

DOI 10.26105/SSPU.2022.81.6.019

УДК 556.53(571.1,282 Обь)

ББК 26.222.54(253.3,21Обь)

Ю.В. ЧЕРНИГА,
Е.А. ШОРНИКОВА**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
РЕКИ ОБИ И ЕЕ ПРОТОК
(В ГРАНИЦАХ СУРГУТСКОГО
И НЕФТЕЮГАНСКОГО РАЙОНОВ)**Y.V. CHERNIGA,
E.A. SHORNIKOVA**HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS
OF THE OB RIVER
(WITHIN THE BOUNDARIES OF SURGUT
AND NEFTEYUGANSK REGIONS)**

Обь — одна из крупнейших рек мира, имеющая большое значение для человеческой деятельности и, следовательно, подвергающаяся интенсивной антропогенной нагрузке. Мониторинг качества вод реки Оби на предмет соответствия нормативным требованиям и выявления возможных источников загрязнения представляется актуальной задачей.

Цель статьи — оценить качество воды реки Оби и ее проток в границах Сургутского и Нефтеюганского районов. Для достижения задач исследования проводился гидрохимический анализ реки Обь и проток с использованием стандартных методов.

В работе представлены результаты мониторинга участков Средней Оби. Было установлено, что значения водородного показателя большинства исследуемых водных объектов соответствуют слабощелочной среде, отмечен дефицит кислорода, выявлены превышения предельно-допустимых концентраций по следующим показателям: марганец, железо, цинк, БПК₅, ионы аммония, нитрат-ионы, фосфат-ионы, никель. Значения растворенного кислорода также не соответствовали ПДК_{вр}.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: загрязнение вод, поверхностные воды, тяжелые металлы, оценка качества воды, река Обь, антропогенное воздействие, биогенные ионы, гидрохимические показатели

KEY WORDS: water pollution, surface waters, heavy metals, assessment of water quality, the Ob river, anthropogenic impact, biogenic ions, hydrochemical parameters

ВВЕДЕНИЕ. Проблема загрязнения водных объектов в современном мире является одной из наиболее актуальных. В ходе человеческой деятельности водные ресурсы постоянно подвергаются антропогенной нагрузке и интенсивность этой нагрузки продолжают увеличиваться.

Обь — одна из крупнейших рек мира, имеющая большое значение для человеческой деятельности. Мониторинг качества вод реки Оби на предмет соответствия нормативным требованиям и выявления возможных источников загрязнения представляется актуальной задачей.

ЦЕЛЬ статьи — оценить качество воды реки Оби и ее проток в границах Сургутского и Нефтеюганского районов.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Объектами были выбраны река Обь с протоками в границах Сургутского и Нефтеюганского районов. Пробы воды отбирались в 13 контрольных створах: 1. Правый берег р. Обь в районе Югорского моста в районе г. Сургута; 2. Левый

берег р. Обь около Югорского моста в районе г. Сургута; 3. пр. Утопая в районе ДНТ «Бриз» (Сургутский район); 4. пр. Бардыковка около Югорского тракта со стороны ул. Гагарина (г. Сургут); 5. пр. Черная около Югорского тракта (г. Сургут); 6. Правый берег р. Обь около Сургутского речного порта (г. Сургут); 7. пр. Кривуля ПГТ Белый Яр около ул. Совхозной (Сургутский район); 8. пр. Белоярская ПГТ Белый Яр около ул. Промышленной (Сургутский район); 9. пр. Микишина около Урочища «Барсова гора» (Сургутский район); 10. пр. Акопас г. Нефтеюганск, ул. Альтернативная, под мостом; 11. Правый Берег Юганской Оби около г. Нефтеюганска; 12. Левый Берег Юганской Оби около Усть-Балыкского месторождения (Нефтеюганский район); 13. пр. Большая Юганская около паромной переправы (Нефтеюганский район). Карта-схема расположения контрольных створов представлена на рисунке 1.

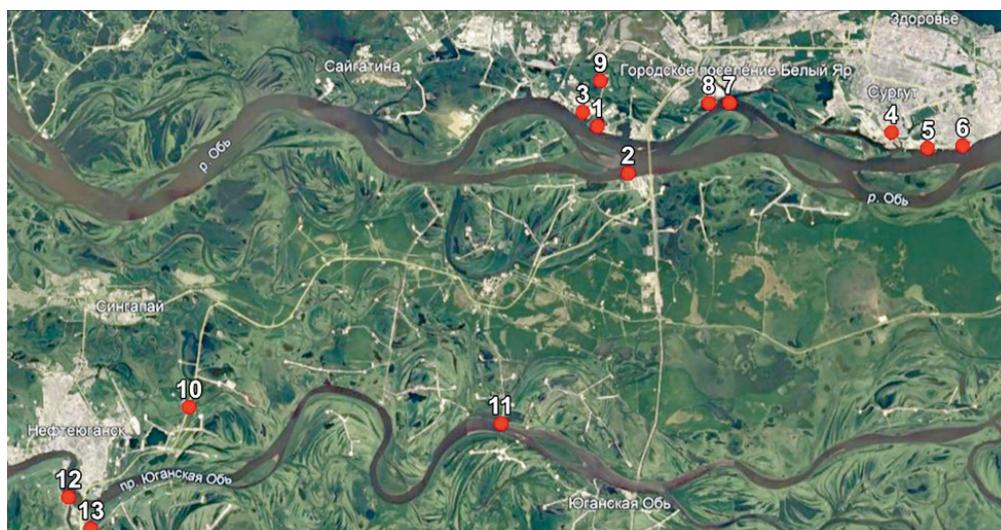


Рис. 1. Схема расположения точек отбора

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Отбор проб воды проводился согласно ГОСТ Р 59024–2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» в период осенней межени 2021 года из поверхностного горизонта водной толщи в емкости из полиэтилена и темного стекла. Пробы анализировались в лаборатории Экологического мониторинга кафедры экологии и биофизики Сургутского государственного университета.

Анализ проб проводился по 14 показателям с использованием стандартных методов гидрохимического анализа: потенциометрический, титриметрический, гравиметрический, фотометрический, флуориметрический, атомно-абсорбционной спектроскопии.

Качество воды водоемов оценивали с использованием системы комплексной оценки качества поверхностных вод В.Н. Жукинского и О.П. Окснюк [4].

Для изучаемых водных объектов была рассчитана удельная величина комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) по РД 52.24.643–2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программ Statistica 12.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Результаты исследований, которые характеризуют химический состав исследуемых водных объектов, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты гидрохимических исследований воды реки Оби с протоками

Показатель	Значения гидрохимических показателей	ПДКвр
pH	$\frac{6,65 - 7,85}{7,47 \pm 0,19}$	7,0
Растворенный кислород, мг/л	$\frac{4,49 - 10,76}{7,95 \pm 1,01}$	6,0
БПК5, мг/л	$\frac{1,79 - 10,41}{6,06 \pm 1,33}$	2,0
Перманганатная окисляемость, мг/л	$\frac{6,34 - 12,38}{8,89 \pm 0,75}$	15,0
Хлориды, мг/л	$\frac{4,25 - 47,50}{17,9 \pm 6,7}$	300
Нефтепродукты, мг/л	$\frac{0,0258 - 0,0902}{0,05 \pm 0,01}$	0,05
Нитриты, мг/л	$\frac{0,0124 - 0,0359}{0,0111 \pm 0,0091}$	0,08
Нитраты, мг/л	$\frac{2,5 - 52,7}{18,3 \pm 12,2}$	40
Фосфаты, мг/л	$\frac{0,004 - 1,035}{0,2 \pm 0,1}$	0,25
Азот аммония, мг/л	$\frac{0,3 - 2,0}{0,9669 \pm 0,2941}$	0,39
Железо, мг/л	$\frac{0,6 - 5,5}{1,3 \pm 0,7}$	0,1
Кадмий, мг/л	$\frac{0,00003 - 0,00039}{0,00012 \pm 0,00004}$	0,0005
Марганец, мг/л	$\frac{0,0374 - 1,6284}{0,2356 \pm 0,00008}$	0,01
Медь, мг/л	$\frac{0,00029 - 0,00083}{0,00052 \pm 0,00008}$	0,001
Хром, мг/л	$\frac{0,00039 - 0,00151}{0,00067 \pm 0,00017}$	0,02
Никель, мг/л	$\frac{0,00069 - 0,02009}{0,00639 \pm 0,00303}$	0,01

Примечание: в числителе приведены минимальные и максимальные значения показателей, в знаменателе — среднее значение \pm доверительный интервал.

Во всех исследуемых пробах наблюдается отклонение водородного показателя в сторону слабощелочной среды. 62% исследуемых проб имеют слабощелочную среду, а 38% — нейтральную. Преобладание значений pH, имеющих слабощелочную среду, свидетельствует об антропогенной нагрузке [7]. Дефицит растворенного кислорода наблюдался

во всех исследуемых пробах. Концентрации кислорода опустились ниже нормативного значения в правом берегу р. Обь в районе Югорского моста (г. Сургут) и пр. Утопляя в районе ДНТ «Бриз» (Сургутский район).

В 15% исследуемых проб наблюдалось несоответствие нормативам предельно-допустимой концентрации. Проанализированные пробы относятся к следующим классам качества: 7% от общего количества отобранных проб — чистые; 62% — удовлетворительно чистые; 31% — загрязненные.

По показателю БПК₅ было обнаружено превышение ПДК_{вр} в 92% исследуемых водных объектов. По данному показателю воды исследуемых водных объектов относятся к следующим категориям качества воды: удовлетворительно чистые (15%), загрязненные воды (62%), и грязные воды (23%).

Значения перманганатной окисляемости соответствуют нормативным требованиям. Воды относятся к следующим категориям: удовлетворительно чистые — 93% исследуемых водных объектов; загрязненные — 7%.

В ненарушенных водных объектах ХМАО концентрации хлоридов не превышают ПДК_{вр}. В исследуемых водных объектах хлориды присутствуют в концентрациях до 47,5 мг/л, что в 6 раз меньше ПДК_{вр}. В 77% исследуемых водных объектов наблюдается превышение фоновых значений (менее 10 мг/л) [4].

Нефтепродукты считаются наиболее характерными загрязнителями водных объектов ХМАО. Содержание нефтепродуктов в 46% исследуемых водных объектов превышает значения ПДК_{вр}. В 31% выявлено превышение фоновых значений (0,054 мг/л) [5]. Все проанализированные пробы относятся к удовлетворительно чистым.

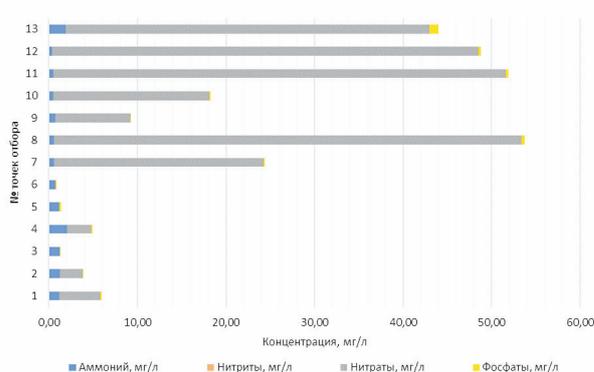


Рис. 2. Биогенные ионы в пробах воды

Наибольшее содержание биогенных ионов было отмечено в пр. Белоярской, правом берегу Юганской Оби около г. Нефтеюганска, левом берегу Юганской Оби около Усть-Балыкского месторождения и пр. Большая Юганская. Причем первые два контрольных створа относятся к правобережной части Оби, а левый берег Юганской Оби и пр. Большая Юганская — к правобережной. Преобладающий биогенный ион — нитрат-ион. Нитрит-ионы и фосфат-ионы обладали самыми малыми концентрациями.

Характерная особенность водных объектов ХМАО — высокое содержание ионов аммония. В 92% исследуемых вод обнаружено превышение предельно-допустимых концентраций. 15% исследуемых вод относятся к удовлетворительно чистым, а 85% — к загрязненным водам. Превышение фоновых значений выявлено во всех пробах (0,21 мг/л) [4].

Низкие концентрации нитритов — отличительная особенность рек ХМАО [2]. Превышений ПДК_{вр} не было обнаружено. Значения, полученные в 46% отобранных проб ниже

предела обнаружения аналитической методики. 15% отобранных проб относятся к удовлетворительному качеству вод, а 39% проб — к загрязненным водам.

Содержание нитрат-ионов в реках ХМАО крайне низко, т.к. они присутствуют в водных объектах при избытке кислорода, а для рек Средней Оби характерен дефицит кислорода [1]. Превышение значений предельно-допустимых концентраций нитратов обнаружено в 31% проб. Причиной этого может служить поступление в водные объекты коммунально-бытовых сточных вод из населенных пунктов. Воды 77% отобранных проб относятся к 5 классу — грязные воды, оставшиеся 23% ниже предела обнаружения аналитической методики.

Для рек Средней Оби характерен высокий уровень содержания фосфат-ионов [1]. Причины попадания фосфат-ионов в воды: канализационные и промышленные сточные воды. Превышение значений ПДКвр и фоновых значений (0,25 мг/л) [4] фосфат-ионов выявлено в 31%. Проанализированные воды относятся к следующим категориям: предельно чистые воды (7%), удовлетворительно чистые воды (62%), загрязненные воды, грязные воды (23%). Значение одной пробы ниже предела обнаружения аналитической методики.

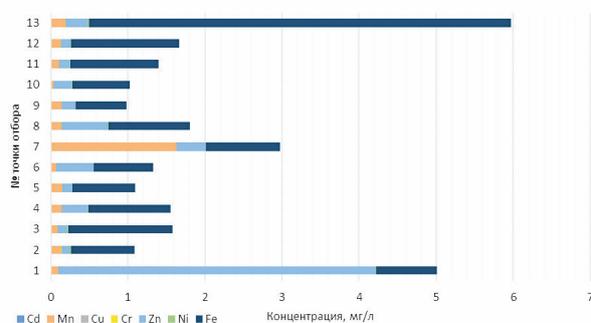


Рис. 3. Тяжелые металлы в пробах воды

Наибольшие суммарные концентрации металлов обнаружены в протоке Большая Юганская, правом берегу реки Обь в районе Югорского моста и протоке Кривуля. Металлы с самым большим содержанием в исследуемых водах — железо и цинк. Оба преобладающих металла имеют природное происхождение. Наименьшее содержание металлов обнаружено в протоках Микишина, Акопас и Черной, а также в левом берегу реки Оби около Югорского моста.

Превышения значений предельно-допустимых концентраций были обнаружены в 100% проб для марганца, цинка и железа. В 23% проб обнаружено превышение нормативов ПДКвр никеля, что говорит о техногенном загрязнении исследуемых водных объектов.

Превышения значений ПДКвр и фоновых значений (0,0063 мг/л) [4] меди не обнаружены. Все полученные результаты относятся к удовлетворительно чистым водам.

Превышение нормативных концентрации марганца характерно для водных объектов таежной зоны Западной Сибири и зависит от природных ландшафтно-климатических факторов. Во всех исследуемых пробах марганца обнаружено превышение значений предельно-допустимой концентрации в 4–163 раза. В 62% проб отмечалось превышение фоновых значений (0,108 мг/л) [4]. Все полученные результаты относятся к 3 классу качества воды — удовлетворительно чистые воды.

Концентрация кадмия и хрома соответствует нормативным значениям.

Высокое содержание железа характерно для поверхностных вод Средней Оби. Это связано с процессами химического выветривания пород, которые являются главными источ-

никами соединений железа в поверхностных водах. Помимо этого, высокое содержание железа связано с особенностями формирования состава воды, т.к. болотные и грунтовые кислые воды с доминированием глеевой восстановительной обстановки отличаются его высокими концентрациями [1]. Превышение предельно-допустимой концентрации обнаружено во всех пробах. Превышение фоновых значений (1,9 мг/л) [3] обнаружено в одной пробе.

В водотоках Средней Оби наблюдается тенденция к увеличению концентраций цинка. Он попадает в водные объекты вследствие антропогенной деятельности человека. Во всех пробах обнаружено превышение значений предельно-допустимой концентрации цинка в 11–411 раз. Превышение фоновых значений (0,022 мг/л) [3] цинка обнаружено во всех исследуемых пробах.

Полученные результаты расчета УКИЗВ представлены в таблице 2. Все исследуемые водные объекты относятся к грязным водам, за исключением пр. Акопас, которая относится к очень загрязненным водам.

Таблица 2. Качество вод исследуемых водных объектов

Водный объект	УКИЗВ	Класс, разряд	Характеристика состояния загрязненности
1. Правый берег р. Обь	2,38	4А	грязная
2. Левый берег р. Обь	2,30	4А	грязная
3. пр. Утопляя	2,12	4А	грязная
4. пр. Бардыковка	2,30	4А	грязная
5. пр. Черная	2,25	4А	грязная
6. Правый берег р. Обь	2,37	4А	грязная
7. пр. Кривуля	2,76	4А	грязная
8. пр. Белоярская	3,00	4Б	грязная
9. пр. Микишина	2,17	4А	грязная
10. пр. Акопас	1,89	3Б	очень загрязненная
11. Правый Берег Юганской Оби	2,53	4А	грязная
12. Левый Берег Юганской Оби	2,22	4А	грязная
13. пр. Большая Юганская	2,83	4А	грязная

Наиболее значимые корреляционные взаимосвязи показателей гидрохимического состава воды представлены на рисунке 4.



Рис. 4. Корреляционные взаимосвязи

Положительные корреляционные взаимосвязи были получены для биогенных ионов, металлов, а именно, железа и цинка, а также для показателей, которые формируют взаимосвязи в процессах аэробного самоочищения водного объекта от органических веществ различной природы с образованием биогенных ионов, к которым относятся БПК5 и перманганатная окисляемость. Это может указывать на то, что происхождение данных групп соединений преимущественно природное.

Были отмечены сильные положительные корреляционные взаимосвязи между нитрит-ионами и рН ($r = 0,99$), железом и фосфат-ионами ($r = 0,94$), что может быть связано с тем, что восстановительные условия приводят к увеличению растворимости железа и высвобождению фосфора [6], железом и перманганатной окисляемостью ($r = 0,82$), что подтверждает, что железо в исследуемых водных объектах находится в органической форме.

Также сильные положительные корреляционные взаимосвязи обнаружены между фосфат-ионами и перманганатной окисляемостью ($r = 0,72$). Средние положительные взаимосвязи наблюдались между фосфат-ионами и нитратами ($r = 0,57$), цинком и БПК5 ($r = 0,53$), нефтепродуктами и хлоридами ($r = 0,53$), нитритами и БПК5 ($r = 0,51$).

Сильные отрицательные корреляционные взаимосвязи обнаружены между нитритами и кислородом ($r = -0,83$). В условиях дефицита кислорода происходит накопление нитрит-ионов как промежуточного продукта нитрификации. Средние отрицательные корреляционные взаимосвязи выявлены между БПК5 и кислородом ($r = -0,59$), нефтепродуктами и рН ($r = -0,62$), хлоридами и рН ($r = -0,64$). В условиях дефицита кислорода происходит накопление органики в водном объекте. Нефтепродукты и хлориды имеют одинаковый источник поступления и техногенное происхождение, так как хлориды являются компонентами подтоварных вод, поступающих в водоемы вместе с нефтепродуктами с объектов нефтепромыслов. При этом поступлении значения рН изменяются в сторону щелочной реакции.

На рисунке 5 представлены результаты кластерного анализа. Были выделены 4 группы кластеров. К первой относятся вещества, взаимосвязи которых демонстрируют процессы формирования химического состава вод и протекание круговорота органических веществ, а также представляют взаимосвязи в процессах аэробного самоочищения водотока с образованием биогенных ионов.

К первой группе относятся рН, растворённый кислород, перманганатная окисляемость, БПК5. Ко второй группе относятся биогенные ионы, металлы и нефтепродукты. К третьей группе относятся хлориды, а к четвёртой — нитраты.

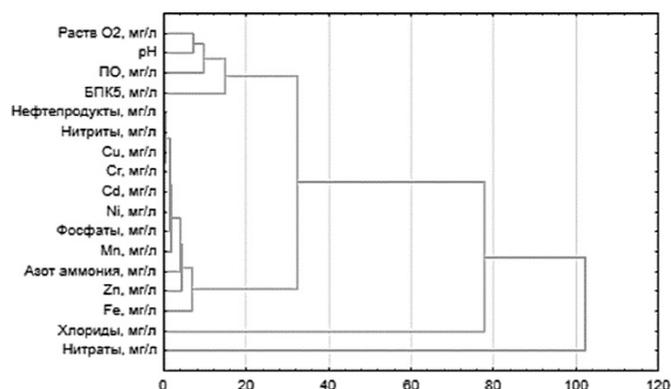


Рис. 5. Дендрограмма иерархической классификации гидрохимических показателей в пробах вод

На рисунке 6 можно выделить 4 группы кластеров. К первой группе относятся точки отбора 1, 2, 3, 5 и 6: правый и левый берега Оби, протоки Утопная и Черная. Точки 1, 3, 5 и 6 являются правобережными участками реки Обь, а 2 — левобережной. Ко второй группе относятся 7 и 10 точки отбора: протоки Кривуля и Акопас. Первая является правобережной частью Оби, а вторая — к левобережной. К третьей группе кластеров относятся точки 4 и 9: протоки Бардыковка и Микишина. Они обе относятся к правобережной части реки Обь. К четвертой группе относятся точки 8, 11, 12 и 13: протока Белоярская, правый и левый берега Юганской Оби и протока Большая Юганская. Протока Белоярская — левобережная часть реки Обь, а остальные относятся к левобережной части.

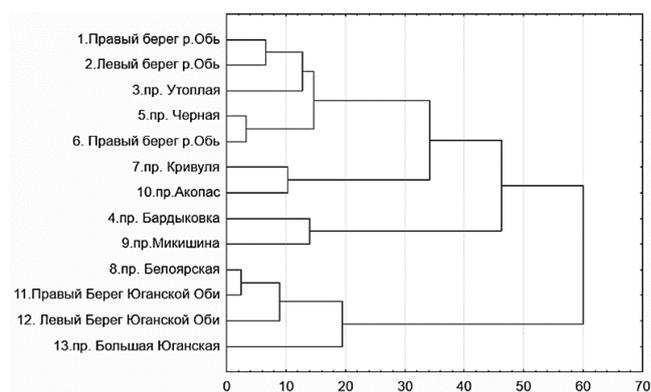


Рис. 6. Дендрограмма иерархической классификации вод исследуемых рек

ВЫВОДЫ. В исследуемых водах Оби отмечается дефицит кислорода, значения рН соответствуют слабощелочной среде. В составе биогенных ионов преобладают нитрат-ионы, в составе металлов преобладают железо, цинк и марганец.

Выявлены превышения ПДК_{вр} во всех пробах по следующим показателям: железо общее в 7–54 раза; марганец в 4–163 раза; цинк в 11–411 раз. Превышение ПДК_{вр} выявлено по показателям БПК₅ и азота аммония в 92% проб, нефтепродуктов — в 46% проб, нитратов и фосфатов — в 31% проб, никеля — в 23%, растворимого кислорода — в 15%.

По совокупности гидрохимических показателей воды р. Обь и ее проток отнесены к категориям от «чистых» до «грязных». Наиболее загрязненными участками оказались правый и левый берега Оби в районе Югорского моста (г. Сургут), протоки Белоярская (Сургутский район) и Большая Юганская (Нефтеюганский район). По рассчитанным значениям удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды большая часть исследуемых водных объектов относятся к грязным водам за исключением пр. Акопас, относящейся к очень загрязненным водам.

Полученные корреляционные взаимосвязи позволили выявить процессы формирования химического состава вод, проследить интенсивность процессов самоочищения вод от органических соединений с образованием биогенных ионов, а также подтвердить техногенное происхождение следующих соединений: нефтепродуктов, хлоридов и никеля. Кластерный анализ позволил выявить участки рек, характеризующиеся похожей гидрохимической обстановкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Монография. Новосибирск: Наука, 2007. 151 с.

2. ГОСТ Р 59024–2020 Вода. Общие требования к отбору проб. Москва: Стандартинформ, 2020.
3. Московченко Д.В. Экологическое состояние рек Обского бассейна в районах нефтедобычи // География и природные ресурсы. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2003. № 1. С. 35–42.
4. Московченко Д.В. Эколого-геохимическое состояние водных объектов на территории заказника "Сургутский" // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2007. № 7. С. 163–171.
5. Оксий О.П., Жукин В.Н., Брагинский Л.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 30. № 2. С. 213–221.
6. Рыбка К.Ю., Щеголькова Н.М. Механизмы очистки сточных вод от биогенных элементов (азота и фосфора) в фито-очистных системах // Экосистемы: экология и динамика. Москва: ИВП РАН, 2018. Т. 2. № 4. С. 144–171.
7. Шорникова Е.А. Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы. Сургут: Дефис, 2007. 88 с.

REFERENCES

1. Babushkin A.G., Moskovchenko D.V., Pikunov S.V. *Gidrohimicheskij monitoring poverhnostnyh vod Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga — Yugry* [Hydrochemical monitoring of surface waters of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Yugra]. Monografiya. Novosibirsk: Nauka, 2007. 151 s. (In Russian).
2. *GOST R 59024–2020 Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [Water. General requirements for sampling.]. Moskva: Standartinform, 2020. (In Russian).
3. Moskovchenko D.V. *Ekologicheskoe sostoyanie rek Obskogo bassejna v rajonah nefte dobychi* [Ecological state of the rivers of the Ob basin in the oil production areas] *Geografiya i prirodnye resursy*. Tyumen': IPOS SO RAN, 2003. No. 1. S. 35–42. (In Russian).
4. Moskovchenko D.V. *Ekologo-geohimicheskoe sostoyanie vodnyh ob"ektov na territorii zakaznika "Surgutskij"* [Ecological and geochemical condition of water bodies on the territory of the Surgut Nature Reserve] *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*. Tyumen: IPOS SO RAN, 2007. No. 7. S. 163–171. (In Russian).
5. Oksiyuk O.P., Zhukinskij V.N., Braginskij L.P. *Kompleksnaya ekologicheskaya klassifikaciya kachestva poverhnostnyh vod sushi* [Integrated ecological classification of the quality of surface waters of the land] *Gidrobiol. zhurn*. 1993. T. 30. No. 2. S. 213–221. (In Russian).
6. Rybka K.Yu., Shchegol'kova N.M. *Mekhanizmy ochistki stochnyh vod ot biogennyh elementov (azota i fosfora) v fito-ochistnyh sistemah* [Mechanisms of wastewater treatment from biogenic elements (nitrogen and phosphorus) in phyto-treatment systems] *Ekosistemy: ekologiya i dinamika*. Moskva: IVP RAN, 2018. T. 2. No. 4. S. 144–171. (In Russian).
7. Shornikova E.A. *Metodicheskie rekomendacii po planirovaniyu, organizacii i vedeniyu monitoringa poverhnostnyh vodotokov: gidrohimicheskie i mikrobiologicheskie metody* [Methodological recommendations on planning, organization and monitoring of surface watercourses: hydrochemical and microbiological methods]. Surgut: Defis, 2007. 88 s. (In Russian).