



УДК [528.8.042.6:528.855]+[504.455:556.5.048]

Влияние сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим озера Гусиное

Б. З. Цыдыпов¹, С. Г. Андреев¹, А. А. Аюржанаев¹,
Б. В. Содномов¹, Б. О. Гуржапов¹, Э. А. Батоцыренов¹,
И. А. Павлов¹, В. Г. Ширеторова¹, И. Д. Ульзетуева¹,
Д. А. Габеева², Л. Д. Раднаева^{1, 2}, Е. Ж. Гармаев^{1, 2}

¹ Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ

² Бурятский государственный университет, Улан-Удэ

Аннотация. Статья посвящена оценке неблагоприятного воздействия Гусиноозерской ГРЭС на экосистему оз. Гусиное. Создана новая карта глубин оз. Гусиное на основе батиметрической съемки 2016 г. с использованием эхолота Lowrance LMS 525CDF. Определены поля распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования (использованы тепловые каналы спектрорадиометра TIRS спутника Landsat-8) и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков, установленных перед пролетами спутника Landsat-8. На полученных картах хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС. Применение новых подходов анализа и обработки термической информации позволило получить количественные характеристики аномальности температурных полей поверхности оз. Гусиное от сбросов подогретых вод Гусиноозерской ГРЭС и выявить особенности ее пространственной изменчивости. Эмпирическая формула конвертации спутниковых данных в значения температуры подстилающей поверхности требует пересмотра поправочных коэффициентов для водной поверхности. Определен макрокомпонентный и микроэлементный состав воды озера. Оценено негативное воздействие ГРЭС, жилищно-коммунальных объектов населенных пунктов и основных притоков оз. Гусиное на химический состав воды озера. Содержание биогенных веществ (соединений азота и фосфора) является повышенным в местах выраженной антропогенной нагрузки. Отмечено значительное снижение качества воды в озере в результате техногенного загрязнения.

Ключевые слова: оз. Гусиное, ГРЭС, тепловое воздействие, Landsat, автоматический регистратор температуры, химический состав вод.

Введение

Озеро Гусиное (рис. 1) – крупнейшее озеро на территории Байкальской природной территории после оз. Байкал, относится к малопроточным водоемам с замедленным водообменом. Озеро расположено в имеющей тектоническое происхождение Гусиноозерской межгорной котловине. Площадь водосборного бассейна равна 924 км², площадь водного зеркала – 164 км², длина – 24,8 км, средняя ширина – 8 км, максимальная глубина – 26 м, средняя глубина – 15 м. Объем водной массы – 2,4 км³. Максимальная амплиту-

да колебаний уровня достигает 0,95 м, среднегодовая амплитуда – 0,37 м. Абсолютная высота уреза воды составляет 551 м [2].

Антропогенная нагрузка на водоем значительна. В многолетней динамике наблюдается увеличение объемов сброса сточных вод вследствие увеличения объемов забора водных ресурсов на выработку электроэнергии и в связи с ростом населения.

В окрестностях г. Гусиноозерска и оз. Гусиное сформировался Гусиноозерский промышленный комплекс, являющийся одним из крупнейших в Республике Бурятия. Он включает энергопроизводящие, перерабатывающие и транспортные предприятия, большая часть которых вместе с г. Гусиноозерском расположена на северном и северо-восточном побережьях озера. В юго-западной части озера находится пос. Гусиное Озеро с железнодорожной станцией и локомотивным депо. Все эти объекты потребляют и загрязняют огромное количество воды. Наиболее масштабным загрязнителем на данной территории является Гусиноозерская ГРЭС, которая потребляет 85,1 % от суммарного водоотбора поверхностных вод Республики Бурятия. На экологическое состояние озера оказывают влияние и нерекультивированные терриконы вскрышных пород Холбольджинского угольного разреза, расположенные вдоль всего восточного побережья. Большое влияние на экологическое состояние озера также оказывают огромные массы атмосферных выбросов ГРЭС (в среднем 830 т/год), которые осаждаются на поверхность озера [1].

Озеро является основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения более 31 тыс. жителей г. Гусиноозерска, поселков Гусиное Озеро, Бараты, ст. Муртой, ряда прибрежных баз и стационаров. В то же время озеро служит приемником очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод станции биологической очистки г. Гусиноозерска и сточных вод без биологической очистки пос. Гусиное Озеро. На очистных сооружениях применяются механическая и биологическая очистка, после чего воды хлорируются и сбрасываются в озеро. Качество очистки вод низкое. Причина невысокого качества сточных вод обусловлена перегруженностью очистных сооружений, особенно в зимнее время. Летом, после сильных ливневых дождей, и весной, в связи с таянием снега, все потоки с мусорных городских свалок попадают напрямую в озеро [4].

Пуск первого энергоблока Гусиноозерской ГРЭС был осуществлен в декабре 1976 г. С 2014 г. станция вышла на уровень мощности в 1100 МВт. За годы деятельности станция выработала более 100 млрд кВт·ч электроэнергии. В качестве топлива для ГРЭС используются бурые угли Хольбольджинского угольного разреза.

Озеро Гусиное является естественным водоемом-охладителем с оборотной системой водообмена и включает в себя ряд гидротехнических сооружений: глубинный водозабор ($15 \text{ м}^3/\text{с}$), открытый подводящий канал, циркуляционные насосы, сифонный колодец, отводящий канал. Поступающая вода охлаждает турбогенераторы станции, конденсируя отработанный водяной пар, после чего, нагретая примерно на $10 \text{ }^\circ\text{C}$, возвращается по от-

крытому каналу в северо-восточную часть озера, вызывая периодически нарушения естественного температурного режима и воздействуя на многие природные процессы, состав и структуру биоценозов [7]. Время прохождения от забора до сброса составляет 15 мин. В 2014 г. сброс теплых нормативно чистых сточных вод после охлаждения оборудования в оз. Гусиное составил 400 млн м³.

Озеро является ценным рыбохозяйственным водоемом высшей категории, где температура воды не должна повышаться более чем на 5 °С по сравнению с естественной температурой водного объекта, с общим повышением температуры не более чем до 20 °С летом и 5 °С зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы [5]. Нами наблюдается превышение рекомендованных температурных требований. Так, по данным натурных измерений в 2013, 2014 и 2016 гг. сотрудников Байкальского института природопользования СО РАН, температура воды в зимний период в сбросном канале и акватории озера имела различие на 14–16 °С, а в летний – на 11–14 °С. В частности, на 10 марта 2016 г. температура воды водозабора была равна +5 °С, а температура воды сброса – +19 °С [6].

Цель работы – оценить влияние сбросов теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на температурный режим оз. Гусиное методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков, а также на его химический состав.

Батиметрическая карта оз. Гусиное

Для актуализации карты глубин оз. Гусиное в марте и июле 2016 г. проведена батиметрическая съемка с использованием эхолота Lowrance LMS 525CDF. За основу была взята карта глубин, полученная Б. В. Шостаковичем в 1912 г. (масштаб: 3 версты в 1 дюйме) [8]. Характеристики эхолота: 500 kHz двухчастотный (двухлучевой) излучатель, глубина локации до 760 м, GPS-позиционирование. Дополнительно производится запись сопутствующей информации о температуре воды, скорости движения и пройденном расстоянии в виде лог-файлов (эхограмм).

В программном комплексе ArcGIS 10.2 создана батиметрическая карта озера со следующими векторными слоями: 1) изобаты (через каждые 5 м) и профили по данным съемки Б. В. Шостаковича 1912 г.; 2) изобаты (через 1 м) и профили по данным собственной съемки 2016 г. (рис. 1). В атрибутах слоя глубин указаны данные о температуре, основных физико-химических параметрах (растворенный кислород, загрязняющие вещества и т. д.) и рельефе дна.

Также на основе весенней съемки составлена карта толщины льда.

Подспутниковые работы по оценке распространения теплового загрязнения от сбросов Гусиноозерской ГРЭС

Тепловая инфракрасная съемка постепенно находит свое применение практически во всех направлениях географических исследований ввиду ее преимуществ перед съемкой в видимом диапазоне. Например, для монито-

ринга состояния не только вод океанов и морей, но и внутренних водоемов и водотоков. Наиболее распространенный продукт, получаемый по данным тепловых изображений, – это карты пространственного распределения температуры поверхности суши и водоемов. Благодаря тепловой съемке можно дистанционно следить за температурным режимом внутренних водоемов и водотоков, проводить исследования ледового покрова, выявлять тепловые аномалии, а также вести контроль несанкционированных выпусков сбросовых вод (промышленных и коммунальных) во внутренние водные объекты суши. Тепловое загрязнение возникает вследствие сброса подогретых выше естественной температуры вод, используемых для охлаждения конденсаторов турбин тепловых и атомных электростанций. Крупные тепловые электростанции мощностью 2100–2400 мВт забирают для охлаждения своих агрегатов 70–90 м³/с воды. Такое большое количество воды и предопределило тот факт, что крупные электростанции (ГРЭС и АЭС) строятся на берегах больших водных объектов, которые стали выполнять и еще одну функцию – функцию водоемов-охладителей.

3–4 апреля, 21–22 мая и 22–23 июня 2017 г. проведены три полевые экспедиции по оценке распространения теплового загрязнения на оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС. Работы были приурочены к пролетам спутника Landsat-8 (Path (виток) = 132, Row (залет) = 24), который находился над северной оконечностью оз. Гусиное в 12 ч местного времени 4 апреля, 22 мая и 23 июня. Предварительно в северной части акватории (месте сброса теплых вод ГРЭС) были установлены автоматические регистраторы температуры НОВО, откалиброванные ранее в лабораторных условиях.

Определены поля распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования [3]. Задействованы тепловые каналы (№ 10 и 11) сенсора TIRS спутника Landsat-8 из бесплатного открытого сервиса GloVis Геологической службы США (<http://glovis.usgs.gov>). Используемое программное обеспечение: 1) пакет для обработки и анализа аэрокосмических данных ENVI 4.8; 2) геоинформационная система ArcGIS 10.2.

Метод основан на линейных соотношениях между спутниковыми измерениями (радиационными температурами) в тепловом канале и температурой подстилающей поверхности. Алгоритм конвертации спутниковых данных в значения температур подстилающей поверхности осуществляется в два этапа: 1) пересчет значений спектральной яркости в реальные значения приходящего излучения на сенсор; 2) пересчет значений излучения на сенсоре в значения температуры. Параметры для подстановки в формулы пересчета взяты из сопроводительных метафайлов (количество приходящего излучения на сенсор, минимальное и максимальное калиброванные значения спектральной яркости и т. д.).

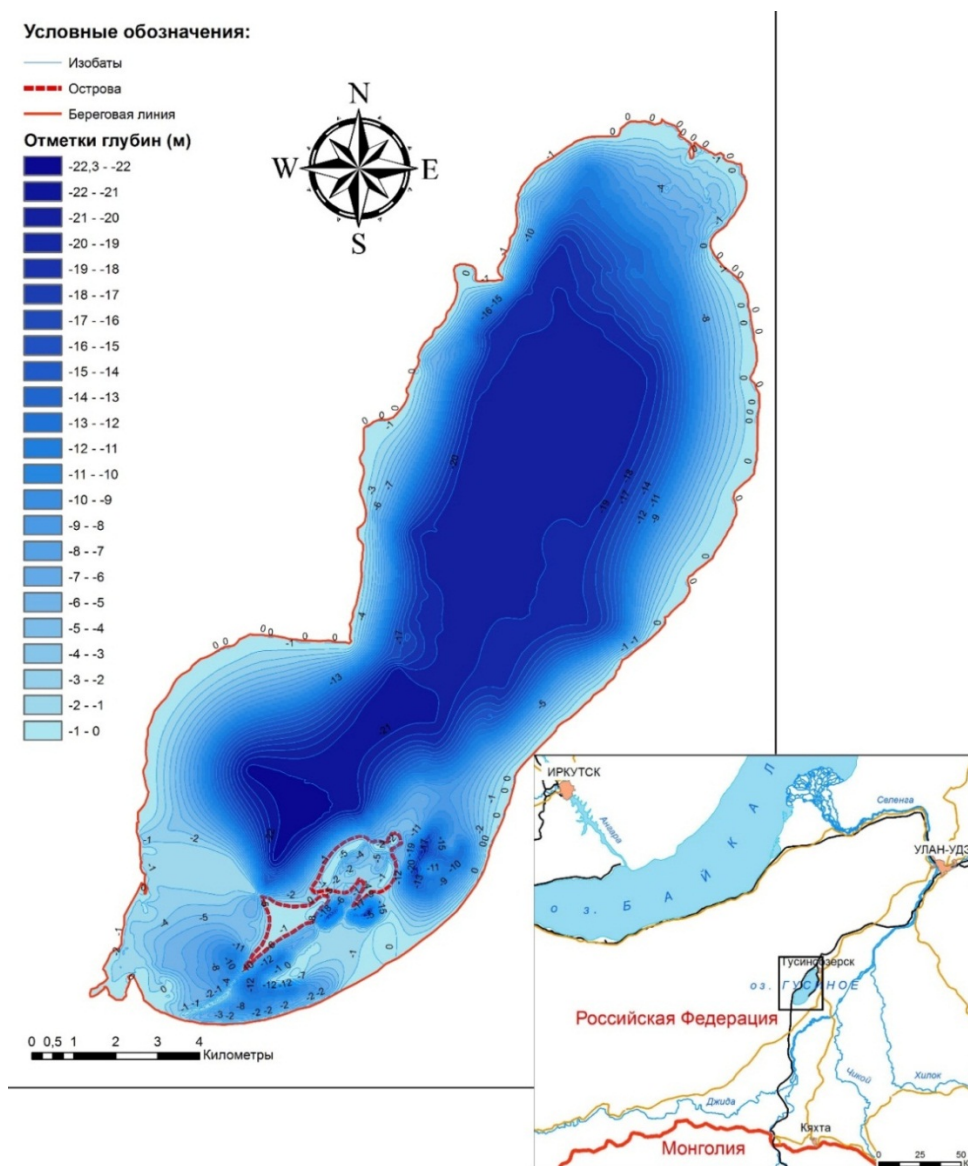


Рис. 1. Батиметрическая карта оз. Гусиное

Важной составляющей получения достоверных карт температуры подстилающей поверхности по спутниковым материалам является отсутствие облачности. К сожалению, 4 апреля наблюдалась сплошная облачность, и пришлось задействовать ближайший по времени снимок от 26 марта с нулевой облачностью. На снимке от 22 мая присутствовала относительно небольшая облачность (34%), но сплошной облачный покров был сконцентрирован именно в месте установки температурных датчиков, поэтому снимок был забракован. Снимок от 23 июня идеален в плане отсутствия облачности (табл. 1).

Таблица 1

Наличие облачности в месте сброса пролета спутника Landsat-8

№ п/п	Дата съемки	Облачность, %
1	26 марта 2017 г.	0
2	4 апреля 2017 г.	96
3	22 мая 2017 г.	34
4	23 июня 2017 г.	0

По состоянию на 4 апреля от сбросов теплых вод ГРЭС образовалась полынья размерами 3×3 км. Для валидации температурных полей, полученных в результате обработки данных TIRS/Landsat-8 (рис. 2), в приповерхностном слое воды были установлены автономные регистраторы температуры НОВО (погрешность 0,56 °С). Частота измерения датчиков составляет 1 мин. Для калибровки данных измерений оценены поправочные отклонения от среднего для каждого регистратора. Для оценки горизонтального распределения температур регистраторы были установлены в 10 точках северной части акватории озера. Картограмма температуры поверхности воды получена интерполяцией значений термодатчиков методом «ближайшего соседа» (рис. 3). Следует констатировать, что как таковой валидации температурных полей выполнить не удалось ввиду использования снимка от 26 марта взамен некачественного снимка от 4 апреля, но все-таки общая закономерность в распространении тепловых полей на полученных картограммах явно прослеживается. Так, на картограмме, по данным TIRS/Landsat-8, хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС, и температура поверхности воды достигает 14 °С в месте сброса теплых вод (см. рис. 2). Отметим, что для визуализации тепловых полей на обеих картограммах применено разделение на 13 одинаковых градаций.

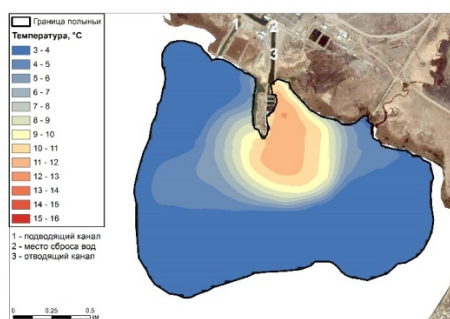


Рис. 2. Температурные поля на основе данных TIRS/Landsat-8 от 26.03.2017

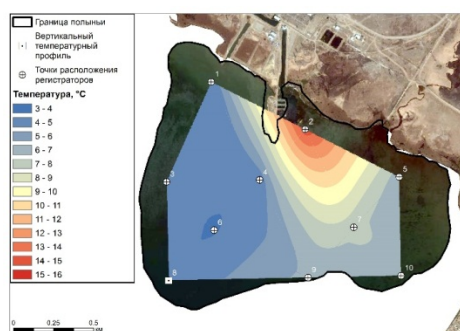


Рис. 3. Температурные поля на основе данных регистраторов НОВО, состояние на 04.04.2017

В день пролета спутника, 23 июня, наблюдалось безоблачное небо (см. табл. 1). На рисунке 4 представлена картограмма температурных полей поверхности воды на основе данных TIRS/Landsat-8. В приповерхностном

водном слое были заранее установлены регистраторы НОВО в 13 точках северной части акватории: дополнительно установлены 3 точки к тем же 10 точкам, что и в мартовском эксперименте (рис. 5, табл. 2).

К сожалению, явных аномальных температурных полей от сбросов электростанции выявить не удалось ввиду очень высокой температуры окружающего воздуха (+35 °С) и, вследствие этого, «разбавления» сбросных вод в прогретой воде побережья. Опять же повторимся: общая закономерность в распространении тепловых полей на полученных картах явно прослеживается.

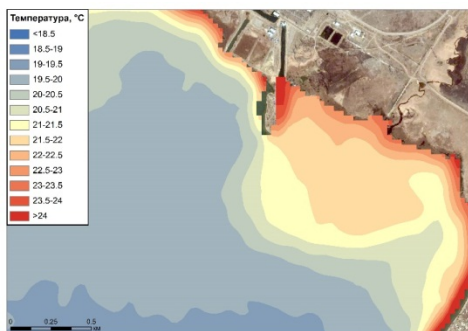


Рис. 4. Температурные поля на основе данных TIRS/Landsat-8 от 23.06.2017

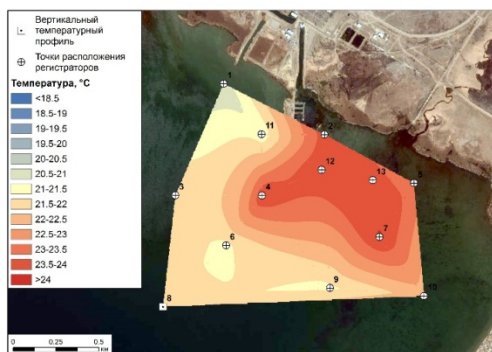


Рис. 5. Температурные поля на основе данных регистраторов НОВО, состояние на 23.06.2017

Таблица 2
Температура поверхности воды оз. Гусиное по данным тепловой спутниковой съемки TIRS/Landsat-8 и регистраторов НОВО, 23.06.2017

№ точки	Глубина в точке съемки, м	Landsat-8 (канал 10), °С	Landsat-8 (канал 11), °С	НОВО, °С	Ошибка НОВО – Landsat-8 (канал 10), °С	Ошибка НОВО – Landsat-8 (канал 11), °С
1	0,49	20,08	19,03	20,71	-0,63	-1,68
2	0,70	21,77	20,44	23,77	-2,00	-3,33
3	4,62	19,79	18,86	21,86	-2,07	-3,00
4	3,23	20,58	19,46	22,62	-2,04	-3,16
5	0,67	21,80	20,40	23,29	-1,49	-2,89
6	5,00	19,64	18,46	21,38	-1,74	-2,92
7	2,87	21,73	20,26	24,06	-2,33	-3,80
8а	6,39	19,53	18,60	21,66	-2,13	-3,06
8б				17,09		
8в				15,47		
9	3,71	19,98	18,78	21,38	-1,40	-2,60
10	2,72	20,62	19,49	22,24	-1,62	-2,75
11	0,86	20,14	19,09	21,09	-0,95	-2,00
12	2,00	21,65	20,26	23,97	-2,32	-3,71
13	1,03	21,82	20,49	23,97	-2,15	-3,48

Установлено, что значения температуры, рассчитанные по данным тепловой космической съемки, ниже данных прямых измерений температуры водной поверхности. Отличие температуры поверхностного слоя воды по данным регистраторов НОВО и спутниковой тепловой инфракрасной съемки достигает $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, минимальное отличие равно $0,63\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. табл. 2).

Вертикальный температурный профиль определен по данным трех регистраторов, размещенных на поверхности воды и глубинах 2,0 и 6,0 м в точке 8 с глубиной 6,39 м. Обратной стратификации не наблюдалось, ход температуры имеет классический характер прямой стратификации (рис. 6, 7).

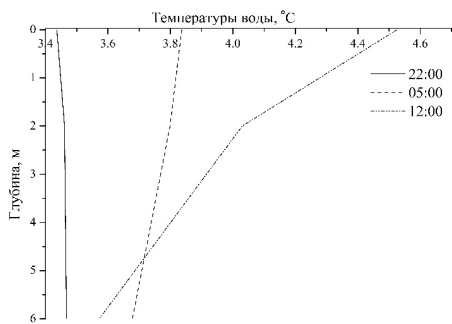


Рис. 6. Вертикальный температурный профиль по данным регистраторов НОВО, 3–4 апреля 2017 г.

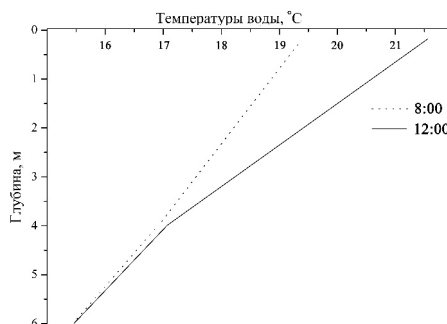


Рис. 7. Вертикальный температурный профиль по данным регистраторов НОВО, 23 июня 2017 г.

Резюмируя, можно сказать, что эмпирическая формула конвертации спутниковых данных в значения температуры подстилающей поверхности требует пересмотра поправочных коэффициентов для водной поверхности.

Гидрохимические исследования

Отбор проб воды на оз. Гусиное осуществлен в марте 2016 г. в ледовой фазе по четырем профилям, повторяющим промеры В. Б. Шостаковича [8]. На каждой станции были отобраны пробы воды с поверхности, глубины 10 м и придонного слоя, а на глубинах менее 10 м пробы были отобраны только с поверхности и придонного слоя. Всего отобраны 62 пробы.

Определение макрокомпонентного состава проб воды озера проведено с использованием общепринятых в гидрохимии методов. Содержание катионов и анионов в воде выявлено с помощью ионного хроматографа Dionex ICS 1600. Микроэлементный состав воды установлен с помощью современных спектральных методов, в частности с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭ) Profile Plus производства США (Teledyne).

В пробах воды непосредственно на месте отбора проб определялись температура, минерализация, значения pH, концентрация растворенного кислорода. Минерализация по всей акватории отличается незначительно и составляет $380\text{--}400\text{ мг/дм}^3$, по щелочной реакции среды — воды слабоще-

лочные, значения рН в пределах 6,6–8,3, содержание кислорода варьировало в пределах 8,7–9,9 мг/дм³, в зоне сброса термальных вод – 5,9–6,3 мг/дм³. Преобладающими ионами в макрокомпонентном составе вод являются гидрокарбонат-ион (198–214 мг/дм³), сульфат-ион (66–73 мг/дм³), ионы натрия (49–54 мг/дм³) и кальция (30–33 мг/дм³). Содержание биогенных веществ (соединений азота и фосфора) также является повышенным в местах выраженной антропогенной нагрузки, к которым относятся места сброса сточных вод ЖКХ г. Гусиноозерска и р. Тель. По всей акватории озера наблюдается повышенное содержание фторид-ионов в концентрациях выше ПДК_{р/х}.

Микроэлементный состав природных вод является важнейшим показателем степени загрязнения окружающей среды. Среди компонентов химического состава поверхностных вод соединения металлов занимают одно из важных положений. Это обстоятельство обусловлено их специфическими свойствами в водной среде: поливалентностью, высокой реакционной способностью, биологической активностью, благодаря которым металлы участвуют практически во всех физико-химических, химических и биологических процессах, протекающих в водных объектах. Количественно были определены 10 элементов: Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, As, Mo, Mn. Анализ микроэлементного состава воды показал, что содержания железа и марганца в целом по акватории озера не превышали значений ПДК_{р/х} и находились в пределах 0,019–0,049 и 0,001–0,015 мг/дм³ соответственно. Превышение ПДК_{р/х} в 10 раз по марганцу наблюдалось в районе сброса очистных сооружений г. Гусиноозерска. Содержание цинка и меди в акватории озера составило 0,002–0,134 и 0,0003–0,0026 мг/дм³ соответственно, в зоне влияния ГРЭС концентрация цинка достигала 13 ПДК, меди – 2,6 ПДК. По содержанию свинца превышения ПДК (до 1,6 ПДК) фиксировались в придонном слое воды в единичных случаях. Большое влияние на озеро по сумме элементов оказывают непосредственно ГРЭС и очистные сооружения г. Гусиноозерска (рис. 8).

Химический состав воды на разных глубинах следующий: по концентрации растворенного кислорода более низкие значения у дна, по сумме элементов выведена следующая закономерность – максимальные концентрации элементов фиксировались в придонном слое (это связано с изменением окислительно-восстановительного потенциала, что в зимний период приводит к высвобождению элементов из донных осадков в воду), а высокие значения в поверхностном слое связаны с высаливанием веществ из льда (рис. 9). Таким образом, донные отложения являются депонирующей средой для токсичных микроэлементов, при изменении физико-химических условий в водоеме они могут стать источником их вторичного поступления сначала в поровые воды, а затем – и в поверхностные.

Также на качество воды особое влияние оказывают основные притоки озера, такие как р. Тель, которая подвержена большой антропогенной нагрузке (рис. 10).

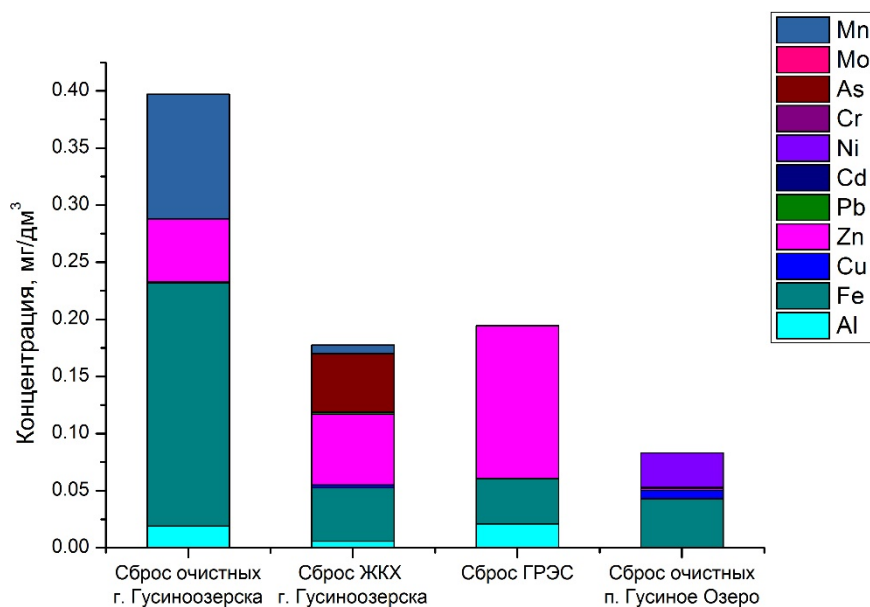


Рис. 8. Химический состав вод, сбрасываемых промышленными предприятиями в оз. Гусиное

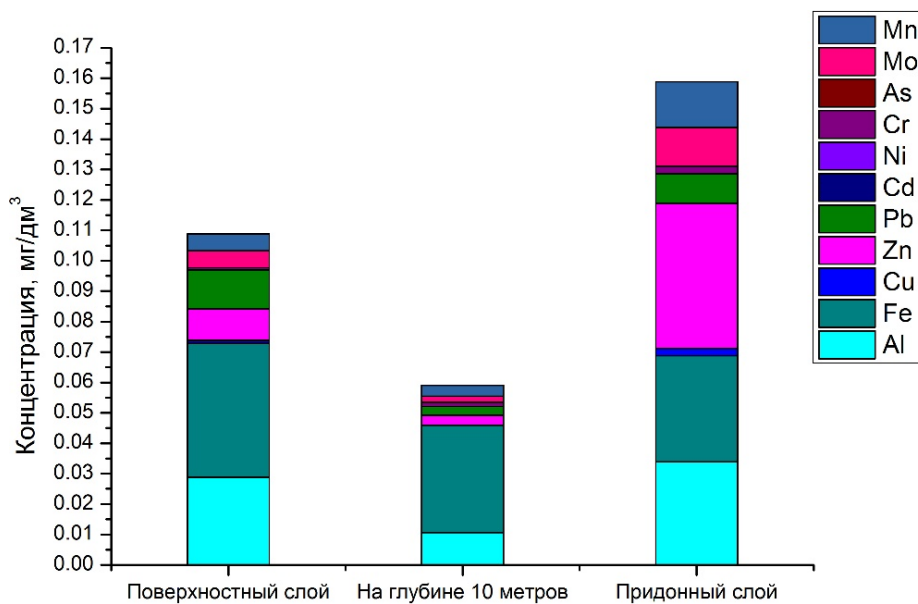


Рис. 9. Химический состав воды оз. Гусиное на глубинах

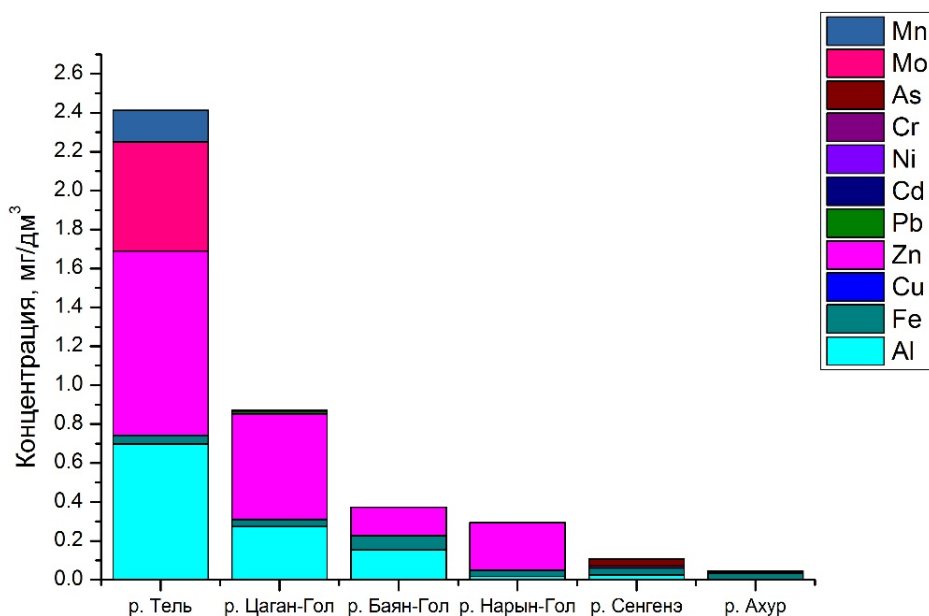


Рис. 10. Вклад основных притоков оз. Гусиное на качество воды

Проведенные исследования показали, что воды озера по составу являются сульфатно-гидрокарбонатными кальциево-натриевого типа. Сравнение результатов гидрохимических исследований, проведенных до строительства Гусиноозерской ГРЭС и начала промышленной разработки Хольбольтжинского угольного разреза в 1965 г., показало, что за 50 лет произошел рост минерализации воды с соответствующим увеличением содержания ионов в макрокомпонентном составе, в особенности сульфат-ионов и щелочных металлов. В зоне влияния ГРЭС в концентрациях выше ПДК_{р/х} были обнаружены ионы меди, цинка, свинца и марганца. Данное повышение обусловлено не только уменьшением проточности озера, но и непосредственным влиянием Гусиноозерской ГРЭС [4].

Заключение

Применение новых подходов анализа и обработки спутниковой термической информации позволило получить количественные характеристики аномальности температурных полей поверхности оз. Гусиное от сбросов теплых вод Гусиноозерской ГРЭС и выявить особенности ее пространственной изменчивости.

Установлено, что эмпирическая формула конвертации спутниковых данных в значения температур подстилающей поверхности требует пересмотра поправочных коэффициентов для водной поверхности.

Оценено негативное воздействие ГРЭС, жилищно-коммунальных объектов населенных пунктов и основных притоков оз. Гусиное на химический состав воды озера. Использование природного оз. Гусиное в качестве водоема-охлаждителя привело к развитию процессов эвтрофикации, и водоем бу-

дет не пригоден для хозяйственно-питьевого, рыбохозяйственного и рекреационного использования.

Увеличение техногенной нагрузки и мощности ГРЭС актуализирует вопрос об оценке современного состояния экосистемы водоема и прогноза возможностей дальнейшего использования воды оз. Гусиное для питьевого водоснабжения и применения подземных вод в качестве альтернативного варианта.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований IX.137.2 «Природные и социально-экономические процессы в зоне влияния Великого шелкового и чайного пути в условиях глобализации и изменения климата» и при финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-05-00822 «Трансформация веществ в экосистеме оз. Гусиное».

Список литературы

1. Батуева Э. М. Влияние техногенной нагрузки на качество воды озера Гусиное (Республика Бурятия) / Э. М. Батуева // Современные исследования в геологии : Всерос. науч.-практ. молодеж. конф. : сб. тез. (25–27 марта 2016 г., Санкт-Петербург). – СПб., 2016. – С. 93–94.
2. Борисенко И. М. Экология озера Гусиное / И. М. Борисенко, Н. М. Пронин, Б. Б. Шайбонов. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. – 199 с.
3. Гуржапов Б. О. Оценка распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС / Б. О. Гуржапов, Б. З. Цыдыпов, Е. Ж. Гармаев // Проблемы устойчивого развития региона : материалы докл. VIII шк.-семинара молодых ученых России (23–27 июня 2016 г., Улан-Удэ). – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. – С. 80–84.
4. Гусиное озеро как индикатор загрязнения акватории Байкала / И. Д. Ульзетуева, В. В. Хахинов, Б. Б. Намсараев, И. В. Звонцов // Экология и промышленность России. – 2001. – № 9. – С. 30–31.
5. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ М-ва сел. хоз-ва РФ от 13 дек. 2016 г. № 552 // КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : справочная правовая система.
6. Оценка влияния сброса теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на динамику ледового режима озера Гусино (Западное Забайкалье) / Н. С. Чебунина, З. З. Пахахинова, А. Н. Бешенцев, В. Б. Батоев // Политемат. сетев. электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 116. – С. 301–308.
7. Цибудеева Д. Ц. Геоэкологические условия водопользования в речных бассейнах Республики Бурятия : автореф. ... канд. геогр. наук / Д. Ц. Цибудеева. – Барнаул, 2014. – 29 с.
8. Шостакович В. Б. Отчет о поездке на Гусиное озеро / В. Б. Шостакович // Изв. Рус. геогр. о-ва. – СПб., 1916. – Вып. 6. – С. 459–492.

Impact of Discharges of Gusinozerskaya Power Plant on Thermal and Hydrochemical Regime of Lake Gusinoe

B. Z. Tsydypov¹, S. G. Andreev¹, A. A. Ayurzhanayev¹,
B. V. Sodnomov¹, B. O. Gurzhapov¹, E. A. Batotsyrenov¹,
I. A. Pavlov¹, V. G. Shiretorova¹, I. D. Ulzetueva¹, D. A. Gabeeva²,
L. D. Radnaeva^{1,2}, E. Zh. Garmaev^{1,2}

¹ *Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude*

² *Buryat State University, Ulan-Ude*

Abstract. This article is devoted to the assessment of the unfavorable impact of the Gusinozerskaya Power Plant on the ecosystem of Lake Gusinoe. The new bathymetric map of Lake Gusinoe is created on the basis of the bathymetric survey in 2016 using the depth indicator Lowrance LMS 525CDF. Fields of distribution of thermal pollution of Lake Gusinoe from discharges of Gusinozerskaya State District Power Plant are determined using methods of thermal infrared remote sensing (thermal bands of Landsat-8 TIRS spectroradiometer) and automatic digital recording of hydrothermal sensors, which were placed before Landsat-8 scanning. On the resulting maps, the direct impact of the power plant is clearly visible. The application of new approaches to the analysis and processing of thermal information has made it possible to obtain quantitative characteristics of the anomalous thermal fields of Lake Gusinoe surface from discharges of heated waters of Gusinozerskaya Power Plant and to reveal features of its spatial variability. The empirical formula for converting satellite data into surface temperature requires a revision of the correction coefficients for the water surface. The macrocomponent and microelement composition of the lake water are determined. The negative impact of the power plant, housing and utility companies of settlements and main tributaries of the lake on the chemical composition of the lake's water was estimated. The content of biogenic substances (nitrogen and phosphorus compounds) is higher in places of anthropogenic load. There is a significant decrease in the quality of water in the lake as a result of anthropogenic pollution.

Keywords: Lake Gusinoe, State District Power Plant, thermal effect, Landsat, automatic temperature recorder, chemical composition of waters.

References

1. Batueva E.M. Influence of anthropogenic impact on the water quality of Lake Gusinoe (Republic of Buryatia) *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya molodezhnaya konferentsiya «Sovremennye issledovaniya v geologii»* [Modern Research in Geology. All-Russian Research-to-Practice Youth Conference]. St. Petersburg, 2016, pp. 93-94 (in Russian).
2. Borisenko I.M., Pronin N.M., Shaybonov B.B. *Ekologiya ozera Gusinoe* [Ecology of Lake Gusinoe]. Ulan-Ude, 1994, 199 p.
3. Gurzhapov B.O., Tsydipov B.Z., Garmaev E.Zh. Assessment of the spread of thermal pollution of the lake Gusinoe from the discharges of the Gusinozerskaya GRES. *Problemy ustoichivogo razvitiya regiona: VIII shkola-seminar molodykh uchenykh Rossii* [Problems of the Sustainable Development of the Region. VIII School-Seminar of Young Scientists of Russia]. Ulan-Ude, 2016, pp. 80-84 (in Russian).
4. Ulzetueva I.D., Khakhinov V.V., Namsaraev B.B., Zvotsov I.V. Lake Gusinoe as indicator of pollution of the Baikal water area. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2001, N 9, pp. 30-31 (in Russian).
5. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of December 13, 2016 N 552 «About the approval of water quality standards for water bodies of fishery importance,

including standards for maximum permissible in water bodies of fishery importance». *KonsultantPlus* [ConsultantPlus], reference legal system.

6. Chebunina N.S., Pakhakhinova Z.Z., Beshentsev A.N., Batoev V.B. Assessment of the impact of the warm water discharge at the Gusinoozerskaya GRES on the dynamics of the ice regime of Lake Gusinoy (Western Transbaikalia) [Otsenka vliyaniya sbrosa teplykh vod Gusinoozerskoi GRES na dinamiku ledovogo rezhima ozera Gusinogo (Zapadnoe Zabaikal'e)]. *Polytematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University – Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Krasnodar, 2016, N 116, pp. 301-308 (in Russian).

7. Tsibudeeva D.T. Geocological conditions of water use in the river basins of the Republic of Buryatia. *Extended abstract of candidate's thesis*. Barnaul, 2014, 29 p. (in Russian).

8. Shostakovich V.B. Report on a trip to the Goose Lake. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Izvestia of the Russian Geographical Society], 1916, N 6, pp. 459-492 (in Russian).

Цыдыпов Баир Зугдырович
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: bz61@mail.ru

Tsydyrov Bair Zugdyrovich
Candidate of Sciences (Engineering),
Senior Research Scientist
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: bz61@mail.ru

Андреев Сергей Геннадьевич
кандидат географических наук, старший
научный сотрудник
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: baikal.andreev@gmail.com

Andreev Sergey Gennadyevich
Candidate of Sciences (Geography), Senior
Research Scientist
Baikal Institute of Nature Management SB
RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: baikal.andreev@gmail.com

Аюржанаев Александр Андреевич
кандидат технических наук,
научный сотрудник
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: aaayurzhanayev@yandex.ru

Ayurzhanayev Alexander Andreevich
Candidate of Sciences (Engineering),
Researcher Scientist
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: aaayurzhanayev@yandex.ru

Содномов Батор Валерьевич
инженер
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: sodnomov@binm.ru

Sodnomov Bator Valeryevich
Engineer
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: sodnomov@binm.ru

Гуржапов Баир Олегович
ведущий инженер

Gurzhapov Bair Olegovich
Leading Engineer

*Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: bair.gurzharov@yandex.ru*

*Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: bair.gurzharov@yandex.ru*

*Батоцыренов Эдуард Аюрович
кандидат географических наук,
научный сотрудник
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: edikbat@gmail.com*

*Batotsyrenov Eduard Ayurovich
Candidate of Sciences (Geography),
Research Scientist
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: edikbat@gmail.com*

*Павлов Игорь Артурович
кандидат фармацевтических наук,
научный сотрудник
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-49-97
e-mail: pavlov@binm.ru*

*Pavlov Igor Arturovich
Candidate of Sciences (Pharmaceutical),
Research Scientist
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-49-97
e-mail: pavlov@binm.ru*

*Ширеторова Валентина Германовна
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-49-97
e-mail: vshiretorova@rambler.ru*

*Shiretorova Valentina Germanovna
Candidate of Sciences (Engineering), Senior
Researcher
Baikal Institute of Nature Management SB
RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-49-97
e-mail: vshiretorova@rambler.ru*

*Ульзетуева Ирина Дабаявна
кандидат химических наук,
ведущий инженер
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-37-42
e-mail: idulz@yandex.ru*

*Ulzetueva Irina Dabaevna
Candidate of Sciences (Chemistry),
Leading Engineer
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-37-42
e-mail: idulz@yandex.ru*

*Габеева Дарима Аркадьевна
кандидат географических наук, доцент
Бурятский государственный университет
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
тел.: (3012) 21-09-86
e-mail: gabeeva@mail.ru*

*Gabeeva Darima Arkadyevna
Candidate of Sciences (Geography),
Associate Professor
Buryat State University
24a, Smolin st., Ulan-Ude, 670000
tel.: (3012) 21-09-86
e-mail: gabeeva@mail.ru*

Раднаева Лариса Доржиевна
доктор химических наук, профессор,
заведующий лабораторией
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-49-97
e-mail: radld@mail.ru

Radnaeva Larisa Dorzhievna
Doctor of Sciences (Chemistry),
Professor, Head of Laboratory
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-49-97
e-mail: radld@mail.ru

Гармаев Эндон Жамьянович
доктор географических наук,
профессор РАН, директор
Байкальский институт
природопользования СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8
тел.: (3012) 43-36-76
e-mail: garend1@yandex.ru

Garmaev Endon Zhamyanovich
Doctor of Sciences (Geography),
Professor RAS, Director
Baikal Institute of Nature Management
SB RAS
8, Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047
tel.: (3012) 43-36-76
e-mail: garend1@yandex.ru