 жилых форм и 5 акклиматизированных. Лещ – *Abramisbrama* (Linne), пелядь – *Coregonuspeled* (Gmelin), омуль байкальский – *Coregonus migratorius* Georgi и ряпушка озерная – *Coregonus sardinella* Var. внесены после создания водохранилища, карп - *Cyprinuscarpio* (Linne) проник в него из озер юга Красноярского края по системе малых рек и ручьев. Видовая структура фауны рыб на 95,5 % состоит из представителей лимнофильного комплекса. Реофилы не нашли необходимых условий для размножения и встречаются только в притоках водохранилища, зоне подпора, затопленных руслах реки Енисей выше подпора. Доминирующие виды: окунь - *Percafluviatilis* (Linne), плотва сибирская – *Rutilusrutilus lacustris* Pallas, лещ – *Abramisbrama*, распространенные по всей акватории водохранилища. Плотва сибирская является основой промысла и составляет 63-96 % от общего вылова. Основные места обитания перечисленных видов – заливы, прибрежные участки плесов. Нерестятся в верховье водохранилища в конце мая – начале июня, в средней и нижней частях водоема с опозданием на 8-10, реже 20 дней (на глубине 2-4 м у берега). Начало нереста определяется в первую очередь уровневый режимом и температурой воды. Особи младших возра-

тных групп обитают в июле - августе преимущественно в прибрежной зоне на глубине 10 м.

Наибольшие показатели индивидуальной и относительной плодовитости характерны для леща и варьируют от 36 до 265 и от 57 до 126 икринок на грамм массы тела соответственно. Большое влияние на репродукцию рыб оказывает уровень воды в водохранилище. При его сработке осушаются мелководья и фитофильные виды (плотва, лещ) лишаются нерестового субстрата. В питании молоди плотвы и леща преобладают веслоногие и ветвистоусые рачки (до 64 % по массе). Молодь окуня потребляет как планктонных рачков (64 %), так и личинок хирономид (до 53 % в заливе Сыда) [17, 62].

В последние годы увеличилась инвазия леща и плотвы ремнецом *Ligula intestinalis* Linnaeus, окуня и других хищных рыб – лентецом широким *Diphyllbothrium latum* Linnaeus (49 % зараженных) и нематодой *Cammallanus lacustris* Zoega (63 %). У рыб отмечены патологические изменения в крови - выход ядер и гемоглобина из клеток, amitotическое деление эритроцитов. Подобные изменения встречаются в основном у видов, обитающих в загрязненных районах [25, 57]. Содержание хлорорганических пестицидов в тканях тела рыб не превышает допустимую остаточную концентрацию. В тканях рыб регистрируются продукты распада гербицидов.

3 Источники загрязнения Красноярского водохранилища

В настоящее время антропогенное загрязнение природных вод приобрело глобальный характер и существенно сократило доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды на нашей планете. Загрязнение природных вод представляет собой, прежде всего, снижение их биосферных функций и экономического значения в результате поступления в них вредных загрязнителей [34, 64].

Под загрязнением воды принято понимать изменение химического, физического состояния или биологических характеристик воды, ограничивающее дальнейшее ее употребление. При всех типах водопользования меняется либо физическое состояние (при нагревании и пр.), либо химический состав воды (при поступлении загрязнителей со временем изменяющихся в водной среде или остающихся в ней неизменными).

Загрязнение водоемов происходит в результате естественных природных процессов (с дождевыми водами, при смыве с берегов, в процессе развития и отмирания животных и растительных организмов, находящихся в водоеме) без какого-либо участия влияния человека или искусственным путем (антропогенное загрязнение), возникающее главным образом, в результате спуска в водные объекты сточных вод от промышленных предприятий и населенных пунктов. В настоящее время общая мощность источников антропогенного загрязнения во многих случаях превосходит мощность естественных [18, 21, 37].

Поступающие в водные объекты загрязнения в зависимости от их объема и состава могут оказывать на него различное влияние: меняются физические свойства водной среды (прозрачность, цветность воды, запахи и привкусы); появляются плавающие вещества на поверхности водоемов и образуются осадочные отложения на дне; изменяется химический состав воды (реакция среды, содержание органических и неорганических веществ, появляются вредные вещества и др.); уменьшается концентрация растворенного в воде кислорода, из-за активного потребления его на окисление поступивших органических загрязняющих веществ; появляются болезнетворные бактерии, вносимые со сточными водами. В результате загрязненные водные объекты становятся непригодными для питьевого, а иногда и для технического водоснабжения; в них ихтиофауна [10, 27, 44, 82].

Одним из основных загрязнителей воды является нефть и нефтепродукты, попадающие в воду как в результате естественных ее выходов в районах залегания, так и в процессе нефтедобычи, транспортировки, переработки и использования нефти в качестве топлива и промышленного сырья. Среди продуктов промышленного производства особое место по своему отрицательному воздействию на водную среду и живые организмы занимают токсичные синтетические вещества, которые широко используются в промышленности, на транспорте, в коммунально-бытовом хозяйстве. Концентрация данных соединений в стоках, часто, составляет 5-17 мг/л (ПДК = 0,1 мг/л). Благодаря способности к пенообразованию уже при концентрации 1 мг/л, эти вещества могут образовывать в водоемах слой пены, особенно хорошо заметный на порогах и перекатах, шлюзах. К числу

опасных загрязнителей относят металлы (ртуть, свинец, цинк, медь, хром, олово, марганец), радиоактивные элементы, а также ядохимикаты, поступающие с сельскохозяйственных полей, и стоки животноводческих ферм. Значительное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий, смывается с сельскохозяйственных территорий. В основном они попадают в водные объекты (водоемы и водотоки) без какой-либо очистки, а поэтому содержат высокую концентрацию органических веществ, биогенных элементов и других загрязнителей [20, 58].

Основными источниками антропогенного загрязнения поверхностных водных объектов является сброс недостаточно очищенных сточных канализационных вод промышленных предприятий и поверхностный сток с территорий населенных пунктов, расположенных вблизи водоемов. В пригородной зоне наибольшее негативное влияние среди источников загрязнения оказывают несанкционированные мусорные свалки. Вода поверхностных водоемов может также загрязняться вследствие использования водоема для мойки автомобильного транспорта, отдыха населения и др. [34, 38, 78].

Главным потребителем пресной воды является сельское хозяйство (на нужды уходит 60-80 % всей пресной воды), при этом велик ее безвозвратный расход (особенно на орошение). В сельской местности водоемы подвергаются загрязнению, особенно в паводковый период, стоками с полей, фермерских хозяйств, садовых участков. Сельскохозяйственное производство без очистных сооружений и применение ядохимикатов на полях приводят к интенсивному загрязнению водной среды вредными соединениями, в результате прямого внесения ядохимикатов при обработке водоемов для борьбы с вредителями, поступления в водные объекты стоков с поверхности обработанных сельхозугодий, при сбросе в водоемы отходов производителей продукции, в результате потерь при транспортировке и хранении; при поступлении с атмосферными осадками. Сельскохозяйственные стоки содержат значительное количество остатков удобрений (азота, фосфора, калия), вносимых на поля. Большие количества органических соединений азота и фосфора попадают также со стоками животноводческих ферм и с канализационными стоками. Повышение концентрации загрязняющих веществ в водоеме приводит к нарушению биологического равновесия в водной экосистеме [8, 19, 56].

На исследуемом Красноярском водохранилище в основном преобладают загрязнения от хозяйственно-бытовых, промышленных, сельскохозяйственных стоков, водного транспорта.

К числу наиболее крупных населенных пунктов, расположенных на берегу водохранилища, относят районы: Усть-Абаканский (Республика Хакасия), Краснотуранский и Новоселовский (Красноярский край).

Усть-Абаканский район располагается в центральной части Республики Хакасия, пересекая ее с востока на запад, в степи Минусинской котловины, на левобережной стороне Красноярского водохранилища. На востоке район граничит с Красноярским краем, на западе имеет общую границу с Кемеровской областью. Общая площадь Усть-Абаканского района составляет более 8,88 тыс. км².

В районе находится 39 населенных пунктов. Население составляет 41,719 тыс. человек. В экономике данного района главное место занимает сельскохозяйственное производство (животноводство, растениеводство, рыбоводство). Основой промышленности является добыча полезных ископаемых (золотодобыча) и переработка древесины. Крупными промышленными предприятиями являются кирпичный завод ООО «Усть-Абаканское», золотодобывающая компания «Золотая звезда», АО «Уйбатский леспромхоз»; сельскохозяйственными – закрытое АО «Усть-Абаканский» (овощи), АО «Птицевод» (производство яиц и диетического мяса).

Административный центр Усть-Абаканского – поселок городского типа Усть-Абакан (рисунок 9). Площадь его превышает 4 тыс. га. Численность населения поселка составляет 15,6 тыс. человек. В городских условиях (пгт Усть-Абакан) проживают 36,9 % населения района. Очистные сооружения Усть-Абакана являются крупнейшими в республике Хакасия, производящими очистку сточных вод гг. Абакан, Черногорск, п. Усть-Абакан, и расположенных вблизи небольших населенных пунктов. В сутки через специальное оборудование (решетки, песколовки, отстойники, аэротэнки) проходит более 80 тыс. м³ стоков, которые отводятся в Красноярское водохранилище [24, 25, 32].

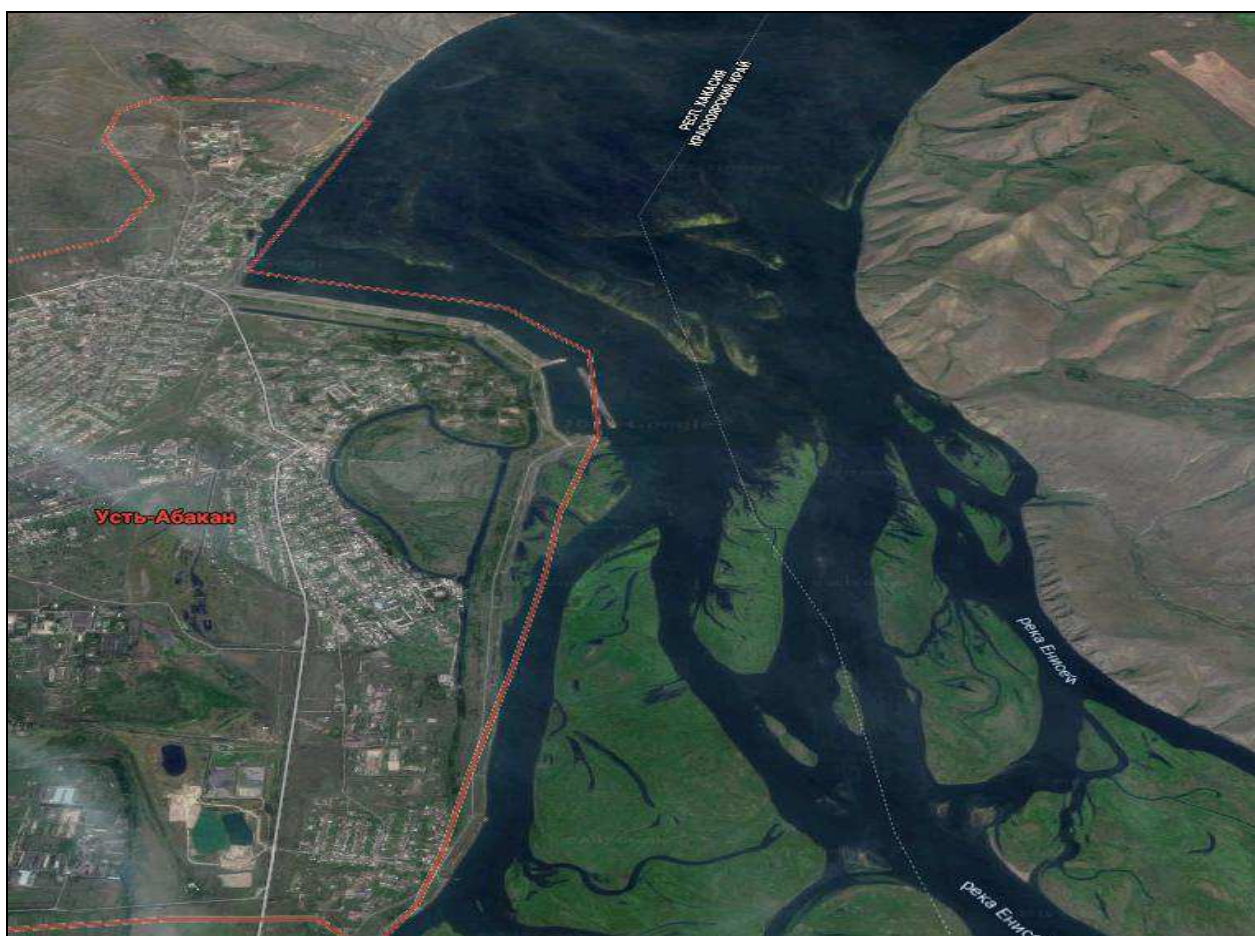


Рисунок 9 – Местоположение пгт Усть-Абакана (левый берег Красноярского водохранилища) [11]

Краснотуранский район находится на юге Красноярского края, в центре Минусинской котловины, на правом берегу реки Енисей, с востока омывается Красноярским водохранилищем, северную и южную части разделяет Сыдинский залив. Район граничит на севере с Новоселовским районом, на северо-востоке с Балахтинским районом, на юге с Минусинским районом, на востоке – с Идринским и Курагинским районами, на западе с Богградским районом (Республика Хакасия). На территории Краснотуранского района расположено 25 населенных пунктов, образующих девять сельских поселений. Численность населения составляет свыше 17 тыс. чел. Данный район имеет благоприятные условия для развития земледелия. Экономика представлена преимущественно предприятиями сельскохозяйственной отрасли, перерабатывающей промышленности, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства. В число крупных предприятий входят АО «ТУБИНСК», ООО «Кормбикорн», АО Племзавод «Краснотуранский», перерабатывающе-сбытовой сельскохозяйственный потребительский кооператив «АГРОСИБКМ-М», ООО «Краснотуранский ремсельбурвод», ГП КК «Краснотуранское автотранспортное предприятие», Краснотуранское районное МПП ЖКХ. Для развития горнодобывающей промышленности район не располагает разведанными сырьевыми ресурсами, несмотря на то, что на его территории находятся месторождения угля, железа, марганца, свинца, цинка, меди, алюминия, молибдена, золота, урана, флюорита, исландского шпата, фосфоритов, каолина, строительных материалов

Административный центр Краснотуранского района – село Краснотуранск, расположенный на юге Красноярского края, на левом берегу Сыдинского залива Красноярского водохранилища (рисунки 10).

Численность населения составляет 15 тыс. чел. В поселке имеется обустроенное жилье и промышленное производство, однако существует проблема обеспечения населения питьевой водой и очистки сточных вод. Краснотуранские очистные сооружения обслуживают систему канализации Краснотуранского, Лебяжьего, Кортузского, Н-Сыдинского производственных участков и очистные сооружения села Краснотуранск. Общая протяженность канализационных сетей превышает 29 км. Очистные сооружения Краснотуранска были созданы с отклонениями от проекта и введены в эксплуатацию с серьезными недоделками (с момента пуска сооружений не работает биофильтр и сточные воды в основном только осветляются), в результате чего недостаточно очищенные сточные воды отводятся непосредственно в Красноярское водохранилище [25, 30, 31].

Новоселовский район расположен на юго-западе Красноярского края на границе с Республикой Хакасия. С севера и северо-востока граничит с Балахтинским районом, на востоке и юго-востоке с Краснотуранским районом, на юго-западе с Хакасией, на северо-западе с Ужурским районом. Территория, занимаемая районом составляет 3,881 тыс. км². В настоящее время в районе находится 30 населенных пунктов. Население составляет 12,969 тыс. человек.

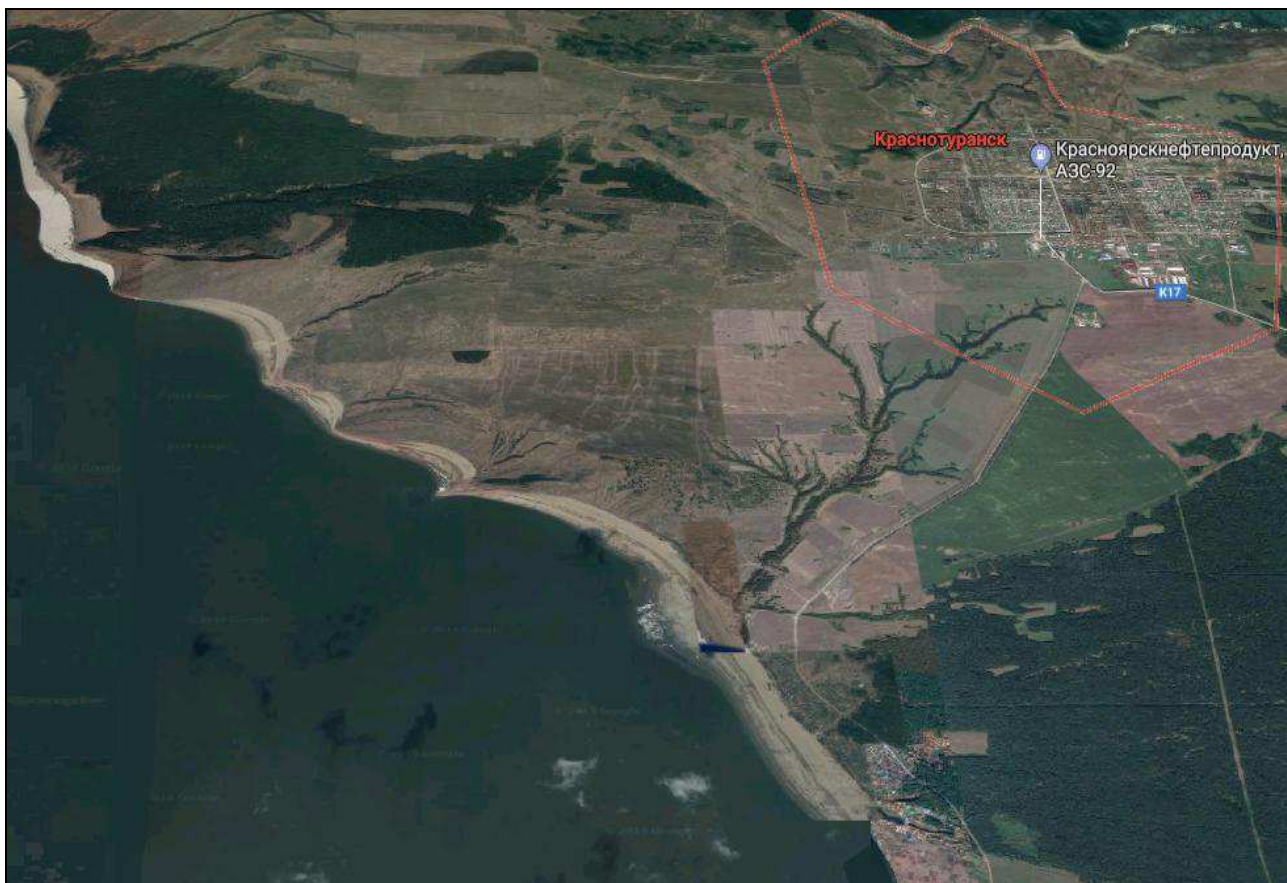


Рисунок 10 – Местоположение с. Краснотуранск (правый берег Красноярского водохранилища) [11]

Территорию Новоселовского района пересекает с юга на северо-восток Красноярское водохранилище, разделяя его на правобережную и левобережную части. Площадь водного объекта в пределах района составляет более 430 км². Длина береговой линии Новоселовского участка водохранилища достигает 260 км. Запас воды в водохранилище свыше 70 млрд.м³, на Новоселовский отрезок водохранилища при максимальном уровне водной поверхности приходится около 18 млрд. м³ воды, (т. е. 26 % от общего объема водоема) [32, 33].

Особенностью географического положения Новоселовского района является его расположение в центре земледельческой части Красноярского края с наиболее благоприятными агроклиматическими ресурсами и плодородными почвами, обширными пастбищами, наличие которых и определило специализацию экономики района – земледелие и животноводство. Крупными предприятиями по производству зерна, молока, переработки продукции являются сельхозпредприятия «Бараитское», «Игрышенское», «Интикульское», «Легостаевское», «Новоселово», «Светлолобовское», «Анашенское», «Комское». Лесные богатства правобережной части района дают возможность для развития лесной отрасли. Крупные месторождения полезных ископаемых в районе отсутствуют, добываются только полезные ископаемые (песчаники, граниты, сиениты), применяемые для строительства зданий с бетонными стенами, ремонта и строительства дорог; у юго-восточной границы района на правобережье встречаются месторождения

низкокачественного мрамора, разрабатываемые для строительства дорог. К основным промышленным предприятиям можно отнести ГПКК «Новоселовское АТП» (грузопассажирские перевозки), Новоселовский филиал ГП «КрайДЭО» (строительство, ремонт и содержание автомобильных дорог). Отрицательным фактором, влияющим на развития экономики района, является удаленность от крупных промышленных центров, железнодорожных станций, месторождений полезных ископаемых [25].

Пересечение территории района водохранилищем способствует развитию речного транспортного сообщения, но в свою очередь затрудняет сообщение между правобережной и левобережной частями района для автомобильного транспорта. По водохранилищу в теплое время года налажена паромная переправа между левобережной паромной пристанью «Новоселово» и правобережной – «Улазы», действует мощный большой паром морского типа, в зимнее время по льду водохранилища организуется движение автотранспорта.

Село Новоселово является административным центром Новоселовского района и расположено на левом берегу Красноярского водохранилища (рисунок 11). Население его составляет 5,69 тыс. человек. В селе находится автостанция, на которую заезжают все автобусы, следующие по основной трассе.



Рисунок 11 – Местоположение с. Новоселово (левый берег Новоселовского плеса Красноярского водохранилища) [11]

Канализационные очистные сооружения в селе были построены еще в 1985 г. с грубыми отклонениями от проекта и строительным браком, в результате чего с момента запуска их в работу происходит только механическая очистка сточных

вод, биологическая не осуществляется, биофильтры не работают. Схема обеззараживания не соответствует проекту. Сточные воды с очистных сооружений отводятся также непосредственно в Красноярское водохранилище [25, 32].

Сброс недостаточно очищенных сточных канализационных вод промышленных предприятий и поверхностный сток с территорий населенных пунктов исследуемого района является основным источником загрязнения поверхностных вод (таблица 6).

Таблица 6 – Количество сточных вод отводимых с территории крупных районов в водохранилище [32]

Район,	Отведено стоков всего, тыс. м ³	Недостаточно очищенных, тыс. м ³	Процент недостаточно очищенных стоков общего объема отведенных стоков
Усть-Абаканский (Республика Хакасия)	24557	13674	56
Краснотуранский (Красноярский край)	264	249	94
Новоселовский (Красноярский край)	156	148	95

Структура загрязняющих веществ, отведенных в Красноярское водохранилище (по данным государственной статистической отчетности 2-ТП (Водхоз) Енисейского бассейнового водного управления) показана в таблице 7.

Таблица 7 – Структура загрязняющих веществ, отведенных в Красноярское водохранилище [32]

Наименование загрязняющих веществ и показателей	Загрязняющие вещества, отведенные в Красноярское водохранилище, т/год	Наименование загрязняющих веществ и показателей	Загрязняющие вещества, отведенные в Красноярское водохранилище, кг/год
Железо	1679,5	ХПК	1051,3
		Сульфаты	1114
Цинк	212,3	Взвешенные вещества	280,4
		Хлориды	154,3
Фенолы	36,4	БПК _{полн}	103,4
		Азот аммонийный	24,3
Марганец	21,4	Нефтепродукты	12,5
Медь	15,9	Фосфаты	2,4

Наряду с контролируемыми сосредоточенными источниками загрязнения водохранилища в последнее десятилетие существенно возросла роль неконтролируемых источников. Для различных видов хозяйственной деятельности населения отмечается определенная количественная и качественная дифференциация поступления в водохранилище загрязнений. Значительная доля загрязняющих веществ поступает в водохранилище с водосборов в виде рассредоточенного

(диффузного) стока с территорий не канализованных. Чаще всего эти загрязняющие вещества не поддаются точному учету и корректной оценке [28, 77]. Поверхностные воды водоема активно загрязняются вследствие его использования для водопоя животных. Дополнительным источником загрязнения являются ползатопленные бревна, которые в массе прибывает в прибрежную зону водохранилища. На этих участках поверхность воды покрывается серыми грязными пленками и пеной, застаиваясь, она меняет свой состав, в ней накапливаются вредные для человека вещества, и как следствие огромный водный запас водохранилища можно использовать лишь в технических целях и для водопоя животных.

Фактически не учитываются источники загрязнения в виде выпадения из атмосферы; поверхностного стока, особенно в паводковый период, с сельскохозяйственных полей; сточных вод с территорий мелких поселков, не имеющих канализованного стока; стока с находящихся в береговой зоне водоема фермерских хозяйств, садовых участков, спортивных баз и баз отдыха; стока с территорий населенных пунктов, где находятся склады (предназначенные для хранения различных ядовитых химикатов), мастерские, стоянки техники и АЗС; поверхностного стока с несанкционированных полигонов, используемых для складирования хозяйственно-бытовых отходов; загрязнения от рекреации, аварийных и залповых сбросов. Загрязняющие вещества, попадая в поверхностные водоемы, приводят к существенным качественным изменениям воды, которые проявляются в изменении как физических свойств воды (в том числе в появлении неприятных запахов и привкусов), так и в изменении химического состава воды, например, появление в ней вредных химических загрязнителей, наличие плавающих веществ в поверхностном горизонте воды, и их последующее оседание и накопление в донных отложениях водоема.

[Глава 4 – изъята]

[Глава 5 – изъята]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований поверхностных вод Красноярского водохранилища в период 2013-2018 гг. установлено, что основными загрязняющими веществами воды в Красноярском водохранилище, по которым выявлено превышение ПДК_{рыбхоз}, являются тяжелые металлы: железо, медь, марганец, цинк. В настоящее время они рассматриваются в качестве основных компонентов устойчивого загрязнения водохранилища.

Качество воды Красноярского водохранилища по гидрохимическим показателям определено в пределах от 1 класса – вода «условно чистая» до 3 класса, разряд «б» – вода «очень загрязненная». Наибольшее влияние на степень загрязненности поверхностных вод оказывают очистные сооружения п. Краснотуранск и п. Новоселово, сбрасывающие недостаточно очищенные сточные воды непосредственно в водохранилище.

Анализ гидрохимического состояния воды водохранилища показал, что качество воды, оцененное по гидрохимическим показателям, в целом согласуется с данными биологического анализа качества вод по показателям планктонных и бентосных сообществ, играющих также важную индикаторную роль в диагностике состояния водных экосистем.

С учетом размера Красноярского водохранилища, объемов запасов воды в данном водном объекте, а также большой степени антропогенной нагрузки на водную экосистему, существующим количеством постов наблюдений (и створов) по всей акватории водоема сложно обеспечить достаточно репрезентативную информацию о гидрохимическом состоянии воды водохранилища.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авакян, А. Б. Водохранилища / А. Б. Авакян, В. П. Салтанкин, В. А. Шарапов. – Москва : Мысль, 1987. – 326 с.
2. Андреева, Т. Г. Гидрохимическая характеристика Красноярского водохранилища за 1975-1979 гг. / Т. Г. Андреева, И. В. Космаков. // Биологические процессы и самоочищение Красноярского водохранилища. – Красноярск : Изд-во КГУ, 1980. – С. 32-38.
3. Бабкина, И. В. Особенности проектирования подготовки под затопление ложа водохранилищ ГЭС Сибири / И. В. Бабкина. – Красноярск : СибГТУ, 2001.
4. Барабанова, Е. А. Сравнительная геоэкологическая оценка водохранилищ гидроэлектростанций : автореф. дис. по ВАК, канд. географ. наук : 25.00.27 / Барабанова Елена Алексеевна. – Москва, 2001. – 289 с.
5. Безруков, Л. А. Социально-экономические и экологические последствия сооружения ГЭС / Л. А. Безруков, Л. М. Корытный. – Наука, 2007. – 185 с.
6. Биккулова, А. Т. Биоэлементология s-, p-, d-элементов / А. Т. Биккулова, Г. М. Ишмуратова. – Санкт-Петербург : Наука, 1999. – 256 с.
7. Боголюбов, С. А. Экология и экологический мониторинг : учебное пособие / С. А. Боголюбов. – Москва : Знание, 1999. – 300 с.
8. Богославский, Б. Б. Общая гидрология : учебное пособие / Б. Б. Богославский, А. А. Самохин, и др. – Ленинград : Высш. шк, 1984. – 280 с.
9. Васильев, О. Ф. Экологическое состояние Новосибирского водохранилища / О. Ф. Васильев, В. М. Савкин, С. Я. Двуреченская, С. Я. Тарасенко, П. А. Попов, А. Ш. Хабидов // Сибирский экологический журнал. – 2000. – № 2. – С. 149-163.
10. Веселовский, Н. В. О гидрохимической изученности крупных речных бассейнов / Н. В. Веселовский, В. С. Путинцева, Р. К. Манихина // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – С. 124-127.
11. Водные ресурсы [электронный ресурс] : Вода России. – Москва, 2009. – Режим доступа: http://water-ru.ru/Вода_России
12. Водный кодекс Российской Федерации (с изм. на 4.12.2006г.) от 3.06.2006 г. №74-ФЗ. – 2006. – 150 с.
13. Водохранилища России [электронный ресурс] : Сезоны года. – Москва, 2011. – Режим доступа: <https://сезоны-года.рф/водохранилища>
14. Водохранилища Сибири [электронный ресурс] : FISHKI. – Москва, 2004. – Режим доступа: <http://fishki.net/1500869-10-krupnejshih-gjes-rossii>
15. Водохранилища России [электронный ресурс] : ФБ. – Москва, 2016. Режим доступа: <http://fb.ru/article/230595/vodohranilischa-rossii-spisok-opisanie-hozyaustvennoe-znachenie>
16. Волкова, Н. И. Гидрохимическая характеристика Красноярского водохранилища после наполнения // Биологические исследования Красноярского водохранилища. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 36-42.

17. Вышегородцев, А. А. Красноярское водохранилище : учебное пособие / А. А. Вышегородцев, И. В. Ануфриева, О. А. Кузнецова. – Новосибирск: Наука, 2005. – 212 с.
18. Гидрологическая изученность бассейна реки Енисей. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. – 380 с.
19. Гидрохимические показатели окружающей среды: справочные материалы / ред. Т. В. Гусева. – Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с. – ISBN 978-5-91134-080-3. – ISBN 978-5-16-002933-7. – 2007. – 147 с.
20. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т. В. Гусева, Я. П. Заика, В. Н. Винниченко и др. // Справочные материалы. – Москва : Эколайн, 2000. – 62 с
21. Гидрохимический бюллетень. ДСП. – Красноярск. Полиграфический участок Красноярск. Управление Гидрометеорологии и контролю Природной Среды. – 1978-1983 гг. – 87 с.
22. Гольд, З. Г. Красноярское водохранилище: мониторинг, биота, качество вод : монография / З. Г. Гольд. – СФУ, Красноярск, 2008. – 537 с.
23. ГОСТ 27065-86. Качество вод. Термины и определения // Государственный контроль качества воды: сб. ГОСТов. – Москва : Изд-во стандартов, 2001. – 21 с.
24. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. – Госкомгидромет, – 1985-1987. – Т. 1 (22), С. 264-269.
25. Государственный доклад Министерства природных ресурсов Красноярского края «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2017 год». – Красноярск, 2018. – 217 с.
26. Грабовенко, И. С. Годовая динамика развития планктонной биоты приплотинного района Красноярского водохранилища / И. С. Грабовенко // Проблемы общей биологии и прикладной экологии, сборник трудов молодых ученых, вып. 2/3.- Изд-во Саратовского университета: Саратов, 1997. – С. 56-59.
27. Гусева, Т. В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды : справочные материалы / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика. – Москва : Эколайн. – 1999. – 156 с.
28. Денисова, А. И. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды / А. И. Денисова, Е. П. Нахшина, Б. И. Новиков и др. – Киев : Наукова думка, 1987. – 16 с.
29. Дряхлов, А. Г. Влияние геотехнических систем на окружающую среду в условиях многолетней мерзлоты : на примере Колымского водохранилища : дис. канд. географ. наук : 25.00.23 / А. Г. Дряхлов. – Владивосток, 2004. – 181 с.
30. Ежегодник качества поверхностных вод РФ - Гидрохимический институт. – Краснодар, 2018. – 123 с.
31. Ежегодник качества поверхностных вод ФГБУ «Среднесибирского УГМС» за 2018 год. – Красноярск, 2019. – 115 с.
32. Ежегодный информационный бюллетень Енисейского бассейнового водного управления о состоянии водных объектов бассейна р. Енисей за 2017 год. – Красноярск, 2018. – 159 с.

33. Ежегодный информационный бюллетень ФГБУ «Енисейрегионводхоз» о состоянии водных объектов бассейна р. Енисей за 2017 год. – Красноярск, 2018. – 119 с.
34. Емельянова, В. П. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям / Емельянова В. П., Данилова Г. Н., Колесникова Т. Х. // Гидрохимические материалы. – Томск, 1983. – С. 119–129.
35. Жукинский, В. Н. Методологические основы экологической классификации качества поверхностных вод суши / В. Н. Жукинский, О. Н. Оксюк // Гидробиологический журнал. – Томск, 1983. – № 2. – С. 59-67.
36. Иофин, З. К. Мировой водный баланс, водные ресурсы Земли, водный кадастр и мониторинг: учебное пособие / З. К. Иофин. – Вологда : ВоГТУ, 2009. – 141 с.
37. Исянов, Л. М. Оценка воздействия на окружающую среду. Часть 1. Оценка воздействия источников на атмосферный воздух: учебное пособие / Л. М. Исянов, А. В. Левин. – Санкт-Петербург : Петербургский гос. технолог.ун-т растительных полимеров, 2011. – 74 с.
38. Казмирук, Т. Н. Современные проблемы качества воды и донных отложений Иваньковского водохранилища как источника питьевого водоснабжения / Т. Н. Казмирук, В. Д. Казмирук // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Рівне. – 2009. – С. 175-180.
39. Карнаухова, Г. А. Гидрохимия Ангары и водохранилищ Ангарского каскада / Г. А. Карнаухова // Водные ресурсы. – 2008г. – № 1. – С. 72-80.
40. Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / Под ред. Г. Г. Винберг. – Москва : Наука, 1984. – С. 14-15.
41. Корпачев, В. П. Влияние водохранилищ ГЭС Ангаро - Енисейского региона на окружающую природную среду / В. П. Корпачев // Вестник КрасГАУ. – 2005. – № 8. – С. 90-96.
42. Коротный, Л. М. Водные ресурсы Ангаро-Енисейского района : учебное пособие / Л. М. Коротный, Л. А. Безруков. – Новосибирск : Наука, 1990. – 163 с.
43. Космаков, И. В. Термический режим Красноярского водохранилища, Новосибирск : Наука, 1982. – 164 с.
44. Коцюк, Д. В. Формирование ихтиофауны Зейского водохранилища : дис. канд. биолог.наук : 03.00.10 / Д. В. Коцюк . – Хабаровск, 2009. – 162 с.
45. Кузнецова, О. А. Распределение биоценозов донных сообществ по грунтам глубоководного Красноярского водохранилища (по многолетним рядам, 1978-1997гг.) / О. А. Кузнецова, З. Г. Гольд // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 2. – С. 165-172.
46. Кузнецова, О. А. Структурно -функциональная организация зообентоса красноярского водохранилища (1978-1997 гг.) : дисс. канд. биолог.наук : 03.00.18 / О. А. Кузнецова. – Красноярск, 2000. – 167 с.
47. Кузнецова, О. А. Сукцессии видового состава донных биоценозов Красноярского водохранилища / О. А. Кузнецова // Сохранение биологического разно

образия Енисейской Сибири: материалы межрегиональной. науч. конф. – Красноярск, КГУ. – 2000. – С. 90-95.

48. Кузнецова, О. А. Сукцессии донных биоценозов Красноярского водохранилища / О. А. Кузнецова // Материалы Юбилейной конференции, посвященной 115-летию Красноярского краевого отделения Русского географического общества. – Красноярск, СФУ. – 2016. – С. 55-58.

49. Кузнецова, О. А. Сукцессионные изменения донных сообществ глубоководного Красноярского водохранилища / О. А. Кузнецова // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 9. – С. 99-103.

50. Кузнецова, О. А. Хорология донных сообществ глубоководного водохранилища / О. А. Кузнецова // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 2. – С. 5-54.

51. Кузнецова, О. А. Эколого-биологическая характеристика структурообразующих видов донных биоценозов Красноярского водохранилища / О. А. Кузнецова // Сборник статей IX международной научно-практической конференции «EurasiaScience» (Москва, 31 мая 2017 г.). – Москва : «Научно-издательский центр «Актуальность РФ». – 2017. – Ч.1. – С. 27-30.

52. Кузьмин, И. А. Русловые процессы и их изменение под воздействием гидротехнических сооружений / И. А. Кузьмин // Труды Гидропроекта. – 1973. – №30. – С. 6-14.

53. Кусковский, В. С. Формирование берегов Красноярского водохранилища / В. С. Кусковский, В. М. Савкин и др. – Новосибирск, Наука, Сиб. Отд-ние, – 1974. – 148 с.

54. Кусковский, В. С. Формирование берегов водохранилищ Енисейского каскада ГЭС / В. С. Кусковский, В. А. Крицкий, И. В. Космаков и др. // Формирование берегов Ангаро-Енисейских водохранилищ. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 22-44.

55. Линник, П. Н. Формы миграции металлов в пресных водах : учебное пособие / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Ленинград : Гидрометеиздат. – 1986. – 286 с.

56. Матвеев, А. Н. Оценка воздействия на окружающую среду : учебное пособие / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев. – Иркутск : Иркут.гос. ун. – 2007. – 179 с.

57. Мизандронцев, И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов : учебное пособие / И. Б. Мизандронцев. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд. – 1990. – 86 с.

58. Мур, Д. В. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния / Д. В. Мур, С. П. Рамаурти. – Москва : Мир. – 1987. – 285 с.

59. Наставления гидрометеостанциям и постам. Гидрометрические наблюдения на озерах и водохранилищах. – Ленинград, 1973. – №7. – Ч 1. – 190 с.

60. Неустроева, М. В. Геоэкологический мониторинг: учебное пособие / М. В. Неустроева. – Красноярск : КГПУ им В.П. Астафьева, 2014. – 402 с.

61. Неустроева, М. В. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов (ПТК) : мониторинг, оценка качества компонентов

окружающей среды : учебно-методическое пособие / М. В. Неустроева. – Красноярск : КГПУ им. В. П. Астафьева, 2005. – 371 с.

62. Ольшанская, О. Л. Рыбохозяйственное использование Красноярского водохранилища / Ольшанская О. Л., Вершинин Н. В., Толмачев В. П., Еремеева Т. Г. // Рыбохозяйственное освоение Сибири. – Ленинград : Наука, 1977. – С. 109-116.

63. Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. – Белгород : БелГУ, 2006. – 256 с.

64. Петров, К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы: учебное пособие для вузов / К. М. Петров. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Химия, 1998. – 352 с.

65. Пехович, А. И. Основы гидроледотермики: научное издание / А. И. Пехович. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.

66. Путинцева, В. С. Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда / Путинцева, В. С., Манихина Р. К. и др. // Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – С. 179-183.

67. Региональный норматив: Нормы и критерии оценки загрязнённости донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга, 1996. – 147 с.

68. Решеткина, Н. А. Состояние фитопланктона Краснотуранского плеса – наиболее эвтрофированного участка Красноярского водохранилища / Н. А. Решеткина // Экология Южной Сибири - 2000 год: Тез. докл. регион. науч. конф. – Абакан: Изд-во ХГУ Н. Ф. Катанова, 1997. - С. 72.

69. Савкин, В. М. Водоохранилища Сибири, водно-экологические и водно-хозяйственные последствия их создания / В. М. Савкин // Сибирский экологический журнал. 2000. – № 2. - С. 109-121.

70. Салаватов, К. Н. Исследование состояния донных сообществ Красноярского водохранилища / К. Н. Салаватов, И. И. Пякшина // Устойчивое развитие: региональные аспекты. – Брест, 2018. – С. 47-50.

71. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – Минздрав РФ, 2000. – 190 с.

72. СанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения». – Минздрав РФ, 2000. – 189 с.

73. Сапожников, В. А. Экосистема Красноярского водохранилища : учебное пособие / В. А. Сапожников, З. Г. Гольд. – Красноярск, 2005. – 165 с.

74. Селезнева, М. В. Оценка современного экологического состояния Новосибирского водохранилища по структурно-функциональным показателям сообщества макрозообентоса : дисс. канд. биолог. наук : 03.00.16, 03.00.18 / М. В. Селезнева. – Новосибирск, 2005. – 160 с.

75. Скалкин, Ф. В. Энергетика и окружающая среда : учебное пособие / Ф. В. Скалкин. – Ленинград : Энергоиздат, 1981. – 280 с.

76. Степаненко, Е. Е. Оценка химического состава воды Новотроицкого водохранилища Ставропольского края / Е. Е. Степаненко, Ю. А. Мандра, Р. С. Еременко, Т. Г. Зеленская // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 9. – С. 26-29.

77. Субетто, Д. А. Донные отложения разнотипных водоемов, методы изучения, Карельский научный центр РАН / Д. А. Субетто, М. Я. Прыткова. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2016. – 89 с.

78. Фадеев, В. В. Связь между гидрохимическим и водным режимом равнинных и горных рек СССР / В. В. Фадеев, М. Н. Тарасов, В. Л. Павенко // Труды IV гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. – С. 97-101.

79. Федоров, М. П. Экология для гидротехников : учебное пособие / М. П. Федоров, М. Б. Шилин, Н. Н. Ролле. Санкт-Петербург : ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1992. – 80 с.

80. Формирование гидробиологического режима и качества вод водохранилищ реки Енисей : Отчет заключит. по НИР Ngос рег. 01829030562 // Иркутск: Лимнологический институт, 1986.- 205с.

81. Шварева, И. С. Тяжелые металлы в наземных и водных экосистемах: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук : 03.00.16 / И. С. Шварева. – Иваново, 2006. – 15 с.

82. Bogutskaya, N. G. The fishes of the Amur river: updated check-list and zoogeography / N. G. Bogutskaya, A. M. Naseka, S. V. Shedko, E. D. Vasil'eva, I. A. Chereshev // Ichthyol. Explor. Freshwaters, 2008. – Vol. 19. – № 4. – P. 301-366.

83. Erbaeva, E. A., Safronov G. P. Results of the Bratsk reservoir ecosystem monitoring / E. A. Erbaeva, G. P. Safronov // Journal of Lake Sciences. – Suppl., 1998. – Vol.10. – P. 549-558.

84. Kuznetsova, O. A. The dynamics of structural characteristics of the ecosystem in the Krasnoyarsk deep-water reservoir (1977-1999) / O. A. Kuznetsova, Z. G. Gold, T. N. Anufrieva and etc. // Biodiversity and dynamics of ecosystem in North Eurasia: – Novosibirsk. SB RAS, 2000. – Vol.5. – P.1. – P.125-127.

85. Vladut T. Reservoirs and environment / T. Valadut // Int. Water Power and Dam Construction, 1997. – № 3. – P. 28-30.

86. Vladut T. The International Water Power and Dam Construction / T. Vladut // Int. Water Power and Dam Construction, 1996. – № 2. – P. 112-12


[Приложение А – изъято]

[Приложение Б – изъято]

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г. Ю. Ямских

подпись инициалы, фамилия

« 28 » 06 2019 г.


БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.02 География

05.03.02.02 «Физическая география и ландшафтоведение»

Мониторинг состояния воды Красноярского водохранилища

Научный руко-
водитель

 28.06.19
подпись, дата

доц., канд. биол. наук
должность, учёная степень

О.А. Кузнецова
инициалы, фамилия

Выпускник

 28.06.19
подпись, дата

Г.Д. Екимов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 28.06.19
подпись, дата

Д.М. Шлемберг
инициалы, фамилия

Красноярск 2019