

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБРЕЖНЫХ УЧАСТКОВ АКВАТОРИИ СУРГУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2018 г. Е.А. Шорникова, Е.А. Рыбчак

БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут, Россия

Ключевые слова: мониторинг, водные экосистемы, водоем-охладитель, гидрохимические показатели, антропогенная нагрузка, тепловое загрязнение, органические вещества, биогенные ионы, металлы, оценка качества воды, индикаторы антропогенной нагрузки.



Е.А. Шорникова



Е.А. Рыбчак

Водоохранилища-охладители тепловых электростанций представляют особый класс природно-технических систем, подсистемами которых являются, с одной стороны, природные геосистемы, с другой – производственные объекты и комплексы технологических процессов. Изучение закономерностей функционирования таких специфических экосистем представляется актуальным с точки зрения управления качеством

вод, рациональной организации водопользования, а также по причине их слабой изученности в условиях Севера Западной Сибири. Авторами впервые в Среднем Приобье проведен двухлетний мониторинг гидрохимических показателей и температурного режима водохранилища-охладителя тепловых электростанций в прибрежной зоне акватории. Предшествующие исследования велись только в рамках производственного мониторинга по нескольким показателям в трех точках в акватории водоема-охладителя ниже плотины ГРЭС предприятиями-водопользователями. Впервые для условий таежной зоны Западной Сибири проанализировано пространственное распределение концентраций биогенных ионов, солевого состава, рН, органических веществ, металлов в специфической природно-технической системе водохранилища Сургутских ГРЭС. Выявлены источники антропогенной нагрузки на водный объект. По результатам пространственного распределения показателей выделено три участка акватории Сургутского водохранилища: фоновый участок р. Черной; участок перед плотинной ГРЭС с преимущественно рекреационным характером антропогенной нагрузки; участок ниже плотины ГРЭС с техногенным характером антропогенной нагрузки. По результатам корреляционного анализа выявлены показатели – индикаторы характера антропогенной нагрузки в акватории водохранилища.

Активное освоение территории и развитие нефтегазодобычи на севере Западной Сибири во второй половине XX в. потребовали значительного и прогрессирующего количества электроэнергии, что послужило причиной строительства в окрестностях г. Сургу́та двух крупных тепловых электростанций, работающих на попутном нефтяном газе – Сургутской ГРЭС-1 в 1972 г. и Сургутской ГРЭС-2 в 1985 г. В системе водного хозяйства электростанций для охлаждения циркуляционной воды на расстоянии 8,5 км от устья р. Черной было сооружено объединенное водохранилище-охладитель площадью акватории 35 км² и емкостью 14,5 млн м³, средняя глубина водохранилища 5 м, максимальная глубина – 7 м [1].

Основными водопользователями объединенного водохранилища на р. Черной являются Сургутская ГРЭС-1 и ГРЭС-2. Характер антропогенного воздействия на экосистему водохранилища проявляется в тепловом загрязнении, которое обуславливает изменение среднегодовой температуры воды и отсутствие ледостава, а значит и изменение кислородного режима, а также других гидрохимических показателей. Кроме того, в границах площади водосбора р. Черной и в прибрежной зоне водохранилища расположены многочисленные садово-огороднические товарищества (СОТ), железная дорога, а также промышленные зоны предприятий г. Сургу́та и Сургутского района.

Объектом исследования является объединенный водоем-охладитель (водохранилище) ГРЭС-1 и ГРЭС-2, расположенный на территории г. Сургу́та Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. Фоновые наблюдения для оценки характера и интенсивности антропогенной нагрузки осуществлялись на р. Черной, выше по течению от плотины ГРЭС. Река Черная – сравнительно небольшой правобережный приток Оби в среднем ее течении. Длина реки до устья составляет 93 км, площадь водосбора – 776 км² [2].

Отбор проб поверхностных вод осуществляли в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [3] в 15 контрольных створах в прибрежной зоне акватории водохранилища в период осенней межени в 2014 и 2016 гг. Характеристика точек отбора проб приведена в табл. 1. Для диагностики состояния экосистемы водохранилища-охладителя выбраны 16 гидрохимических показателей, наиболее подходящих (с учетом региональных особенностей) для оценки характера и интенсивности антропогенной нагрузки [4]. Исследования выполняли с использованием методов: термометрического (температура), потенциметрического (рН, электропроводность), титриметрического (растворенный кислород, БПК₅, перманганатная окисляемость, хлориды, общая жесткость), спектрофотометрического (ион аммония, нитрит-ион), атомно-адсорбционной спектроскопии (ААС) – Cu, Cr, Ni, Pb, Mn, Zn) [4, 5]. Схема расположения точек отбора проб воды представлена на рис. 1.

Таблица 1. Характеристика точек отбора проб воды

| Номер пробы | Координаты | Местоположение |
|-------------|--------------------------------------|--|
| 1 | 61°32'48.96» с.ш. 73°34'96.61» в.д. | Фоновая проба, р. Черная |
| 2 | 61°33'10.27» с.ш. 73°36'64.84» в.д. | В районе СОР «Чернореченский» |
| 3 | 61°32'43.15» с.ш. 73°37'01.75» в.д. | В районе СОР «Родничок» |
| 4 | 61°32'67.45» с.ш. 73°38'33.93» в.д. | В районе СОР «Крылья Сургута» |
| 5 | 61°32'13.49» с.ш. 73°39'06.03» в.д. | В районе СОР «Чистые пруды» |
| 6 | 61°31'89.19» с.ш. 73°40'69.96» в.д. | В районе СОР «Буровик» |
| 7 | 61°32'36.56» с.ш. 73°42'18.45» в.д. | В районе СОР «Май», «Тюльпан» |
| 8 | 61°30' 39.21» с.ш. 73°41'92.73» в.д. | 1 км от СОР «Солнечное» |
| 9 | 61°29'58.83» с.ш. 73°49'02.52» в.д. | В районе СОР «Север» |
| 10 | 61°30'11.60» с.ш. 73°55'49.68» в.д. | Затон в районе СОР «Черемушки» |
| 11 | 61°30'00.06» с.ш. 73°54'81.88» в.д. | Верхняя точка водохранилища |
| 12 | 61°29'63.17» с.ш. 73°57'49.45» в.д. | В 2 км вдоль береговой линии от точки 11 |
| 13 | 61°28'09.37» с.ш. 73°52'17.63» в.д. | Водосбросной канал |
| 14 | 61°26'21.76» с.ш. 73°51'97.46» в.д. | В 100 м от шлюза паводкового водосброса |
| 15 | 61°26'17.12» с.ш. 73°52'11.62» в.д. | В 500 м от дамбы |

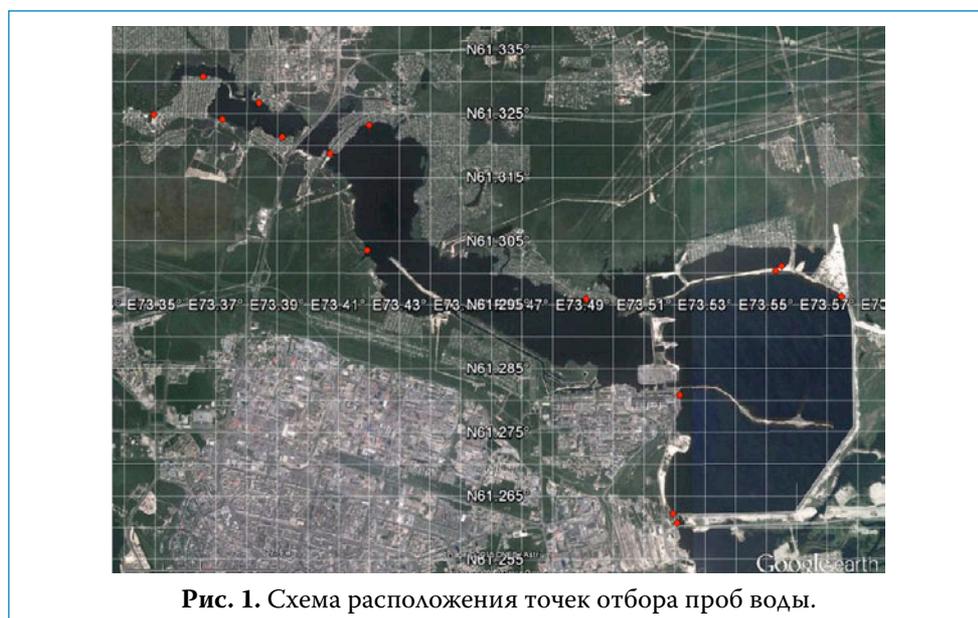


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб воды.

Статистическая обработка полученных данных выполнена в программе StatSoft Statistica v6.0 Rus. Нормальность распределения массивов данных проверялась при помощи К-К (квантиль-квантиль) анализа. Взаимосвязи полученных в результате исследований гидрохимических показателей определяли при помощи корреляционного анализа (по Пирсону), статистическую значимость коэффициентов корреляции – при помощи t-критерия Стьюдента ($\alpha = 0,05$). Коэффициенты корреляции для пар показателей, оказавшихся статистически незначимыми, исключили из дальнейшего анализа. Далее был выполнен анализ достоверности различий средних значений физико-химических показателей, полученных в акватории водохранилища в 2014 и 2016 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 представлено пространственное распределение температуры воды в прибрежной части акватории Сургутского водохранилища и в р. Черной выше по течению. В 2014 г. значения температуры воды изменялись в диапазоне от 2 до 18 °С, в 2016 – от 4,7 до 23,5 °С. Такое различие обусловлено несовпадением сроков отбора проб воды. Так, в 2014 г. пробы в верхней части водохранилища и на р. Черной отбирали во второй декаде октября, в 2016 г. отбор проб осуществлялся 19 и 26 сентября. Однако, несмотря на различия температур, можно заметить характерную пространственную динамику. В верхней части исследованного участка акватории Сургутского водохранилища (точки 1–5) отмечаются наиболее низкие значения температуры, ниже +10 °С, т. е. эти участки акватории не испытывают тепляющего влияния ГРЭС. Изменение температурного режима отмечено в точках 9, 10, 13–15 в 2014 г. В 2016 г. в точках 6–15 температура оставалась стабильно высокой, с наибольшими значениями в точках 8, 9, 13–15. Эти точки расположены за плотиной ГРЭС, что объясняет выявленное пространственное распределение температуры. Высокие для данного гидрологического сезона значения температуры воды являются причиной многочисленных гидрохимических особенностей водохранилища, которые рассмотрены в работе [6].

В представленном исследовании значения температуры также были использованы для определения степени насыщения воды кислородом (рис. 2). Следует отметить, что абсолютные концентрации кислорода во всех пробах воды соответствовали нормативам ПДК_{вр} [7]. В 2014 г. в пробах 1–8 отмечалось высокое насыщение кислородом (более 100 %) с максимальным значением 118,6 % в точке 1. Такие высокие значения обусловлены низкими температурами воды выше по течению от плотины. В пробах 9–15 с повышением температуры воды концентрация кислорода закономерно снижалась, достигая своего минимума в точках 9 и 14. Похожая динамика концен-

трации кислорода наблюдалась и в 2016 г.: в точках 1–9 получены значения степени насыщения воды кислородом, превышающие 95 % с максимальным значением в точке 6 – 108,6 %. В точках 9–15 концентрация кислорода снижается, минимальное значение 79,9 % также отмечается в точке 14, в районе паводкового водосброса. Данные взаимосвязи в пространственной динамике степени насыщения воды кислородом и температуры воды подтверждаются высоким отрицательным коэффициентом корреляции Пирсона $r = -0,94$. На всем протяжении от истока р. Черной до плотины Сургутской ГРЭС воды водохранилища по концентрации кислорода соответствуют категориям «очень чистые» и «предельно чистые» по классификации Жукинского и др. [8], тогда как в акватории водохранилища, ниже плотины, преимущественно относятся к категории «удовлетворительно чистые», а в точке 9 в 2014 г. и в точке 14 в 2016 г. – к категории «слабо загрязненные».

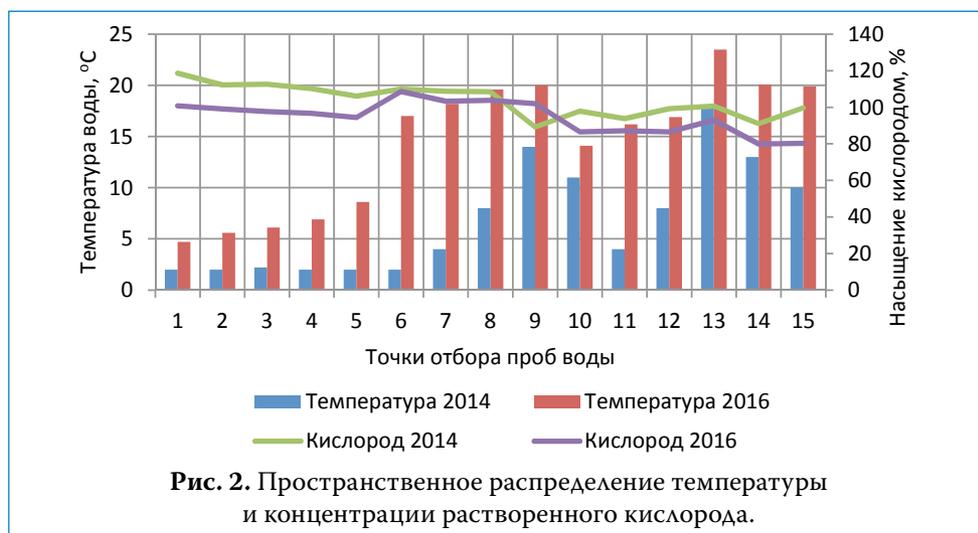


Рис. 2. Пространственное распределение температуры и концентрации растворенного кислорода.

На рис. 3 представлено пространственное распределение значений pH проб воды в прибрежной зоне акватории Сургутского водохранилища. Следует отметить, что pH в 2014 и 2016 гг. имеют очень близкие значения. Однако в пространственном распределении pH отмечена закономерность, которая уже описана для показателей температуры и растворенного кислорода. Так, в точках, расположенных выше по течению от плотины водохранилища, значения pH изменяются в диапазоне 6,57–6,91 ед., что ближе к региональному фону для малых рек, хотя не вполне ему соответствует [9–10]. В зоне влияния водохранилища и ниже плотины pH увеличивается и составляет 7,36–8,02 ед. в 2014 г., 7,24–8,0 ед. – в 2016 г., достигая значения 8,0 ед. и более, что не характерно для водных объектов бассейна Средней

Оби [9]. Данный показатель демонстрирует высокие корреляционные взаимосвязи с температурой воды $r = 0,91$ и с концентрацией растворенного кислорода $r = -0,82$, что подтверждает значимую роль рН как индикатора антропогенной нагрузки на водохранилище.

Содержание в пробах воды органического вещества по показателям перманганатной окисляемости и БПК₅ отражено на рис. 4. Концентрация легкоокисляемых органических веществ в прибрежной зоне акватории Сургутского водохранилища была нестабильной как в пространственном распределении, так и во времени. В 2014 г. можно отметить высокие значения БПК₅ в диапазоне 4,13–5,56 мг/л выше по течению от плотины. В восьми пробах выявлено превышение нормативов ПДК_{вр}. Непосредственно в акватории водохранилища, ниже плотины, значения БПК₅ снижаются до характерных для данного гидрологического сезона значений. Среднее значение БПК₅ в 2014 г. составило 3,41±0,66 мг/л. В 2016 г. БПК₅ было стабильно выше значений 2014 г., за исключением проб в точках 6 и 7. Высокие значения с максимумом 5,99 мг/л отмечены в верхней части исследованного участка. Полученные в 2016 г. концентрации легкоокисляемых органических веществ по показателю БПК₅ превышают норматив ПДК_{вр} на всем исследованном участке акватории Сургутского водохранилища. Среднее значение БПК₅ составило 4,72±0,43 мг/л. В целом следует отметить, что более высокие значения БПК₅ получены на участках акватории, прилегающих к садово-огородническим товариществам. В этих точках водохранилище по значениям БПК₅ соответствует категориям «слабо загрязненное» и «загрязненное». Ниже плотины концентрация легкоокисляемой органики снижается и соответствует категориям «чистое» и «очень чистое» в 2014 г., «удовлетворительно чистое» и «слабо загрязненное» – в 2016 г.

Значения перманганатной окисляемости (ПО) демонстрируют более высокую стабильность, не превышая ПДК_{вр}. В верхних фоновых точках исследованного участка акватории значения ПО в 2014 и 2016 гг. различаются незначительно, отмечены низкие концентрации органического вещества, позволяющие отнести воды р. Черной к категории «слабо загрязненные».

Постепенное возрастание концентраций ПО в точках 5–8 может быть обусловлено антропогенным воздействием близлежащих СОТ. Ниже плотины значения ПО стабильны, исключение составляет проба в точке 13 (2014 г.) с минимальным значением 1,66 мг/л. Средние значения окисляемости по исследованному участку акватории составили 8,91±1,46 мг/л в 2014 г. и 10,28±0,98 мг/л в 2016 г. По значениям перманганатной окисляемости водный объект соответствует категориям от «очень чистый» (точка 13) до «очень грязный» (точки 6–7) в 2014 г., от «слабо загрязненный» (точки 1, 2) до «предельно грязный» (точка 7) в 2016 г. Следует отметить, что в 2016 г. уровень содержания органических веществ различного происхождения в водохранилище в зоне влияния ГРЭС был выше, чем в 2014 г.

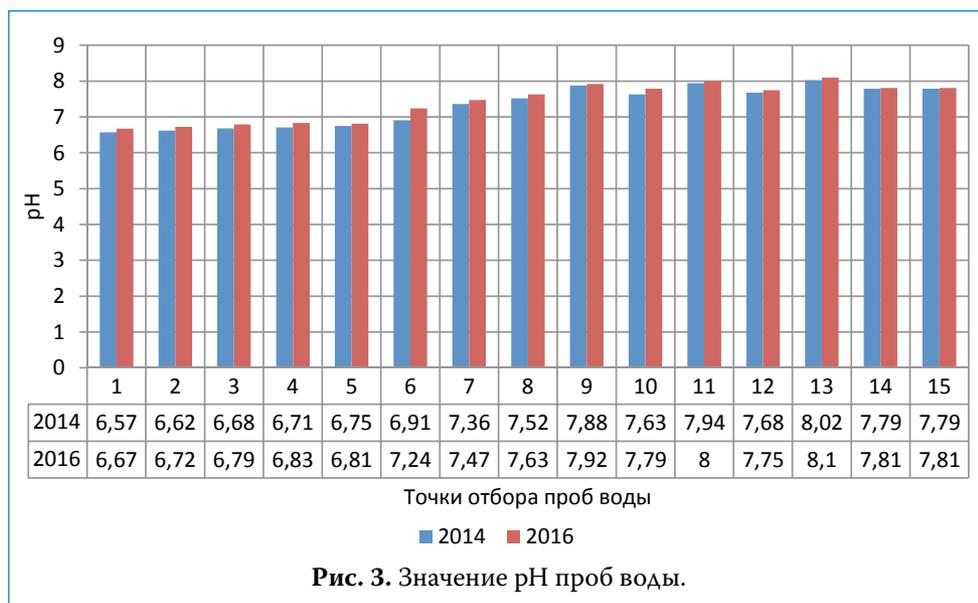


Рис. 3. Значение рН проб воды.



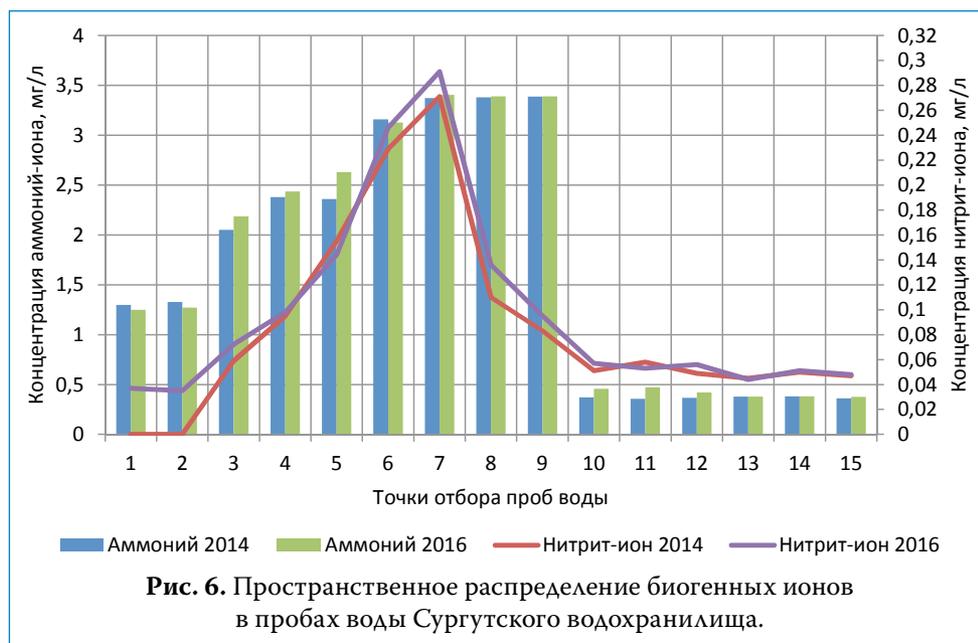
Рис. 4. Содержание органического вещества в пробах воды Сургутского водохранилища.

Общая жесткость воды – важный обобщенный показатель качества вод, который в значительной степени ограничивает использование воды в технологических процессах тепловых электростанций. Показатели содержания растворенных солей в акватории Сургутского водохранилища представлены на рис. 5. Концентрации солей жесткости в верхних точках

водохранилища составляют 4–6 мг-экв/л (воды умеренной жесткости). Ниже плотины значения общей жесткости воды снижаются и составляют 1,2–1,5 мг-экв/л (очень мягкие воды). Такое снижение обусловлено процессами водоподготовки циркуляционной воды на предприятии, а также снижением роли природных факторов в формировании качества вод ниже плотины водохранилища. Значения удельной электропроводности (УЭП) демонстрируют обратную тенденцию пространственного распределения. Так, в верхних точках исследованного участка акватории (точки 1–6) значения УЭП составляют 84–88 мСм/см, увеличиваются в два раза в зоне влияния прибрежных СОТ, оставаясь на том же уровне ниже плотины ГРЭС. Похожую динамику пространственного распределения закономерно имеет и концентрация хлорид-ионов, значения которых не поднимаются выше фоновых концентраций, характерных для ненарушенных водотоков севера Западной Сибири [4, 9, 10]. На участке акватории в зоне влияния прибрежных СОТ (точки 6–9) в 2016 г. отмечается незначительный подъем концентраций хлоридов, однако они соответствуют региональному фону и значительно ниже ПДК_{вр}. В целом, по данным 2014 и 2016 гг. показатели содержания растворенных солей очень близки и соответствуют водам малой минерализации.



Рис. 5. Пространственное распределение растворенных солей в пробах воды Сургутского водохранилища.



Ион аммония образуется в природных водах при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений, поступает с поверхностным и подземным стоками, атмосферными осадками, сточными водами. Высокое значение концентраций ионов аммония является характерной особенностью водотоков Среднего Приобья по причине периодически возникающих восстановительных условий дренируемых водосборов. Дополнительным источником аммонийного азота являются сбрасываемые в водные объекты канализационные сточные воды населенных пунктов. Нитрит-ион присутствует в водотоках Западной Сибири практически во все гидрологические сезоны по причине угнетения второй стадии процесса нитрификации в результате высоких концентраций органики (в т. ч. техногенного происхождения). Как следствие – в водном объекте накапливаются нитрит-ионы, ставшие характерной особенностью химического состава вод на территории Среднего Приобья [9]. Присутствие нитрит-иона является показателем неблагоприятного санитарного состояния водного объекта.

Пространственно-временное распределение концентраций биогенных ионов в прибрежной зоне акватории Сургутского водохранилища демонстрирует практически идентичный характер динамики в течение двух сезонов исследования (рис. 6). Содержание азотсодержащих ионов, соответствующее в верхних точках региональному фону для ненарушенных водотоков Среднего Приобья, стремительно возрастает в зоне влияния при-

брежных СОТ, а затем снижается ниже плотины ГРЭС до минимальных значений. Концентрации аммонийного азота превышают ПДК_{вр} местами до восьми раз. Концентрации нитрит-ионов также увеличиваются до трех ПДК_{вр} в акватории р. Черной в зоне влияния СОТ.

На рис. 7 представлено пространственное распределение концентраций металлов в пробах воды прибрежной зоны Сургутского водохранилища. Массовые концентрации металлов во всех точках отбора проб не превышают нормативных значений. Однако в пространственном распределении металлов отмечены интересные закономерности. Так, выявлено значительное, до 10 раз, уменьшение концентрации марганца от фонового участка р. Черной (9,04–9,23 мкг/л) к участку ниже плотины ГРЭС (1,31–1,65 мкг/л). Это объясняется постоянным поступлением в водохранилище циркуляционной воды из системы оборотного водоснабжения и снижением доли природного водоисточника в формировании концентрации металла. Кроме того, от фонового участка к участку ниже плотины ГРЭС установлено увеличение концентраций свинца и хрома. Вероятно, источниками этих тяжелых металлов являются технологические процессы основных и вспомогательных подразделений предприятия. В точках 4–6 в зоне влияния СОТ отмечены пики концентраций никеля (до 1,53–2,58 мкг/л), которые ниже плотины ГРЭС снижаются до фоновых значений.

Анализ достоверности различий средних значений физико-химических показателей, полученных в акватории водохранилища в разные годы, показал, что различия достоверны для значений температуры, концентрации растворенного кислорода и БПК₅.

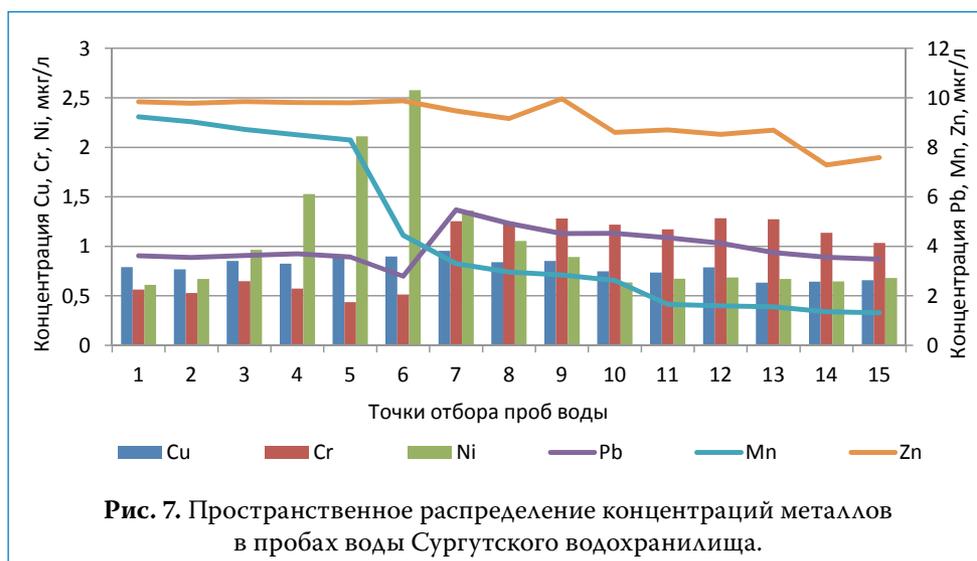


Рис. 7. Пространственное распределение концентраций металлов в пробах воды Сургутского водохранилища.

По результатам корреляционного анализа выделено четыре группы коррелирующих показателей по принципу участия процессов круговорота и трансформации химических веществ.

Группа 1 – взаимосвязи, демонстрирующие протекание круговорота органических веществ. В данную группу вошли показатели, представляющие взаимосвязи в процессах аэробного самоочищения водного объекта от органических веществ различной природы с образованием биогенных ионов. В эту группу включены БПК₅, перманганатная окисляемость как показатели содержания органических веществ; кислород как выделяемый в процессе фотосинтеза окислитель, осуществляющий процессы окисления – необходимый компонент всех аэробных процессов в водном объекте; температура воды как абиотический фактор, непосредственно влияющий на скорость протекания биохимических процессов окисления, химических и фотохимических реакций в водном объекте, а также степень насыщения воды кислородом; биогенные ионы (аммоний-ион и нитрит-ион), образующиеся и потребляемые в процессах биогенного круговорота органического вещества в водном объекте.

Получены положительные корреляционные взаимосвязи средней силы перманганатной окисляемости и содержания нитрит-ионов ($r = 0,54$), нитрит-ионов и кислорода ($r = 0,61$), положительные высокие корреляционные взаимосвязи содержания нитритов и ионов аммония ($r = 0,76$), иона аммония и кислорода ($r = 0,83$); отрицательные корреляционные взаимосвязи содержания органических веществ по БПК₅ и перманганатной окисляемости ($r = -0,65$). Высокая концентрация кислорода в водном объекте стимулирует протекание процессов микробиологического окисления органического вещества различной природы, продуктами которого становятся азотсодержащие биогенные ионы.

Группа 2 – взаимосвязи, характеризующие роль металлов в круговороте органических веществ. В данную группу вошли металлы, имеющие природное происхождение в ландшафтах Западной Сибири – медь, марганец, цинк. Вследствие геохимических особенностей таежных ландшафтов региона поливалентные катионы металлов мигрируют в составе органоминеральных комплексов, поэтому в данную группу, помимо металлов, включен показатель рН, а также показатели, характеризующие процессы круговорота органического вещества.

Содержание меди демонстрирует высокие положительные корреляционные взаимосвязи с кислородом ($r = 0,76$), нитрит-ионами ($r = 0,77$) и ионом аммония ($r = 0,87$). Цинк проявляет положительные корреляционные взаимосвязи с кислородом ($r = 0,87$) и БПК₅ ($r = 0,72$) и отрицательные средней силы – с температурой воды ($r = -0,58$). Марганец также показывает

высокую положительную взаимосвязь с БПК₅ ($r = 0,93$) и отрицательную с физико-химическими показателями качества воды, которые изменяются ниже плотины ГРЭС – температурой ($r = -0,94$), рН ($r = -0,97$), электропроводностью ($r = -0,86$). Такие значения коэффициентов корреляции подтверждают резкое снижение концентрации марганца в зоне влияния электростанции (точки 11–15). По характеру полученных корреляционных взаимосвязей в данную группу попал и никель, хотя его поведение в ландшафтах и источники поступления в водохранилище специально не рассматривались.

Никель имеет положительные корреляционные взаимосвязи средней силы с концентрацией кислорода ($r = 0,54$), ионом аммония ($r = 0,66$), нитрит-ионом ($r = 0,76$). Хотя полученные в ходе исследования концентрации никеля соответствовали диапазону значений, характерных для незагрязненных вод [10], их пространственное распределение позволяет предположить дополнительный источник поступления никеля в водохранилище в точках 4–7, возможно, его техногенное поступление от железнодорожных путей.

Группа 3 – взаимосвязи, характеризующие техногенные изменения качества воды. В группу вошли показатели качества воды, которые претерпели значительные изменения ниже плотины ГРЭС – температура, удельная электропроводность, рН, а также содержание свинца и хрома. Повышение температуры воды происходит в зоне влияния сброса ГРЭС отработанной технической воды. Следовательно, высокие положительные коэффициенты корреляции электропроводности и рН ($r = 0,84$), электропроводности и температуры воды ($r = 0,82$), рН и температуры воды ($0,91$) свидетельствуют об изменении этих показателей в результате водоподготовки для технических нужд гидроэлектростанций. Положительные коэффициенты корреляции слабой силы, полученные для свинца с температурой воды ($r = 0,31$) и рН ($r = 0,39$), а также высокие корреляционные взаимосвязи, полученные для хрома с температурой воды ($r = 0,8$), рН ($r = 0,9$) и электропроводностью ($r = 0,9$), позволяют предположить техногенное происхождение этих металлов, источниками которого могут быть технологические площадки, вспомогательные подразделения электростанций и пр.

Группа 4 – взаимосвязи содержания металлов различного происхождения. Полученные положительные взаимосвязи в парах металлов Mn/Cu ($r = 0,43$), Zn/Cu ($r = 0,77$), Zn/Ni ($r = 0,5$), отрицательные – в парах Mn/Cr ($r = -0,87$) и Zn/Cr ($r = -0,56$) подтверждают предположение о преимущественно природном происхождении показателей марганца, меди, цинка и никеля, и преимущественно техногенном – свинца и хрома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вода водохранилища-охладителя в прибрежной зоне акватории Сургутских ГРЭС по физико-химическим показателям характеризуется преимущественно как нейтральная, маломинерализованная, очень мягкая. В течение всего периода исследования наблюдалось превышение нормативов ПДК_{вр} ионов аммония до 8 раз и нитрит-ионов до 15 раз. Выявлено превышение региональных фоновых концентраций хлорид-ионов, отмечены достоверные различия средних значений температуры воды, концентрации растворенного кислорода и органических веществ (по БПК₅) в 2014 и 2016 гг.

Пространственное распределение физико-химических показателей позволило выявить три характерных участка акватории водохранилища. Фоновый участок р. Черной, в котором все исследованные показатели имели наиболее низкие значения, характерные для ненарушенных природных водоисточников Среднего Приобья. Участок акватории с преимущественно рекреационным характером антропогенной нагрузки от СОТ, где отмечено увеличение значений рН, концентраций биогенных ионов, органических веществ, растворенных солей, никеля. Участок акватории ниже плотины ГРЭС с техногенным характером антропогенной нагрузки, на котором зафиксировано увеличение температуры воды, значений рН, концентраций свинца и хрома, снижение концентрации кислорода, марганца, органических веществ, биогенных ионов.

Выявлены показатели – индикаторы характера антропогенной нагрузки на водный объект. Индикаторами рекреационной антропогенной нагрузки являются высокие концентрации биогенных ионов. Индикаторами техногенной нагрузки от тепловой электростанции выступают высокая температура воды, переход рН в область слабощелочных значений, дефицит кислорода, увеличение концентраций свинца и хрома, снижение концентраций органических веществ, растворенных солей и биогенных ионов ниже фоновых значений.

Полученные результаты мониторинга Сургутского водохранилища могут быть использованы природоохранными службами г. Сургута, предприятиями санитарно-эпидемиологического надзора при обосновании водопользования в акватории р. Черная. Так, в 2017 г. в г. Сургуте в прибрежной зоне р. Черная, выше по течению от плотины водохранилища, была создана рекреационная зона, рассматривается вопрос об организации на данном участке городского пляжа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор состояния окружающей среды города Сургута 1993–2003 гг. Сургут: Дефис, 2003. 148 с.
2. Лезин В.А. Реки ХМАО / Справ. пособие. Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 1999. 160 с.
3. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М: Стандартиформ, 2013. 36 с.
4. Шорникова Е.А. Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы. Сургут: Дефис, 2007. 88 с.
5. ПНД Ф 14.1:2.253-09. Методика выполнения измерений массовых концентраций Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn в природных и сточных водах методом атомно-адсорбционной спектроскопии «МГА-915». М., 2009. 14 с.
6. Рыбчак Е.А., Шорникова Е.А. Характеристика экосистемы охладителя тепловой электростанции на примере водохранилища Сургутской ГРЭС-2 // Мат-лы междунар. конф., посвященной 70-летию КарНЦ РАН. Роль науки в решении проблем региона и страны: фундаментальные и прикладные исследования. Петрозаводск, 2016. С. 191.
7. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М.: ВНИРО, 2011. 257 с.
8. Жукинский В.Н., Оксий О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1981. Т. 17. № 2. С. 38–39.
9. Шорникова Е.А. Характеристика гидрохимического режима водотоков широтного отрезка Средней Оби // Водное хозяйство России. 2007. № 4. С. 95–99.
10. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: монография. Новосибирск: Наука, 2007. 151 с.
11. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 272 с.

Сведения об авторах:

Шорникова Елена Александровна, канд. биол. наук, доцент, кафедра экологии, Институт естественных и технических наук, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Россия, 628400, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: sarucin72@mail.ru

Рыбчак Екатерина Анатольевна, магистрант, Институт естественных и технических наук, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Россия, 628400, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: katorina8@mail.ru