

Научная статья
УДК 504.75
EDN ZFWWLG
DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(3).571-580



РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ В РАЙОНЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НИЖНЕБОГУЧАНСКОЙ ГЭС

Р.Р. Тагиров, Т.П. Спицына

*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск, Российская Федерация*

Информация о статье

Дата поступления
17 марта 2023 г.

Дата принятия к печати
26 октября 2023 г.

Дата онлайн-размещения
26 октября 2023 г.

Ключевые слова

Программа мониторинга;
Нижнебогучанская ГЭС;
загрязнение поверхностных
вод; р. Ангара; гидробионты;
гидрохимия; источники
антропогенного загрязнения

Финансирование

Работа выполнена при
финансовой поддержке
Краевого государственного
автономного учреждения
«Красноярский краевой фонд
поддержки научной и научно-
технической деятельности» и
ООО «Нижнебогучанская ГЭС»
в рамках договора № 488 от 9
сентября 2022 г.

Аннотация

На р. Ангара уже существует каскад из ГЭС в количестве четырех гидроузлов, планируется строительство новой плотины выше с. Богучаны — Нижнебогучанской ГЭС, что создает дополнительную нагрузку на речную экосистему. В целях фиксации исходного состояния р. Ангара и отслеживания динамики показателей разработана программа мониторинга состояния и загрязнения поверхностных вод суши в районе проектирования Нижнебогучанской ГЭС.

Определение расположения пунктов наблюдения осуществлялось с учетом существующей сети государственного мониторинга исследуемого участка р. Ангара и анализа источников антропогенного загрязнения водотока.

Предложено внести коррективы в уже существующую государственную систему мониторинга. Необходимо добавить новые пункты наблюдения, расширить спектр гидрохимических компонентов и добавить гидробиологические исследования. Запланировано установить 12 пунктов наблюдения и 16 створов. Частоту отбора проб — до 7 раз в год в характерные фазы гидрологического режима. Гидрологические исследования осуществлять в вегетационный период (июнь — сентябрь).

Original article

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING THE STATE AND POLLUTION OF LAND SURFACE WATER IN THE DESIGN AREA OF THE NIZHNEBOGUCHANSKAYA HPP

Rizvan R. Tagirov, Tatyana P. Spitsyna

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, the Russian Federation

Article info

Received
March 17, 2023

Accepted

Abstract

On the Angara River, there is already a cascade of four hydroelectric power plants. It is planned to build a new dam above Boguchany — Nizhneboguchanskaya hydroelectric station. This creates an additional

October 26, 2023

Available online

October 26, 2023

Keywords

Monitoring program;
Nizhneboguchanskaya HPP;
surface water pollution;
Angara River; hydrobionts;
hydrochemistry; anthropogenic
pollution sources

Acknowledgements

The work was carried out
with the financial support of
the Krasnoyarsk Regional
State Autonomous Institution
«Krasnoyarsk Regional Fund for
Support of Scientific and Scientific-
technical Activity» and LLC
Nizhneboguchanskaya GES under
Agreement No. 488 of 09.09.2022

Введение

Зарегулирование крупных речных систем во всем мире приводит к значительному изменению бассейнов рек, и они больше не проявляют своей естественной функциональности [1–4]. Строительство водохранилищ оказывает масштабное воздействие на водные экосистемы рек как вверх, так и вниз по течению [5; 6]. Крупные реки являются одними из самых биологически продуктивных, разнообразных и сложно устроенных биоценозов на Земле [7]. Они представляют из себя большие по площади, протяженные, разветвленные структуры, характеризующиеся обилием разнообразия сред обитания, пролегающие в разных климатических зонах. Вкупе с сезонной изменчивостью и непрекращающимся потоком водных масс речные экосистемы являются самыми динамичными среди прочих.

Большие и разнообразные речные сообщества Сибирского региона являются достаточно устойчивыми к воздействиям, однако на сегодняшний момент ни один водоток не смог сохранить свои исконные исторические свойства при строительстве плотин. На фоне увеличивающейся антропогенной нагрузки и ухудшения качества воды в реках своевременное выявление и прогнозирование негативного воздействия на компоненты речных экосистем являются приоритетными, но затратными направлениями как в финансовом, так и во временном, кадровом и ресурсном отношении. Поэтому необходимы комплексные наблюдения за состоянием

burden on the river ecosystem. To record the initial state of the Angara River and track the dynamics of indicators, a program for monitoring the state and pollution of land surface waters in the design area of the Nizhneboguchanskaya hydroelectric power station was developed.

The location of observation points was determined by taking into account the existing network of state monitoring of the investigated area of the Angara River and the analysis of the sources of anthropogenic pollution of the investigated area of the Angara River.

It was proposed to make adjustments to the existing state monitoring system. It is necessary to add new observation points, expand the range of hydrochemical components and add hydrobiological studies. It is planned to establish 12 observation points and 16 sites. Sampling frequency — up to seven times a year in characteristic phases of hydrological regime. Hydrological studies should be carried out during the growing season (June — September).

окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, а также оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды¹.

Большинство публикаций, описывающих мониторинг природных сред, посвящены непосредственно наблюдениям и их результатам в течение определенного периода времени [8–12]. Данная работа нацелена именно на методически правильную разработку непосредственно программы мониторинговых наблюдений. Долговременные исследования р. Ангара проводятся для оценки ее экологического состояния и контроля за воздействием на водные экосистемы. Это еще более актуально в наши дни, так как в данном бассейне, выше с. Богучаны, планируется возведение очередного, пятого водохранилища ГЭС — Нижнебогучанской. В связи с этой целью работы является разработка такой системы пунктов наблюдения за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши в районе проектирования Нижнебогучанской ГЭС в нижнем течении р. Ангары, которая бы своевременно выявляла бы источники негативного воздействия на речные воды. Задачи:

- характеристика источников загрязнения поверхностных вод р. Ангара в районе проектирования Нижнебогучанской ГЭС и в ее нижнем бьефе;

¹ Об охране окружающей среды : федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ : (ред. 4 авг. 2023 г.) // СПС «КонсультантПлюс».

– обзор существующей единой системы государственного экологического мониторинга (ЕГСМ) поверхностных вод суши и водных биологических ресурсов в нижнем бьефе Богучанской ГЭС;

– разработка программы наблюдений (установление и обоснование пунктов наблюдений на Нижней Ангаре — от плотины Богучанской ГЭС — с учетом планируемого водохранилища Нижнебогучанская ГЭС, списка определяемых показателей, частоты отбора проб).

Бассейн р. Ангара расположен между $51^{\circ}00'$ — $60^{\circ}00'$ с.ш. и $69^{\circ}00'$ — $105^{\circ}00'$ в.д., вытянут с юго-востока на северо-запад и занимает площадь 468 тыс. км². Начало р. Ангара берет из оз. Байкал и на 1 779-м км от истока впадает в р. Енисей². На своем пути она собирает воды многочисленных притоков, сосредотачивая их

² Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16. Ангара-Енисейский район. Вып. 2. Ангара. Ленинград : Гидрометеиздат, 1972. 597 с.

в четырех водохранилищах (Иркутское, Братское, Усть-Илимское и Богучанское). От Богучанской ГЭС до устья река имеет сравнительно спокойное течение, однако в районах распространения трапповых интрузий встречаются порожистые участки, представленные шиверами и порогами. Русло реки преимущественно галечное и песчано-галечное, на порогах и шиверах — каменистое. Ширина реки колеблется от 800 до 5 000 м, и более всего на островных участках. Объем весеннего половодья составляет 50–70 % от годового³.

Створ намечаемой к строительству Нижнебогучанской ГЭС приурочен к участку реки Шивера Косая, расположенному на 342 км от ее устья, в 20 км выше с. Богучаны и на 103 км ниже Богучанской ГЭС (табл. 1).

³ Нижнебогучанская ГЭС. Ходатайство (декларация) о намерениях инвестирования в строительство : декларация (проект) : 114.8514Е523.000.000.2.2-Д / АО «СибВЭМ». Красноярск, 2020. 95 с. URL: sibvami.ru/ovos/Dec1.pdf.

Таблица 1

Характеристика р. Ангара и планируемого Нижнебогучанского водохранилища*

Параметр	Значение
Длина р. Ангара, км	1 826
Питание р. Ангара, %	оз. Байкал — 56 %, водосборная площадь бассейна — 44 %
Площадь водосборного бассейна в створе Нижнебогучанской ГЭС, км ²	831 000
Установленная мощность ГЭС, МВт	660
Среднегогодовая выработка электроэнергии, млрд. кВт.ч	3,3
Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км ²	239,55
Отметка гребня плотины, м	144,0
Максимальная высота (от подошвы ядра), м	25
Площадь зеркала, км ²	239,55
Полный объем водохранилища, км ³	1,37
Среднегогодовой сток в створе Нижнебогучанской ГЭС, км ³	110,0
Водообмен водохранилища по среднегогодовому стоку, раз в год	65,0
Протяженность водохранилища по основному руслу, км	103,0
Средняя ширина, км	2,3
Средняя глубина, м	7,0
Площадь затопления земель, га	6 487,92
Ликвидный запас древесной растительности, млн м ³	0,3
Численность населения в районе затрагиваемая строительством ГЭС, тыс. чел.	65,58
Населенные пункты, попавшие в зону влияния водохранилища при НПУ 140,0 м	д. Тагара, д. Чадобец, д. Сыромолотово, д. Климино, с. Зелеево, пос. Шиверский, д. Заимка, пос. Невонка, пос. Гольявино, пос. Хребтовый, пос. Говорково

* Источник: Нижнебогучанская ГЭС. Ходатайство (декларация) о намерениях инвестирования в строительство : декларация (проект) : 114.8514Е523.000.000.2.2-Д / АО «СибВЭМ». Красноярск, 2020. 95 с. URL: sibvami.ru/ovos/Dec1.pdf.

Характеристика источников загрязнения поверхностных вод р. Ангара в районе проектирования

Нижнебогучанской ГЭС и в ее нижнем бьефе

Создание планируемого водохранилища на р. Ангара затронет территорию таких районов Красноярского края, как Богучанский, Мотыгинский, Тасеевский и Кежемский (см. табл. 1).

Богучанский район — территория с общей площадью лесных земель 52,78 тыс. км², также там известны месторождения каменного угля, торфа, железа, марганца, титана, ванадия, алюминия (бокситов), галлия, глины и суглинков, песков для бетона, песчано-гравийных материалов, карбонатных пород, гипсов и других ископаемых⁴.

Мотыгинский район — один из крупнейших и перспективных горнодобывающих районов Красноярского края. Работы ведутся более чем на 60 участках. Золотодобычей занимаются десять предприятий (ЗАО «ЗДК «Полюс»», ЗАО «Васильевский рудник», Ангарская геологоразведочная экспедиция, ЗАО «ЗДК «Золотая Звезда», прииск «Удерецкий» и др.). Успешно развивается Горевский горно-обогатительный комбинат (извлечение и переработка свинцово-цинковых руд), добычей магнетита занимается Раздолинский периклазовый завод.

Основой экономики Тасеевского района являются лесная промышленность (ООО «ТАСЕЙЛЕС»), сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых (в основном общераспространенные полезные ископаемые, далее — ОПИ) и производство пищевых продуктов. На Абанском месторождении бурого угля ведется добыча открытым способом.

Основными отраслями экономики Кежемского района являются лесное хозяйство и гидроэнергетика. На этой территории сосредоточены запасы нефти, газа, железной руды, бокситов, свинца, меди, магнетитов, марганца, ниобия и других ископаемых.

Поиск источников загрязнения производился на основе общедоступных картографических материалов⁵, данных ФГБУ «Росгеолфонд»⁶, данных правительства Красноярского края⁴ и сведений Государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду⁷.

⁴ Энциклопедия Красноярского края. URL: my.krskstate.ru.

⁵ Общедоступные картографические материалы «Яндекс Карты». URL: yandex.ru/maps.

⁶ Российский федеральный геологический фонд. URL: rfgf.ru/gkm.

⁷ Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду // Росприроднадзор. URL: uonvos.rpn.gov.ru.

Стоит учитывать, что Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, не содержит в себе предприятия, ведущие незаконную деятельность, а также безкатегорийные объекты.

Хотя непосредственно на р. Ангара ниже Богучанской ГЭС отсутствуют крупные производственные объекты и большие населенные пункты, в нее впадают мелкие реки (Каменка, Большая Мурожная, Татарка и др.), на которых ведутся открытые горные работы и обогащение полезных ископаемых. По данным ФГБУ «Росгеолфонд»⁶, на территории:

– Мотыгинского района зарегистрировано 240 лицензий, из них 170 — на добычу золота;

– Богучанского района зарегистрировано 72 лицензий из них 20 — на добычу металлов;

– Кежемского района зарегистрировано 16 лицензий, в основном на добычу ОПИ;

– Тасеевского района зарегистрировано 13 лицензий, в основном на добычу ОПИ.

В районе пос. Партизанск (Мотыгинский район) находится внушительный комплекс добычи и обогащения россыпного золота. Свидетельства явного влияния горных работ, в особенности переработки россыпей, можно наблюдать на примере малых рек (Захаровка, Тюрпина, Талая, Боровая, руч. Безобразовский), которые, в свою очередь, впадают в р. Большая Мурожная, что является притоком р. Ангара. Добытое золото обогащается на предприятиях, которые также расположены на водосборной площади р. Большая Мурожная и Каменка. На снимках из космоса (рис. 1) виден шлейф мутной взвеси, распространившийся на сотни километров. И даже после впадения в Ангару он простирается вдоль берега до устья и по р. Енисей до г. Лесосибирска.

Исходя из выше сказанного, при планировании мониторинговых работ, необходимо внимание уделять не только р. Ангара, но и ее притокам.

Обзор существующей единой системы государственного экологического мониторинга поверхностных вод суши и водных биологических ресурсов в нижнем бьефе Богучанской ГЭС

Вопросами мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания на водных объектах в Красноярском крае занимаются Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ») и Енисейский филиал ФГБУ «Главрыбвод». Наблюдения за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши осу-

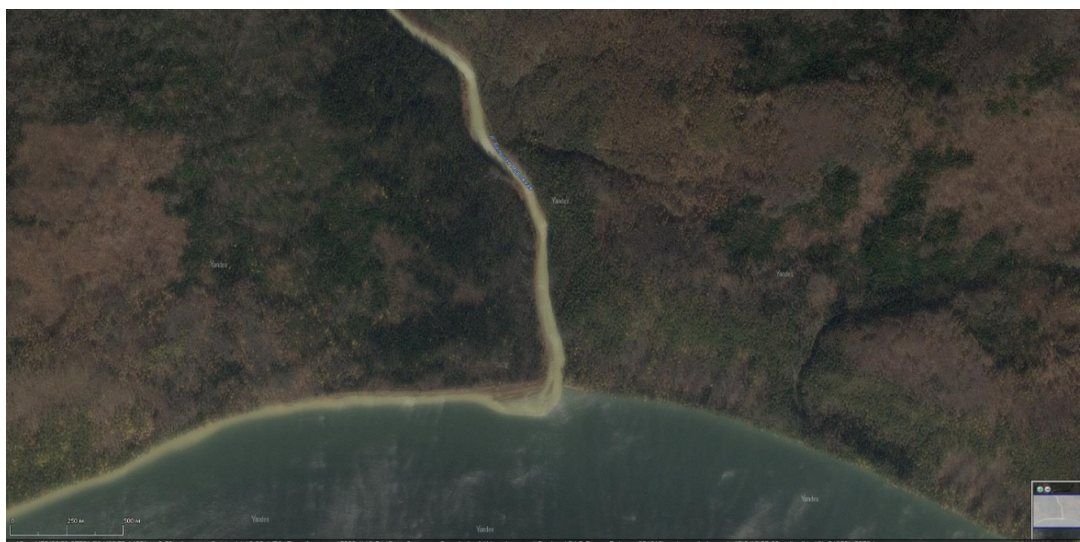


Рис. 1. Впадение р. Большая Мурожная в р. Ангара N58°09' E94°05' WGS 84*

* Источник: URL: yandex.ru/maps.

ществляют ФГБУ «Среднесибирское УГМС» и КГБУ «ЦРМПиООС».

Ежегодно места проведения мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания на водных объектах определяются в соответствии с утвержденным тематическим Планом научно-исследовательских работ, а также видов работ, проводимых в рамках выполнения установленного государственного задания⁸. Основная проблема существующей сети наблюдений — низкая плотность пунктов отбора проб и их непостоянное количество. Так, например, за 2020–2021 гг. ФГБУ «Главрыбвод» наблюдений на р. Ангара не проводил. В 2019 г. наблюдения осуществлялись в четырех пунктах, в 2018 г. — в одном⁹.

Охват гидрохимического мониторинга, осуществляемого ФГБУ «Среднесибирское УГМС», КГБУ «ЦРМПиООС» и Енисейское БВУ значительно более существенен. На р. Ангара присутствуют три пункта наблюдений¹⁰ за гидрохимическими и пять за гидрологическими показателями (табл. 2).

⁸ Письмо Росрыболовство № 614-ПГ/У04 от 2 мая 2023 г. // СПС «КонсультантПлюс».

⁹ Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае [за 2013–2021] // Красноярский край. Министерство экологии и рационального природопользования. URL: <http://www.mpr.krskstate.ru/envir/page5849>.

¹⁰ Пункт наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши — место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о составе и свойствах воды, предназначенных для последующего обобщения во времени и пространстве и представления обобщенной систематической информации заинтересованным организациям. Под пунктом

Как видно на рис. 2, государственные пункты наблюдения расположены достаточно редко, но равномерно — с шагом около 100 км. Стоит отметить, что некоторые пункты расположены близко друг от друга. Так, например, близ д. Сыромолотово расположено три пункта, в с. Богучаны и д. Татарка — по два пункта. Фактически, сеть государственного мониторинга состоит из пяти мест наблюдения.

Основываясь на РД 52.24.309-2016¹¹, авторами работы было предложено несколько вариантов расположения пунктов наблюдения от Богучанской ГЭС до устья р. Ангара

Вариант 1. Разместить пункты наблюдения равномерно по руслу реки с определенным шагом. В рассматриваемом районе транспортная доступность является ключевым фактором для определения местоположения пунктов наблюдения. Зачастую это невозможно из-за отсутствия дорог и подъезда к берегу. Ситуация осложняется тем, что ниже Богучанской ГЭС имеются лишь две ледовые переправы (пос. Мотыгино — пос. Широкий Лог, пос. Манзя — дер. Каменка), одно водное сообщение на пароме (с. Богучаны — пос. Гремучий), один единственный круглогодичный мостовой переход через р. Ангара на автомобильной дороге

наблюдений следует понимать весь участок водоема или водотока, на котором располагаются створы наблюдений. Створов, как правило, должно быть не менее двух (РД 52.24.309-2016).

¹¹ Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям : руководящий документ РД 52.24.643-2002 / Росгидромет. Ростов-на Дону, 2002. 49 с.

Состав государственной сети мониторинга

№	Наименование/расположение пункта	Разряд	Анализируемые показатели
1	р. Ангара — д. Сыромолотово (координаты створа: 58°41' 50,73" с.ш., 98°57' 50,39" в.д.)	—	Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши
2	4 км выше устья р. Сыромолотова - р. Ангара (Красноярский край, Кежемский район, район д. Сыромолотово (АГК), 4 км. выше устья р. Сыромолотова)	II	Автономно работающий автоматизированный гидрологический пункт
3	Сыромолотово — р. Ангара (Красноярский край, Кежемский район, д. Сыромолотово)	I	Гидрологический пункт
4	с. Богучаны — р. Ангара	—	Пункт наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши
5	Богучаны — р. Ангара (Красноярский край, Богучанский район, с. Богучаны, ул. Октябрьская, 127п)	I	Гидрологический пункт
6	Каменка — р. Ангара (Красноярский край, Богучанский район, д. Каменка)	II	Гидрологический пункт
7	Рыбное — р. Ангара (Красноярский край, Мотыгинский район, с. Рыбное)	III	Гидрологический пункт
8	д. Татарка — р. Ангара	—	Пункт наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши
9	Татарка — р. Ангара (Красноярский край, Мотыгинский район, п/о Новоангарск, д. Татарка, ул. Таежная, 1а)	I	Гидрологический пункт

* Источник: Письмо ФГБУ «Среднесибирское УГМС» № 309/01/2595 от 9 ноября 2022 г. ; Письмо КГБУ «ЦРМ-ПиООС» № 2704 от 17 ноября 2022.

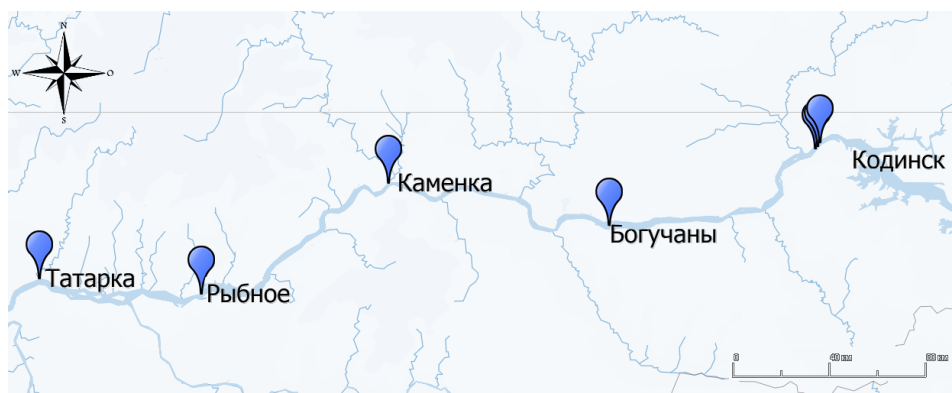


Рис. 2. Наблюдательная сеть государственного мониторинга в районе нижнего бьефа Богучанской ГЭС

«Богучаны — Юрубчен — Байкит» и дорога непосредственно по самой плотине Богучанской ГЭС.

Поэтому для отбора проб необходимо использовать только водный транспорт. Это обстоятельство уже на данном этапе делает мониторинг весьма затратным и непростым с точки зрения логистики и организации.

Вариант 2. Расположить пункты наблюдения после каждого источника загрязнения р. Ангара. Такая конфигурация даст возможность получить устойчивый ряд данных, не

подверженный случайным ошибкам и локальным колебаниям. Это позволит отделить факт изменений в речной среде от влияния ГЭС, населенных пунктов и недропользователей. Предложенное в данном варианте расположение пунктов наблюдения позволяет определить ответственных в том или ином воздействии, повлекшем негативные последствия.

Выше были описаны многочисленные источники загрязнения поверхностных вод. Однако такое количество пунктов, помноженное на периодичность отбора

проб и количество объектов мониторинга, может стать невыполнимой задачей как в финансовом, так и во временном плане. В таком случае запланированный мониторинг рискует обернуться производственным экологическим контролем за хозяйствующими субъектами, что не является целью работы. Вдобавок будут отсутствовать наблюдения за показателями в ненарушенной среде, т.е. не подверженной воздействию.

Вариант 3. Модернизировать и расширить уже существующую наблюдательную сеть. Расположить пункты наблюдения в местах, где уже ведется мониторинг (так как они уже привязаны к населенному пункту и транспортно доступны), добавить новые и внести в программу дополнительные показатели. С целью осуществления контроля качества воды в крупных притоках р. Ангара (р. Татарка, Большая Мурожная, Тасеева, Каменка), которые загрязнены сбросами сточных вод отмытки руд, необходимо разместить по одному створу в устьевом участке (табл. 3).

В основе организации и проведения наблюдений лежат следующие основные принципы: 1) комплексность и систематичность наблюдений; 2) определение параметров едиными или сопоставимыми методиками.

Каждый пункт делится на два створа¹²: до (условно фоновый) и после источника загрязнения (например, населенного пункта). Сравнение фоновых значений показателей с показателями в пробе, отобранной

¹² Створ пункта наблюдений — это условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производят комплекс работ для получения данных о показателях состава и свойствах воды (РД 52.24.309-2016).

ниже источника загрязнения (с учетом времени добегания) позволяет судить о характере, степени загрязненности вод под влиянием источников загрязнения и позволяет также оценить самоочищающую способность водотока.

Количество вертикалей в створе на водотоке устанавливают, в соответствии с РД 52.24.309-2016¹³, в зависимости от условий смешения речных вод со сточными водами или водами притоков: 1) при неоднородности химического состава вод в створе устанавливают не менее трех вертикалей: одну — на стрежне, две остальные — обычно на расстоянии 0,1 и 0,9 ширины реки от левого берега; 2) при однородном химическом составе вод устанавливают одну вертикаль на стрежне реки. Поэтому для широкой Ангары установлено три вертикали в створе, а на ее притоках — по одной (табл. 3).

Стоит отметить, что с учетом проектируемой плотины высотой 25 м зона затопления не столь существенна, как в случае с другими дамбами Ангарского каскада. Поэтому пункты и створы наблюдения на месте расположения будущего водохранилища после его заполнения, сместятся не существенно.

Программа наблюдений

Периодичность проведения визуальных, гидрологических и гидрохимических (физических и химических) наблюдений устанавливают в соответствии с категорией пункта наблюдений. Авторы работы отнесли все пункты к третьей категории, так как, соглас-

¹³ Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Москва, 2012. 113 с.

Таблица 3

Планируемая сеть наблюдательных пунктов

№	Расположение пункта	Количество створов и вертикалей
1	р. Ангара, д. Тагара	1 створ: 1 км выше населенного пункта; 3 вертикали в створе
2	р. Ангара, пос. Невонка	1 створ: 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в створе
3	р. Ангара, д. Заимка	1 створ: 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в створе
4	р. Ангара, д. Шиверский	1 створ: 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в каждом створе
5	р. Ангара, пгт. Богучаны	2 створа: 1 км выше, 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в каждом створе
6	р. Ангара, д. Каменка	2 створа: 1 км выше, 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в каждом створе
7	р. Ангара, д. Рыбное	2 створа: 1 км выше, 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в каждом створе
8	р. Ангара, д. Татарка	2 створа: 1 км выше, 1 км ниже населенного пункта; 3 вертикали в каждом створе
9	р. Татарка	1 створ, 1 км выше устья; 1 вертикаль
10	р. Большая Мурожная	1 створ, 1,5 км выше устья; 1 вертикаль
11	р. Тасеева	1 створ, 6 км выше устья; 1 вертикаль
12	р. Каменка	1 створ, 2,5 км выше устья; 1 вертикаль

но РД 52.24.309-2016, на данной территории проживают менее 0,5 млн жителей и имеются устья загрязненных притоков больших рек и замыкающие створы больших и средних рек.

Учитывая интенсивность водообмена планируемого Нижнебогучанского водохранилища (65 раз в год), возможно применять положения руководящего документа к нему как к водотоку. В пунктах наблюдений третьей категории проводят наблюдения ежемесячно по сокращенной программе № 3 и в основные фазы водного режима по обязательной программе.

Наблюдения по обязательной программе на большинстве водотоков проводят 7 раз в году в характерные фазы гидрологического режима водных объектов: 1) во время половодья — на подъеме, пике и спаде (май — июнь); 2) во время летне-осенней межени — при наименьшем расходе и при прохождении дождевого паводка (июль — август); 3) осенью перед ледоставом (сентябрь — октябрь); 4) во время зимней межени перед ледоставом (октябрь — ноябрь).

Наблюдения по гидробиологическим показателям рекомендуется проводить ежемесячно в течение вегетационного периода, который длится с момента схода льда (апрель — май) до его формирования (октябрь), что отмечено в табл. 4. Таким образом, наблюдения за гидробионтами необходимо проводить один раз в месяц с июня по сентябрь.

Наблюдаемые показатели

Для всех пунктов наблюдений обязательным является определение следующих показателей:

- гидрологических (расход воды, скорость течения, уровень воды);
- физических (визуальные наблюдения, температура, цветность, прозрачность, запах, водородный показатель, окислительно-восстановительный потенциал);
- химических (концентрация растворенных в воде газов (O_2 , CO_2), взвешен-

ных веществ, главных ионов (хлоридных, сульфатных, гидрокарбонатных, кальция, магния, натрия, калия, суммы ионов), ХПК, БПК₅, биогенных элементов (аммонийных, нитритных и нитратных ионов, фосфатов, фосфора общего, железа общего, кремния), распространенных загрязняющих веществ (нефтепродуктов, синтетических ПАВ, летучих фенолов, пестицидов и соединений металлов));

— гидробиологических (это показатели, характеризующих видовой состав гидробионтов (наличие в воде фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, перифитона), а также микробиологические показатели, соотношение сапробных и олигосапробных организмов).

Заключение

По итогам работы была разработана система оценки состояния и загрязнения поверхностных вод суши в районе проектирования Нижнебогучанской ГЭС. Были установлены основные источники загрязнения р. Ангара. В основном ими являются горнодобывающие предприятия, сбрасывающие свои сточные воды в притоки Ангары — р. Каменка и Большая Мурожная. Незначительную роль вносит поверхностных сток с территории населенных пунктов. Неорганизованным фактором влияния является активная вырубка леса в бассейне и его транзит по реке.

Проведенный обзор существующих систем ЕГСМ поверхностных вод суши и водных биологических ресурсов в нижнем бьефе Богучанской ГЭС показал, что регулярный экологический мониторинг осуществляют ФГБУ «Среднесибирское УГМС», КГБУ «ЦРМПиООС» и Енисейское БВУ. Сеть мониторинга Красноярского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ») и Енисейского филиала ФГБУ «Главрыбвод» меняется ежегодно. Управление Роспотребнадзора по Красноярскому краю преследует цели в части санитарно-гигиенического мониторинга состояния среды обитания и ее влияния на здоровье населения.

Таблица 4
Многолетние среднемесячные температуры воздуха в с. Богучаны и воды р. Ангара*

Температура, °C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Воздух	–23,8	–21,2	–10,4	–0,2	7,8	15,9	19,1	15,3	8,0	–0,6	–11,8	–21,1	–1,9
Вода	3,0	3,0	3,3	4,0	10,0	16,0	19,0	17,0	12,0	4,0	3,0	3,0	10,0

* Составлено по: Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Москва : Минрегион России, 2012. 113 с. ; World-Weather.ru. URL: world-weather.ru.

Предложено модернизировать и расширить уже существующую систему мониторинга поверхностных вод суши. Добавить новые пункты наблюдения (на крупных притоках р. Ангара — р. Татарка, Большая Мурожная, Тасеева, Каменка), расширить спектр гидрохимических компонентов и внести в программу дополнительные показатели (гидробиологические). Авторами рекомендовано установить 12 пунктов наблюдения, в которых необходимо заложить 16 створов. Расширить частоту

отбора проб — до семи за период открытой воды в характерные фазы гидрологического режима. Отбор образцов гидробионтов осуществлять в вегетационный период — с апреля по октябрь один раз в месяц.

Авторы работы уверены, что предложенная программа наблюдения будет достаточной для решения поставленной цели. В дальнейшем настоящей программе предстоит апробация в реальных условиях и ее возможная корректировка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sparks R.E. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains / R.E. Sparks. — EDN BXKTTH // *BioScience*. — 1995. — Vol. 45, no. 3. — P. 168–182.
2. Bayley P.B. Understanding large river-floodplain ecosystems / P.B. Bayley. — EDN BXKTSN // *BioScience*. — 1995. — Vol. 45, no. 3. — P. 153–158.
3. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems / C. Nilsson, C.A. Reidy, M. Dynesius, C. Revenga. — DOI 10.1126/science.1107887 // *Science*. — 2005. — № 308. — P. 405–408.
4. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы измерений / отв. ред. Ю.А. Израэль. — Москва : Наука, 2001. — 239 с.
5. Historic changes (1941–2008) in side channel and backwater habitats on an unchannelized reach of the Missouri river: River / L. Yager, M. Dixon, T. Cowman, D. Soluk // *Research and Applications*. — 2011. — Vol. 29, no. 4. — P. 493–501.
6. Seasonal Changes and Spatial Variation in Water Quality of a Large Young Tropical Reservoir and Its Downstream River / Teck-Yee Ling, N. Gerusin, C.L. Soo, Lee Nyanti. — DOI 10.1155/2017/8153246 // *Journal of Chemistry*. — 2017. — Vol. 2. — P. 1–16.
7. Koel T.M. Spatial Variation in Fish Species Richness of the Upper Mississippi River System / T.M. Koel. — DOI 10.1577/T03-089.1 // *Transactions of the American Fisheries Society*. — 2004. — Vol. 133. — P. 984.
8. Терновая Л.В. Экологический мониторинг малых водных объектов / Л.В. Терновая, А.В. Скрипник, С.Ю. Коломоец. — EDN UGVJWB // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. — 2015. — № 8 (130). — С. 53–57.
9. Турабекова А.А. Качество поверхностных вод реки Степной Зай по результатам многолетнего мониторинга / А.А. Турабекова. — EDN MABCND // *Вестник науки*. — 2022. — Т. 2, № 5 (50). — С. 109–117.
10. Крощенко Т.И. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод озер бассейна реки западная Двина / Т.И. Крощенко. — EDN VVPNFO // *Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий: современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы междунар. науч. конф., Витебск, 16–17 дек. 2010 г.* / отв. ред. В.Я. Кузьменко. — Витебск, 2010. — С. 163–165.
11. Казанцева Л.Н. Экологический мониторинг поверхностных вод в водосборных бассейнах ХМАО-Югры / Л.Н. Казанцева. — EDN PYFIBR // *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий*. — 2019. — № 7. — С. 208–212.
12. Иованович Л.Н. Мониторинг химического состава поверхностных вод в Сербии / Л.Н. Иованович, В.Н. Буразор. — EDN XWHWXJ // *Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах : материалы III Междунар. шк.-семинара молодых исследователей, Тюмень, 23–28 апр. 2018 г.* / под ред. В.А. Боева, А.И. Сысо, В.Ю. Хорошавина. — Тюмень, 2018. — С. 67–80.

REFERENCES

1. Sparks R.E. Need for Ecosystem Management of Large Rivers and Their Floodplains. *BioScience*, 1995, vol. 45, no. 3, pp. 168–182. EDN: BXKTTH.
2. Bayley P.B. Understanding Large River-floodplain Ecosystems. *BioScience*, 1995, vol. 45, no. 3, pp. 153–158. EDN: BXKTSN.
3. Nilsson C., Reidy C.A., Dynesius M., Revenga C. Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. *Science*, 2005, no. 308, pp. 405–408. DOI: 10.1126/science.1107887.
4. Izrael Yu.A. (ed.) *Integrated Monitoring of the Environment and Climate. Limits of Changes*. Moscow, Nauka Publ., 2001. 239 p.
5. Yager L., Dixon M., Cowman T., Soluk, D. Historic Changes (1941–2008) in Side Channel and Backwater Habitats on an Unchannelized Reach of the Missouri River: River. *Research and Applications*, 2011, vol. 29, no. 4, pp. 493–501.
6. Teck-Yee Ling, Gerusin N., C.L. Soo, Lee Nyanti. Seasonal Changes and Spatial Variation in Water Quality of a Large Young Tropical Reservoir and Its Downstream River. *Journal of Chemistry*, 2017, vol. 2, pp. 1–16. DOI: 10.1155/2017/8153246.
7. Koel T.M. Spatial Variation in Fish Species Richness of the Upper Mississippi River System. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2004, vol. 133, pp. 984. DOI: 10.1577/T03-089.1.

8. Ternovaya L.V., Skripnik A.V., Kolomoets S.Yu. Environmental Monitoring of Small Water Bodies. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2015, no. 8, pp. 53–57. (In Russian). EDN: UGVJWB.

9. Turabekova A.A. Surface Water Quality Steppe Zai Rivers by Results Multi-year Monitoring. *Vestnik nauki* = *Journal of Science*, 2022, vol. 2, no. 5, pp. 109–117. (In Russian). EDN: MABCND.

10. Kroshchenko T.I. Hydrochemical Monitoring of Surface Waters of Lakes in the Western Dvina River Basin. In Kuzmenko V.Ya. (ed.). *Ecosystems of Swamps and Lakes of the Belarusian Lake District and Adjacent Territories: Current State, Problems of Use and Protection. Materials of the International Scientific Conference, Vitebsk, December 16–17, 2010*. Vitebsk, 2010, pp. 163–165. (In Russian). EDN: VVPNFO.

11. Kazantseva L.N. Ecological Monitoring of Surface Waters in the Drainage Basins of Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra. *Geologiya, geoekologiya i resursnyi potentsial Urala i sopredel'nykh territorii* = *Geology, Geoecology and Resource Potential of the Urals and Adjacent Territories*, 2019, no. 7, pp. 208–212. (In Russian). EDN: PYFIBR.

12. Iovanovich L.N., Burazor V.N. Monitoring the Chemical Composition of Surface Waters in Serbia. In Boeva V.A., Syso A.I., Khoroshavina V.Yu. (eds.). *Biogeochemistry of Chemical Elements and Compounds in Natural Environments. Materials of the III International School-Seminar of Young Researchers, Tyumen, April 23–28, 2018*. Tyumen, 2018, pp. 67–80. (In Russian). EDN: XWHWXJ.

Информация об авторах

Тагиров Ризван Ризванулаевич — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории рационального использования лесных ресурсов, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: trr.science@yandex.ru, SPIN-код: 3663-7215, AuthorID РИНЦ: 1207964.

Спицына Татьяна Павловна — кандидат технических наук, доцент кафедры лесоводства, охраны и защиты леса, Институт лесных технологий, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории рационального использования лесных ресурсов, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: t-spitsina@mail.ru, SPIN-код: 4162-3237, AuthorID РИНЦ: 184224.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования

Тагиров Р.Р. Разработка системы мониторинга состояния и загрязнения поверхностных вод суши в районе проектирования Нижнебогучанской ГЭС / Р.Р. Тагиров, Т.П. Спицына. — DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(3).571-580. — EDN ZFWWLG // Известия Байкальского государственного университета. — 2023. — Т. 33, № 3. — С. 571–580.

Authors

Rizvan R. Tagirov — Researcher, Forest Management Research Laboratory, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, the Russian Federation, e-mail: trr.science@yandex.ru, SPIN-Code: 3663-7215, AuthorID RSCI: 1207964.

Tatyana P. Spitsyna — Ph.D. in Technology, Associate Professor of Department of Forestry, Forest Protection and Protection, Institute of Forest Technologies, Senior Researcher at the Forest Management Research Laboratory, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, the Russian Federation, e-mail: t-spitsina@mail.ru, SPIN-Code: 4162-3237, AuthorID RSCI: 184224.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

For Citation

Tagirov R.R., Spitsyna T.P. Development of a System for Monitoring the State and Pollution of Land Surface Water in the Design Area of the Nizhneboguchanskaya HPP. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta* = *Bulletin of Baikal State University*, 2023, vol. 33, no. 3, pp. 571–580. (In Russian). EDN: ZFWWLG. DOI: 10.17150/2500-2759.2023.33(3).571-580.