

**Оценка экологического состояния таёжных озёр  
нефтедобывающего района Западной Сибири  
на основе анализа состояния сообществ зообентоса**

© 2025. В. В. Перминова, к. т. н., м. н. с.,  
Ю. А. Франк, д. б. н., доцент,  
Д. С. Воробьев, д. б. н., доцент,  
Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, д. 36,  
e-mail: pvv@mail.tsu.ru

Выполнены гидроэкологические исследования состояния донных сообществ организмов нефтезагрязнённых озёр на территории Самотлорского нефтяного месторождения. Обследовано 101 озеро, среди которых преобладают водоёмы с органогенными донными отложениями и низкими значениями pH. Концентрации нефтепродуктов в донных отложениях обследованных озёр превышают фоновые значения. Минимальное значение суммарного содержания нефтепродуктов в донных отложениях составило 1,5 г/кг, максимальные значения выше 300 г/кг. В озёрах зафиксировано 12 экологических групп макрозообентоса. Максимальной встречаемостью обладали личинки Chironomidae – 38,0% и малощетинковые черви Oligochaeta – 9,6%. Личинки Chironomidae были доминирующей группой по численности (86%) и биомассе (56%). Средние показатели макрозообентоса составили 328 экз./м<sup>2</sup> и 1,62 г/м<sup>2</sup>. По состоянию сообществ макрозообентоса, большинство обследованных озёр имеют низкую продуктивность (олиготрофные) и высокий уровень загрязнения (полисапробные, VI класс). По результатам обследования 85% озёр нуждаются в очистке донных отложений от нефти и нефтепродуктов. Полученные данные о состоянии сообщества бентосных беспозвоночных важны для будущих исследований и мониторинга экологического состояния таёжных озёр.

**Ключевые слова:** бентос, донные сообщества, озеро, донные отложения, нефть, нефтепродукты, мониторинг.

**Assessment of the ecological status of taiga lakes  
in the oil-producing region of Western Siberia based  
on the zoobenthos analysis**

© 2025. V. V. Perminova ORCID: 0000-0002-5991-9455,  
Y. A. Frank ORCID: 0000-0001-6347-4009,  
D. S. Vorobiev ORCID: 0000-0003-4397-4406,  
National Research Tomsk State University,  
36, Lenin Ave., Tomsk, Russia, 634050,  
e-mail: pvv@mail.tsu.ru

Hydroecological studies of the state of benthos communities in the oil-polluted lakes situated in the Samotlor oil field were carried out. One hundred and one lakes were examined, among which water bodies with organogenic bottom sediments and low pH values prevail. Oil products' content in the bottom sediments of the examined lakes exceed background values. The minimum value of the total oil product content in the bottom sediments was 1.5 g/kg, the maximum values were above 300 g/kg. Twelve ecological groups of macrozoobenthos were found in bottom sediment samples. Chironomidae larvae (38.0%) and Oligochaeta (9.6%) were the most abundant. Chironomidae larvae were the dominant group in terms of abundance (86%) and biomass (56%). The average macrozoobenthos values were 328 ind./m<sup>2</sup> and 1.62 g/m<sup>2</sup>. According to the state of macrozoobenthos communities, most of the examined lakes have low sediment productivity (oligotrophic) and high pollution level (polysaprobic, class VI). According to the examination results, most of the lakes (85%) need cleaning of their bottom sediments from oil and petroleum products. We made a conclusion about the long-term, chronic nature of oil pollution of the studied lakes. Poorly soluble oil agglomerates on the bottom of water bodies lose their toxicity and are covered with bottom sediments where bottom invertebrates live, avoiding direct contact with oil pollution. The obtained data on the state of the benthic invertebrate communities are important for future research and monitoring of the ecological status of taiga lakes.

**Keywords:** benthos, bottom communities, lake, bottom sediments, oil, oil products, monitoring.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) – один из крупнейших центров добычи углеводородного сырья на территории Западной Сибири. По данным ежегодного мониторинга в 2019 г. в 28,3% проб донных отложений поверхностных водоёмов региона содержание нефтепродуктов (НП) соответствовало категории «область нарастающего угнетения донной экосистемы», в 8% проб выявлено резкое угнетение донной экосистемы при концентрации НП более 500 мг/кг [1]. Больше всего таких случаев отмечается на давно разрабатываемых месторождениях с повышенными показателями аварийности на трубопроводных системах. Как известно, сопутствующее загрязнение водоёмов в зонах интенсивной добычи нефти приводит к деградации биоценозов [2]. Наиболее подвержены техногенному воздействию внутриболотные озёра, которые не имеют разгрузки в водотоки. Загрязнители, попавшие в водоёмы, концентрируются в донных отложениях, которые становятся источником вторичного загрязнения водных масс [3]. Нефтяное загрязнение оказывает влияние на все группы пресноводных организмов, особенно на макрозообентос, ввиду их стационарности и сравнительно высокой продолжительности жизни [4].

Целью данной работы являлось изучение сообществ зообентоса в условиях нефтяного загрязнения и оценка экологического состояния нефтезагрязнённых таёжных озёр на основании анализа состава и структуры зообентоса.

### Объекты и методы исследования

Обследованная группа озёр, состоящая из 101 водного объекта, находится в междуречье р. Вах и р. Ватинский Еган. Здесь преобладают малые озёра площадью менее 5 км<sup>2</sup>. Глубины этих озёр обычно невелики и не превышают 1,5 м. Дно этих озёр выложено отложениями торфа. Донные торфяные отложения подстилаются преимущественно суглинками и супесями. В Нижневартовском районе большинство малых внутриболотных озёр являются бессточными, а средние и крупные озёра имеют сток [5].

Объектами исследования являлись озёра без названия, загрязнённые нефтью и НП (101 озеро), расположенные на территории производственной деятельности нефтедобывающей компании. Отбор проб донных отложений проводили согласно ГОСТ 17.1.5.01-80. В пробах донных отложений определяли массовую кон-

центрацию НП и содержание органического вещества, а также проводили гидробиологический анализ состояния донных сообществ. Места расположения участков опробования донных отложений определяли исходя из морфологических особенностей каждого водного объекта и локализации видимых загрязнений. Всего отобрано 487 проб донных отложений и 481 проба зообентоса. Суммарное содержание НП определяли методом инфракрасной спектрофотометрии по ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Для определения типа донных отложений проанализировано содержание органического вещества гравиметрическим методом (потери массы при прокаливании) в соответствии с ГОСТ 27800-93.

Для взятия проб зообентоса использовали дночерпатель системы Петерсена с площадью захвата 0,0125 м<sup>2</sup>. Для устранения возможной ошибки, связанной с неоднородностью распределения гидробионтов, каждая проба зообентоса на одном участке включает содержимое двух-четырёх дночерпателей. Взятую пробу отмывали от мелких фракций ила в промывочном мешке, изготовленном из мельничного газа № 28. Камеральную обработку выполняли в соответствии с общепринятыми методами [6].

К макрозообентосу отнесли организмы, обитающие на поверхности донного грунта (эпибентос) или в его толще (эндобентос), размерами более 1 мм. Для оценки качества донных отложений и воды использовали следующие показатели: численность и биомасса животных (в пересчёте на 1 м<sup>2</sup>); число таксонов (экологических групп) бентосных организмов; с целью оценки качества вод по гидробиологическим показателям согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 рассчитывали индекс удельного биотического разнообразия по формуле Шеннона и олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея [7, 8].

Статистическую обработку полученных данных проводили по общепринятым методикам [9]. Проверку нормальности распределения проводили с помощью статистики Колмагорова-Смирнова. При анализе данных вычисляли коэффициенты корреляции Спирмена, применяли непараметрические методы. Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 10.

### Результаты и обсуждение

Среди обследованных водных объектов преобладают озёра с органогенными донны-

ми отложениями (84% проб с содержанием органического вещества 60–100%), кислой и слабокислой реакцией рН донных отложений (преимущественно в диапазоне 4,2–6,0). В проанализированных пробах донных отложений минимальное значение суммарного содержания НП 1,5 г/кг зафиксировано в одной из проб, отобранных из озера № 72, максимальные значения выше 330 г/кг – в единичных пробах из озёр № 22 и № 99. Среднее содержание НП во всех отобранных пробах донных отложений составило 29,4 г/кг, а в пробах донных отложений, в которых обнаружен зообентос, – 24,6 г/кг. В донных отложениях 30% озёр обнаружены скопления нефтяных битумов, которые, как известно, нерастворимы в воде. При планировании исследования предполагалось, что для оценки влияния НП на донные сообщества все исследованные озёра можно будет разделить на 4-е группы в соответствии с разработанным нормативом ПДУ содержания нефти и НП в донных отложениях поверхностных вод для территории ХМАО [10]. Результаты анализа концентраций нефти и НП в донных отложениях обследованных озёр показали, что даже минимальные концентрации значительно превышают текущий допустимый уровень, который составляет 0,02 г/кг. Следовательно, все водные объекты соответствуют экстремально загрязнённым озёрам с содержанием нефти и НП более 0,5 г/кг, в которых должно наблюдаться резкое угнетение донных сообществ.

Макрозообентос, обнаруженный в 77 водных объектах из 101, представлен беспозвоночными следующих таксономических групп: комары-звонцы сем. Chironomidae, комары-мокрецы сем. Ceratopogonidae, комары толстохоботные сем. Chaoboridae, ручейники отр. Trichoptera, малощетинковые черви кл. Oligochaeta и круглые черви кл. Nematoda, моллюски двустворчатые кл. Bivalvia и брюхоногие кл. Gastropoda, водяные клещи гр. Hydracarina, подёнки отр. Ephemeroptera, веснянки отр. Plecoptera и стрекозы отр. Odonata. По результатам обработки проб, средние количественные показатели макрозообентоса во всех обследованных озёрах с органо-генными донными отложениями составили 328 экз./м<sup>2</sup> и 1,62 г/м<sup>2</sup>. Из 12 экологических групп макрозообентоса, встреченных в органо-генных донных отложениях обследованных озёр, наибольшей встречаемостью в 38,0% проб характеризовались личинки комаров-звонцов, олигохеты – 9,6% проб и личинки хаборусов – 5,9% проб. Остальные экологи-

ческие группы зообентоса встречались намного реже: стрекозы – в 3,5% проб, нематоды – в 2,2% проб, двустворчатые моллюски – в 1,7% проб. По количественным показателям лидирующие позиции занимали личинки хирономид 86% численности (290±50 экз./м<sup>2</sup>) и 56% биомассы (920±220 мг/м<sup>2</sup>), значителен вклад личинок стрекоз (33% биомассы, 550±230 мг/м<sup>2</sup>). Таким образом, биомасса донных беспозвоночных всех обследованных озёр на 89% сформирована двумя группами макрозообентоса: личинками комаров-звонцов и стрекоз, а остальные организмы вносят минимальный вклад в показатели численности и биомассы. По гидробиологическим показателям большинство обследованных озёр относится к водоёмам с низкой продуктивностью (олиготрофные) и высоким уровнем загрязнения (полисапробным, VI класс) [11].

Для оценки влияния нефтезагрязнения на развитие донных сообществ проведён корреляционный анализ между биологическими показателями, такими как число таксонов макрозообентоса, численность и биомасса (общие показатели и отдельных таксонов) и содержанием нефти и НП в донных отложениях различных типов. Достоверной связи между содержанием углеводородов нефти в донных отложениях и количественными показателями зообентоса не обнаружено. Полученные результаты подтверждаются в некоторых других исследованиях [12–14]. Данный факт может указывать на хронический характер нефтяного загрязнения группы озёр. Как известно, с течением времени остаточные НП в донных отложениях становятся менее токсичными или превращаются в нетоксичную органику нефти, которая может вызывать увеличение количественных показателей бентоса [12].

Распределение содержания нефти и НП в 487 пробах донных отложениях не соответствует нормальному, медиана 12128 мг/кг значительно меньше среднего арифметического значения 29407 мг/кг, что косвенно подтверждает влияние техногенных факторов на формирование химического состава загрязнения озёр. Не обнаружена достоверная зависимость между содержанием углеводородов нефти и содержанием органического вещества в донных отложениях, которая характерна для фоновых озёр Западной Сибири, удалённых от источников загрязнения [15]. Данный результат также подтверждает антропогенное происхождение нефтяного загрязнения и может свидетельствовать о

схожести условий, при которых происходило загрязнение исследованной группы озёр.

В пробах с концентрацией НП свыше 280 г/кг бентос не обнаружен. Комары-звонцы отмечены в пробах при максимальном содержании углеводородов нефти до 200 г/кг, олигохеты – 249,2 г/кг. Стоит отметить, что *Bivalvia* и *Gastropoda* в одних и тех же пробах не встречены, однако статистически не подтверждена разница между содержанием НП в донных отложениях проб, в которых обнаружены моллюски различных классов. Брюхоногие моллюски обнаружены в пробах с диапазоном содержания нефти и НП 6,1–62,4 г/кг (рН более 5,0), двустворчатые моллюски – при рН более 5,0 и содержанием углеводородов нефти в диапазоне 7,2–70,9 г/кг.

Наиболее чувствительными индикаторами экологического состояния водных объектов являются личинки насекомых (ручейников, подёнок, хирономид, веснянок). Единично представители отр. *Trichoptera* обнаружены в 4-х пробах органогенных донных отложений с рН менее 5,0, при содержании НП от 5,3 до 17,2 г/кг. Подёнки и веснянки также встречены в единичных пробах органогенных донных отложений при содержании НП 3,2–14,2 г/кг и с рН менее 5,0. Широкий диапазон концентраций НП в пробах донных отложений, где были обнаружены олигосапробы, можно объяснить также особенностью залегания нефтяных загрязнений на дне водных объектов. Агломераты, в том числе и битумы, углеводородов нефти на поверхности донных отложений расположены не сплошным слоем, а мозаично. Загрязнённые участки дна с течением времени покрываются наносами и преобразовываются в погребённые слои нефтезагрязнённых донных отложений. Без механического воздействия, то есть в состоянии покоя, нефть и НП в погребённых слоях донных отложений являются малотоксичными настолько, что даже чувствительные беспозвоночные могут заселять покрывающий слой донных отложений.

Среди водных объектов озеро № 28 было комплексно исследовано ранее в 2017 и в 2018 гг. в рамках опытно-промышленных испытаний технологии очистки воды и донных отложений водоёмов от нефти и НП. Особенности применённой флотационной технологии и ключевые результаты изложены в соответствующем материале [16]. При первичном обследовании в 2017 г. дно озера № 28 было неравномерно загрязнено НП, минимальная концентрация НП составила 2,2 г/кг, рекордно

высокое значение – 342 г/кг, среднее содержание НП в донных отложениях озера – 102 г/кг. На всех обследованных участках водного объекта в пробах донных отложений бентос обнаружен не был. Озеро № 28 характеризовалось очень низким классом трофности донных ценозов по шкале Китаева ( $\alpha$ -олиготрофный класс) и очень низким качеством донных отложений, что обусловлено сильным нефтяным загрязнением – VI класс качества (очень грязные).

В 2018 г. провели очистку водоёма от НП, в результате которой итоговая концентрация НП в донных отложениях в среднем по озеру составила 2 г/кг, при нормативе остаточного содержания нефти и НП в донных отложениях после проведения восстановительных работ на водных объектах ХМАО– Югры 4 г/кг [17].

Повторный (контрольный) отбор проб провели непосредственно после завершения очистных работ. Бентос был обнаружен только в литоральной зоне озера. Установлено, что продуктивность озера № 28 формируется за счёт фитофильных групп бентоса (доминанты – личинки стрекоз), развивающихся в прибрежной и мелководной зоне. Средняя численность организмов составила 960 экз./м<sup>2</sup>, биомасса 5,9 г/м<sup>2</sup>. Донные ценозы охарактеризованы как загрязнённые, отнесены к IV классу чистоты.

Мониторинг состояния донной экосистемы озера № 28 состоялся в 2019 г. По результатам обследования 5-и станций содержание НП в донных отложениях составило в среднем 5,4 г/кг, что превышает установленный норматив в 4,0 г/кг для органогенных донных отложений. Таким образом, в 2019 г. зафиксирован факт вторичного загрязнения озера № 28. Предположительно, в процессе сезонного подъёма уровня воды НП поступали из прибрежной зоны, не подвергавшейся очистке. На 2-х станциях из 5-и отмечены организмы бентоса – олигохеты численностью 240 экз./м<sup>2</sup> с биомассой 0,4 г/м<sup>2</sup> в профундальной части озера, где ранее бентос не фиксировался. В береговой зоне обнаружены личинки хирономид, подёнок, хелеид, стрекоз, ручейников, жуков-плавунцов, свободноживущие нематоды и двустворчатые моллюски. Трофность озера – очень низкая ( $\alpha$ -олиготрофный класс), интегральный класс чистоты донных отложений – III–IV, мезосапробная (умеренно загрязнённая). Таким образом, за 12 месяцев после очистки донных отложений от нефти и НП флотационной технологией произошла смена трофического статуса озера.

### Заключение

Обследована группа озёр на территории Саяно-Алтайского нефтяного месторождения, загрязнённых нефтью и НП вследствие нахождения водных объектов на территории активной добычи нефти. По содержанию нефти и НП в донных отложениях все обследованные озёра относятся к категории экстремально загрязнённых. В пробах донных отложений обнаружены представители 12 экологических групп макрозообентоса. По состоянию бентосных сообществ, большинство обследованных озёр относится к водоёмам с низкой продуктивностью донных отложений (олиготрофные) и высоким уровнем загрязнения (полисапробным, VI класс). Показатели зообентоса не коррелируют с содержанием углеводородов нефти в донных отложениях. Олигосапробы, такие как ручейники, подёнки и веснянки, обнаружены в пробах донных отложений с содержанием углеводородов нефти до 17,2 г/кг. Сделан вывод о продолжительном, хроническом характере нефтяного загрязнения озёр, при котором малорастворимые агломераты нефти на дне водных объектов теряют токсичность, а также покрываются наносами донных отложений, в которых обитают донные беспозвоночные, избегая прямого соприкосновения с нефтезагрязнением. Под длительным воздействием НП донные беспозвоночные сформировали устойчивые сообщества, характеризующиеся однообразным видовым составом толерантных организмов (олигохетно-хириномидный комплекс), низкими значениями численности и биомассы.

Проведён мониторинг процесса восстановления бентофауны озера № 28 после очистки донных отложений от нефтезагрязнений, состоявшийся спустя 12 месяцев после проведения работ. Количественный анализ проб донных отложений показал небольшое превышение допустимых значений содержания нефти и НП (1,4 ПДК), что свидетельствует о факте вторичного загрязнения водного объекта. Отмечена положительная динамика развития организмов бентоса, что отражается на биоразнообразии и биоиндикационных интегральных показателях: 2017 год – VI класс (очень грязные), 2018 год – IV класс чистоты (загрязнённые), 2019 год – III–IV класс (умеренно загрязнённые).

По результатам обследования 85% озёр нуждаются в очистке донных отложений от нефти и НП. Проведённый мониторинг состояния сообществ макрозообентоса водных

объектов с учётом полученных данных в качестве «отправной точки» позволит отследить процесс восстановления их экосистем.

### Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2019 году [Электронный ресурс] <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchyety/doklad-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-khanty-mansiyskom-avtonomnom-okruge-yugre/4372185/2019-god-/> (Дата обращения: 01.02.2022).
2. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 3. С. 42–45.
3. Закруткин В.Е., Гибков Е.В., Решетняк О.С., Решетняк В.Н. Донные отложения как индикатор первичного и источник вторичного загрязнения речных вод углепромышленных территорий Восточного Донбасса // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 2. С. 259–271. doi: 10.31857/S2587556620020168
4. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 87 с. doi: 10.13140/RG.2.1.2432.7207.
5. Лёзин В.А., Тюлькова Л.А. Озёра Среднего Приобья. Тюмень: Тюменский государственный университет, 1994. 288 с.
6. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
7. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов / Под ред. Ф.Д. Мордухая-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.
8. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
9. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн. 1. М.: Наука, 2005. 337 с.
10. Состояние донных отложений в границах лицензионных участков [Электронный ресурс] <https://prirodnadzor.admhmao.ru/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/poverkhnostnye-vodnye-obekty/donnye-otlozheniya/131966/sostoyanie-donnykh-otlozheniy-v-granitsakh-litsenzyonnykh-uchastkov/> (Дата обращения: 01.02.2022).
11. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озёр разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.
12. Рузанова А.И., Воробьев Д.С. Трансформация донных сообществ в условиях нефтяного загрязнения // Экология пойм сибирских рек и Арктики / Под ред. В.В. Зуева. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. С. 71–78.
13. Михайлова Л.В., Кудрявцев А.А., Абдуллина Г.Х., Бондарь М.С., Голова В.Г., Князева Н.С., Кова-

ленко А.И., Сидорова М.И., Ядуванкина М.А. Влияние нефтяного загрязнения на состояние озёрных экосистем Ханты-Мансийского автономного округа // Вестник рыбохозяйственной науки. 2017. Т. 4. № 4 (16). С. 56–86.

14. Us lamin D.V., Aleshina O.A., Gashev S.N., Grado va A.V. Characteristics of the species composition and structure of macrozoobenthos in taiga lakes in oil-producing regions in western Siberia // *Inland Water Biol.* 2019. No. 12 P. 306–316. doi: 10.1134/S1995082919030179

15. Паничева Л.П., Кремлева Т.А., Волкова С.С. Аккумуляция нефтепродуктов донными отложениями в фоновых водоёмах западной Сибири // Вестник ТюмГУ. Сер.: Экология. 2013. № 12. С. 204–211.

16. Frank Y.A., Vorobiev D.S., Merzlyakov O.E., Sataev F.R., Trifonov A.A., Kopylov E.O., Stryuk K.V., Kalinovskaya E.A., Gronskiy S.V., Chibrikov O.V., Perminova V.V., Branevskiy Y.V., Kulizhskiy S.P., Hunter T.S. Cleaning of oil-polluted bottom sediments of the boreal lake, Samotlor oil field, North Russia: case report // *Water Sci. Technol.* 2020. V. 82. No. 12. P. 3062–3073. doi: 10.2166/wst.2020.555

17. Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры № 432-п от 23.11.2018 О нормативе “Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в донных отложениях после проведения восстановительных работ на водных объектах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры” [Электронный ресурс] <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/8600201811300004> (Дата обращения: 01.02.2022).

## References

1. Report on the environmental situation in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra in 2019 [Internet resource] <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchyety/doklad-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-khanty-mansiyskom-avtonomnom-okruge-yugre/4372185/2019-god-/> (Accessed: 01.02.2022) (in Russian).

2. Vorobiev D.S. Influence of oil and oil products on macrozoobenthos // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University.* 2006. V. 309. No. 3. P. 42–45 (in Russian).

3. Zakrutkin V.E., Gibkov E.V., Reshetnyak O.S., Reshetnyak V.N. River sediments as river waters’ primary pollution indicator and secondary pollution source in East Donbass coal-mining areas // *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya.* 2020. V. 84. No. 2. P. 259–271 (in Russian). doi: 10.31857/S2587556620020168

4. Bezmaternykh D.M. Zoobentos as an indicator of water ecosystems state in Western Siberia. Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN, 2007. 87 p. (in Russian). doi: 10.13140/RG.2.1.2432.7207

5. Lezin V.A., Tyulkova L.A. Lakes of the Middle Ob region. Tyumen: Tyumenskiy gosudarstvennyy universitet, 1994. 288 p. (in Russian).

6. Guidelines on methods for hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments / Ed. V.A. Abakumov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 239 p. (in Russian).

7. Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies / Ed. F.D. Mordukhay-Boltovskiy. Moskva: Nauka, 1984. 207 p. (in Russian).

8. Makrushin A.V. Biological water quality analysis. Leningrad: ZIN AN USSR, 1974. 60 p. (in Russian).

9. Shitikov V.K., Rosenberg G.S., Zinchenko T.D. Quantitative hydroecology: methods, criteria, solutions. V. 1. Moskva: Nauka, 2005. 281 p. (in Russian)

10. The state of bottom sediments within the licensed areas [Internet resource] <https://prirodnadzor.admhmao.ru/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/poverkhnostnye-vodnye-obekty/donnye-otlozheniya/131966/sostoyanie-donnykh-otlozheniy-v-granitsakh-litsenzionnykh-uchastkov> (Accessed: 01.02.2022).

11. Kitaev S.P. Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones. Moskva: Nauka, 1984. 207 p. (in Russian).

12. Ruzanova A.I., Vorobev D.S. Transformation of benthic communities in conditions of oil pollution // *Ecology of floodplains of Siberian rivers and the Arctic* / Ed. V.V. Zuev. Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN, 1999. P. 71–78 (in Russian).

13. Mikhaylova L.V., Kudryavtsev A.A., Abdullina G.Kh., Bondar M.S., Golova V.G., Knyazeva N.S., Kovalenko A.I., Sidorova M.I., Yaduvankina M.A. Impact of oil pollution on the state of lake ecosystems of Khanty-Mansi Autonomous okrug // *Vestnik rybkhozyaystvennoy nauki.* 2017. V. 4. No. 4 (16). P. 56–86 (in Russian).

14. Us lamin D.V., Aleshina O.A., Gashev S.N., Grado va A.V. Characteristics of the species composition and structure of macrozoobenthos in taiga lakes in oil-producing regions in western Siberia // *Inland Water Biol.* 2019. No. 12. P. 306–316. doi: 10.1134/S1995082919030179

15. Panicheva L.P., Moiseenko T.I., Kremleva T.A., Volkova S.S. Accumulation of petrochemicals by bottom sediments in the background waters reservoir of Western Siberia // *Bulletin of Tyumen State University. Ecology.* 2013. No. 12. P. 204–211 (in Russian).

16. Frank Y.A., Vorobiev D.S., Merzlyakov O.E., Sataev F.R., Trifonov A.A., Kopylov E.O., Stryuk K.V., Kalinovskaya E.A., Gronskiy S.V., Chibrikov O.V., Perminova V.V., Branevskiy Y.V., Kulizhskiy S.P., Hunter T.S. Cleaning of oil-polluted bottom sediments of the boreal lake, Samotlor oil field, North Russia: case report // *Water Sci. Technol.* 2020. V. 82. No. 12. P. 3062–3073. doi: 10.2166/wst.2020.555

17. Resolution of the Government of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra No. 432-p dated November 23, 2018 “On the norm “Permissible residual content of oil and oil products in bottom sediments after restoration work on water bodies of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra” [Internet resource] <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/8600201811300004> (Accessed: 01.02.2022).