

УДК 574.633

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА,
ПОДВЕРЖЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ НЕФТЯНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ПО МАКРОЗООБЕНТОСУ**

**MACROZOOBENTHOS-BASED ECOLOGICAL ASSESSMENT
OF THE OIL-POLLUTED LAKE**

Яныгина Л.В., Крылова Е.Н.

**Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения
Российской академии наук, Алтайский государственный университет,
г. Барнаул, Российская Федерация**

L.V. Yanygina, E.N. Krylova

**Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, Altai State University,
Barnaul, Russian Federation**

e-mail: zoo@iwep.ru

Аннотация. Загрязнение нефтепродуктами является одним из наиболее распространенных видов антропогенного воздействия на природную среду. Это связано с повсеместным использованием нефтепродуктов транспортом, развитой инфраструктурой по перевозке, хранению и реализации топлива. Наибольшей опасности нефтяного загрязнения подвержены нефтедобывающие районы.

С целью оценки воздействия нефтедобывающей деятельности на экологическое состояние водных объектов было исследовано состояние донных сообществ оз. Самотлор – водоема, используемого для добычи нефти более 50 лет. Пробы донных отложений на различных участках

озера были отобраны 8–21 сентября 2007 г.; после промывания из грунта извлекли макробеспозвоночных, определили их таксономическую принадлежность и взвесили. Для оценки экологического состояния озера были рассчитаны наиболее распространенные в системах экологического мониторинга водных объектов биотические индексы: олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, биотический индекс р. Трент, хирономидный индекс, олигохетный индекс Пареле, информативный индекс сапробности Попченко, а также индекс видового разнообразия Шеннона и индекс выровненности Пиелу.

В результате проведенных исследований показано, что, несмотря на длительное функционирование нефтедобывающего комплекса на акватории оз. Самотлор, периодические аварийные разливы нефти и фиксируемые гидрохимическими методами превышения содержания загрязняющих веществ в воде, донные сообщества озера находятся в удовлетворительном состоянии. Снижение качества среды (до 4–5 класса) отмечено в западной части озера, а также на отдельных участках центральной и северной части.

Abstract. Oil pollution is one of the most widespread anthropogenic influence on the environment. This is due to the extensive oil products use by transport, and the developed infrastructure for fuel transportation, storage and sale. The oil producing areas are greatly exposed to oil contamination.

To assess the influence of oil production on the ecological state of water objects, we studied the bottom communities from lake Samotlor, which is used for oil extraction for more than 50 years. Bottom sediments were sampled in various parts of the lake on September 8–21, 2007. First, we extracted the macroinvertebrates from bottom sediments, washed them, identified their taxonomic affiliation and then weighed them. To evaluate the lake's ecological state, we calculated the biotic indices most commonly used in the environmental monitoring of reservoirs, i.e. the Goodnight-Whitley oligochaeta index, the Trent biotic index, the chironomidae index, the Parele oligochaetic index, the

informative saprobity index Popchenko, the Shannon index of species diversity and the Pielou index.

As a result of the work carried out, it is shown that, despite the long-term operation of the oil complex in the waters of the lake Samotlor, periodic emergency oil spills and fixed by hydrochemical methods of exceeding the content of pollutants in the water, the bottom communities of the lake are in a satisfactory condition. Environmental quality (up to 4-5 grades) was reduced in the Western part of the lake, as well as in some parts of the Central and Northern parts.

Ключевые слова: макрозообентос, биоиндикация, нефтяное загрязнение, Самотлорское месторождение, Западная Сибирь

Key words: macrozoobenthos, bioindication, oil pollution, Samotlor deposit, Western Siberia

Освоение нефтегазовых месторождений, а также хранение, переработка и транспортировка нефти приводят к повышению опасности загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами [1]. Поступление нефти и нефтепродуктов в окружающую среду нефтедобывающих районов связано преимущественно с аварийными ситуациями на трубопроводах, буровых и технологических площадках. При поступлении в водоемы нефть претерпевает ряд сложных физико-химических трансформаций (испарение, растворение, образование агрегаций, седиментация, биодegradация), в результате которых происходит накопление устойчивых к биологическому разложению компонентов, причем их максимальное количество концентрируется в донных отложениях [2].

Перенос загрязняющих веществ с речным стоком вниз по течению увеличивает масштабы воздействия, в результате площадь загрязненных донных отложений может в 2 раза превышать площадь загрязненных почв этого же района [3].

Для оценки масштабов воздействия нефтегазового комплекса необходима организация мониторинга водных объектов, расположенных в районах, наиболее подверженных нефтяному загрязнению. Крупнейшие нефтяные месторождения России, а также максимальные нефтяные загрязнения вследствие разливов нефти (суммарные потери нефти за весь период добычи в этом районе составляют 100 млн т) находятся в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) [4].

Самотлорское нефтегазовое месторождение – крупнейшее в России, расположено в ХМАО, вблизи г. Нижневартовска. Разработка месторождения началась в 1965 г., доказанные и извлекаемые запасы нефти оцениваются в 2,7 млрд баррелей [5]. В геоморфологическом отношении территория Самотлорского месторождения представляет собой слабодренированную плоскую моренную равнину с абсолютными отметками 80-90 м [6]. Территория сильно заболочена, характеризуется наличием большого числа рек и озер, среди самых крупных – озеро Самотлор.

Самотлор (Самот-Эмтор) – озеро на востоке Ханты-Мансийского автономного округа, расположено вблизи г. Нижневартовска, недалеко от слияния рек Вах и Обь (рисунок 1).

Озеро имеет овальную форму, вытянуто с северо-запада на юго-восток. Озеро прекратило свое существование в качестве природного водного объекта в 1968 г., когда из него по сбросному каналу была спущена вода в р. Люк-Колен Еган. Для нефтедобычи, ведущейся со дна, озеро было разделено дамбами на 13 разноразмерных участков, в каждом из которых расположены технологические объекты по добыче нефти (кусты). По дамбам проходят автодороги и трубопроводы. После таких техногенных преобразований площадь озера уменьшилась почти в 1,5 раза (с 63 до 46 км²), а глубина – в 2 раза [7]. Современная длина озера около 11 км, ширина – до 7 км. Водосбор озера находится в таёжной зоне и

представляет собой пониженную озёрно-аллювиальную заболоченную равнину [8].

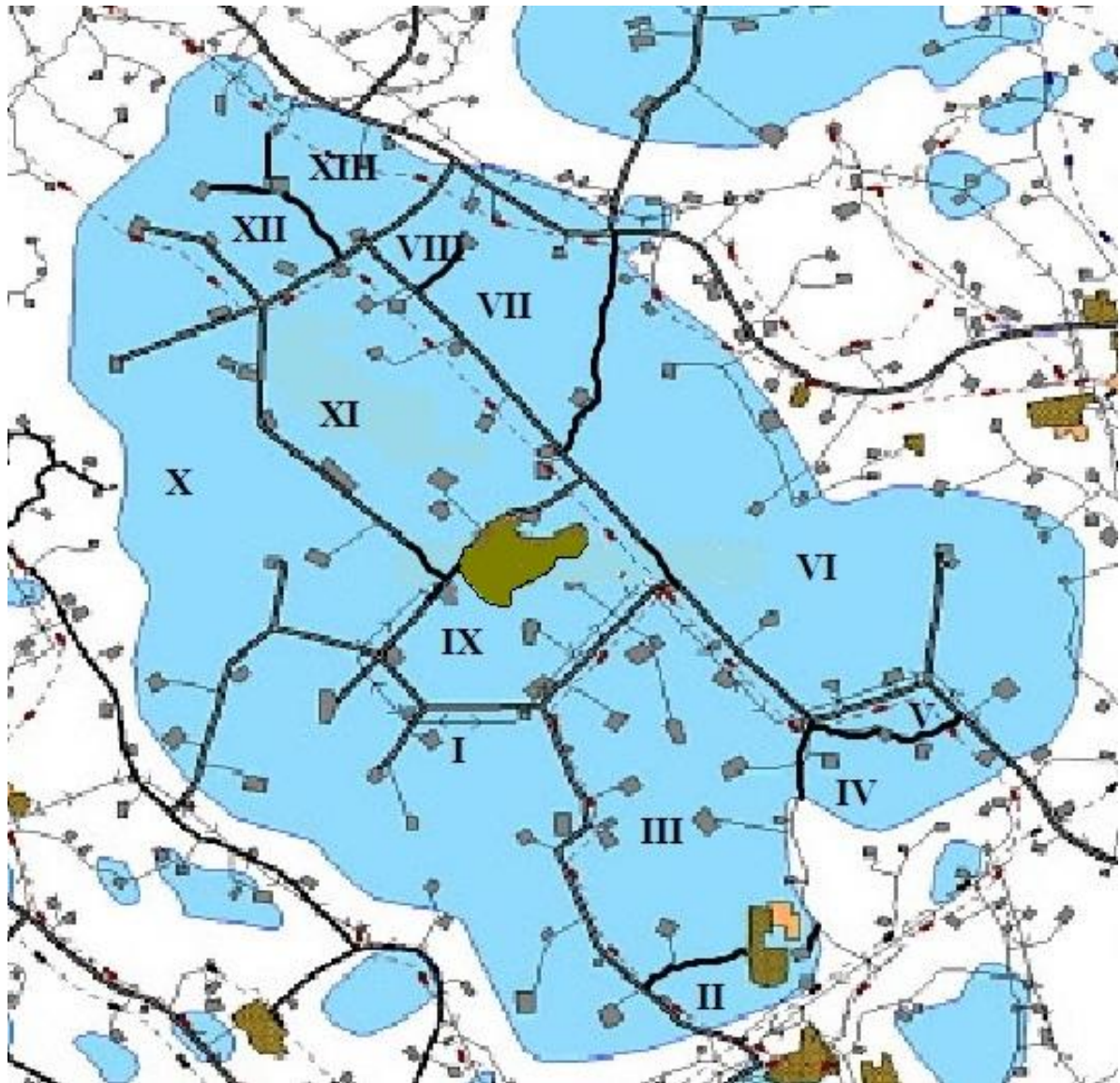


Рисунок 1. Схема расположения участков отбора проб на озере Самотлор

Значительный срок эксплуатации месторождения (более 50 лет) обуславливает износ трубопроводов, что является основной причиной высокой аварийности, сопровождающейся разливами нефти: ежегодно на Самотлорском месторождении фиксируется около 750 аварий [5]. Кроме нефтепродуктов, основными загрязняющими веществами водных объектов нефтедобывающих районов являются минеральные макрокомпоненты

(сульфаты, хлориды, магний), содержащиеся в высокоминерализованных пластовых водах [9]. На протяжении уже нескольких десятилетий в воде Самотлорского месторождения регулярно регистрируется превышение предельно допустимых концентраций нефтепродуктов, аммония, меди, железа, фенолов [10]. При анализе уровня загрязнения 21 самых крупных рек и озер ХМАО, расположенных в нефтедобывающих районах, выявлено, что наиболее высокие значения содержания нефтепродуктов характерны для оз. Самотлор [11].

Хроническое загрязнение донных отложений нефтепродуктами приводит к смене состава и перестройке структуры донных зооценозов, изменению численности и биомассы бентосных сообществ, причем характер этих изменений зависит не только от структурных характеристик донных сообществ, но и от качественного состава нефти и нефтепродуктов, их концентрации и периодичности воздействия [2].

Входящие в состав донных сообществ беспозвоночные животные являются одним из наиболее распространенных объектов в системе биомониторинга экологического состояния водоемов, т.к. они повсеместно встречаются, приурочены к определенному биотопу, имеют высокую численность, относительно крупные размеры и достаточно продолжительный срок жизни, чтобы аккумулировать загрязняющие вещества за длительный период времени [12].

Цель работы – оценка экологического состояния озера Самотлор по структурным характеристикам бентосных сообществ.

Материал и методы

Зообентос 13 участков крупного мелководного озера Самотлор, расположенного в Нижневартовском районе Тюменской области, был обследован 8–21 сентября 2007 г. В прибрежье озера преобладали песчаные грунты, в центральной более глубоководной зоне – илистые. Всего было отобрано 72 количественные пробы зообентоса. Для более

полного исследования таксономического состава беспозвоночных животных озера дополнительно было проанализировано 19 качественных проб. Количественные пробы отбирали дночерпателем ГР-91 с площадью захвата 0,007 м² (по 2 повторности в каждой точке), при отборе качественных проб делали смывы с укусов макрофитов. Пробы промывали через капроновый газ с размерами ячеей 350 x 350 мкм, фиксировали 70 % спиртом. После установления постоянного веса животных таксономически идентифицировали, затем просчитывали и взвешивали на торсионных весах ВТ-500 [13].

Для оценки экологического состояния были рассчитаны следующие индексы: олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея [14], индекс видового разнообразия Шеннона [15], биотический индекс р. Трент [16], хиррономидный индекс [17], олигохетный индекс Пареле [18], информативный индекс сапробности Попченко [19], индекс выровненности Пиелу [20, 21].

Результаты и обсуждение

В период исследований в озере Самотлор отмечено 118 видов беспозвоночных из 17 таксономических групп, наибольшее число видов относилось к насекомым (76 видов, из них 45 – двукрылых, 12 – ручейников, 9 – жесткокрылых, 8 – стрекоз, по 1 виду поденок и клопов). Около 15 % видов беспозвоночных встречались только в зарослях макрофитов. Наибольшая частота встречаемости отмечена у *Limnodrilus hoffmeisteri* (52 % проб), *Dorylaimus stagnalis* (46 %), *Cryptochironomus gr.defectus* (44 %) и *Polypedilum bicrenatum* (44 %). К редким для озера видам можно отнести 32 вида зообентоса, частота встречаемости которых не превышала 1 % проб. На отдельных участках поверхность тела беспозвоночных была покрыта нефтяными пятнами, к которой прилипали частицы донных отложений (рисунок 2).



Рисунок 2. Внешний вид двукрылых (сем. Chironomidae) с загрязненных нефтью участков

Видовое богатство зообентоса озера было сравнительно высоким: в каждой пробе в среднем обнаруживали около 10 видов беспозвоночных. Минимальное число видов в пробе (4) отмечено в северо-западной части озера, максимальное (17 видов) – в юго-восточной части. В целом, в центральной и восточной частях озера видовое богатство зообентоса было выше, чем в западной части.

Зообентос озера (за исключением западной части) характеризуется также и высокими значениями индекса видового разнообразия Шеннона. Максимальные значения индекса (3,1 бит/экз.) отмечены в южной части озера, минимальные (1,4 бит/экз.) – в западной части. Видовое разнообразие зообентоса илов было сравнительно невысоко (индекс Шеннона $2,2 \pm 0,1$ бит/экз.), что связано не только с небольшим числом видов в каждой пробе, но и с низкой выравненностью распределения

обилия отдельных видов. Несмотря на увеличение (по сравнению с илами) числа видов беспозвоночных животных в песчаных грунтах, видовое разнообразие зообентоса песков (индекс Шеннона $2,1 \pm 0,2$ бит/экз.) соответствовало аналогичному показателю илов, что было связано с выраженным доминированием некоторых видов. Максимальные значения индекса видового разнообразия Шеннона ($2,6 \pm 0,1$ бит/экз.) отмечены на смешанных грунтах, что, прежде всего, было обусловлено не значительным видовым богатством, а схожими значениями численности отдельных видов.

Численность и биомасса зообентоса также зависели от типа субстрата. Максимальные значения численности отмечены на песках ($5,9$ тыс. экз./м²), существенно ниже эти значения были на илах ($3,6$ тыс. экз./м²), минимальны – на смешанных грунтах ($2,6$ тыс. экз./м²).

В распределении биомассы отмечены противоположные тенденции: максимальные значения биомассы отмечены на смешанных грунтах ($8,7$ г/м²), минимальные – на песках ($5,6$ г/м²). Это связано с доминированием на песчаных субстратах личинок мелких хирономид (преимущественно, *Cladotanytarsus gr. mancus*), которые при больших значениях численности вносили небольшой вклад в биомассу.

Зообентос озера Самотлор носил преимущественно моллюсково-хирономидный характер, на отдельных участках озера в число доминантов входили также олигохеты. Продуктивность донных зооценозов большинства участков озера, оцениваемая по уровню биомассы [22], «средняя», что соответствует бета-мезотрофному типу водоемов. «Низкая» продуктивность (бета-олиготрофный тип) отмечена только в северной и западной частях озера.

Оценка экологического состояния водоема

Для оценки экологического состояния различных участков озера использовали широко применяемые в гидробиологическом мониторинге индексы Гуднайта-Уитлея и Вудивисса [13, 23]. В качестве дополнительной информации анализировали хирономидный индекс Балушкиной, олигохетный индекс Пареле, информативный индекс сапробности олигохет Попченко.

Значения олигохетного индекса Гуднайта-Уитлея на большей части озера были невелики и соответствовали 1-2 классу качества «очень чистые-чистые» (таблица 1). Увеличение относительной численности олигохет, свидетельствующее об ухудшении качества воды до 3 класса «умеренно загрязненные воды», отмечено только в центральной части озера (сектор IX).

Максимальные значения олигохетных индексов Пареле и Попченко, соответствующие 4-5 классу качества «загрязненные-грязные воды» отмечены на отдельных участках центральной (сектор III), южной (сектор II) и северной (сектор VII) частей озера. В остальной части озера значения индексов в основном соответствовали 2-3 классу качества.

Изменения индекса Вудивисса в целом совпадали с изменениями индекса таксономического разнообразия Шеннона и свидетельствовали об ухудшении качества среды обитания гидробионтов в северной (сектор XIII) и западной (сектор I) части озера.

Максимальные значения хирономидного индекса, соответствующие классу «загрязненные воды», отмечены на отдельных участках южной (сектор II) и северной (сектор VIII) частей озера. На остальных участках значения индекса соответствовали «умеренно загрязненным водам» (таблица 1).

Таблица 1. Численность, биомасса и некоторые показатели состояния донных зооценозов озера Самотлор

Участок озера	N, тыс. экз./м ²	B, г/м ²	H	Ko	Kch	W	D ₂	Is
I	1,5	1,5	1,4	14,2	5,6	1,6	0,52	0,52
II	4,2	11,4	3,1	17,8	7,6	4,0	0,85	0,75
III	5,1	5,6	2,4	35,9	6,2	3,4	0,83	0,81
IV	7,2	8,4	2,8	22,7	5,9	4,5	0,65	0,55
VI	3,7	6,9	2,8	7,1	6,1	4,1	0,41	0,34
VII	4,8	7,8	2,4	16,1	5,4	4,3	0,9	0,77
VIII	1,8	13,6	2,5	1,4	7,4	4,0	0	0
IX	6,2	10,0	2,1	44,0	4,7	3,6	0,62	0,59
X	2,1	4,2	1,8	10,7	5,7	2,2	0,36	0,34
XI	6,5	5,1	2,3	26,2	5,8	3,4	0,64	0,63
XII	1,9	5,0	2,7	14,9	3,4	3,8	0,25	0,25
XIII	1,0	2,4	2,3	3,1	2,9	1,5	0	0

Примечание: H – индекс видового разнообразия Шеннона; W – индекс Вудивисса; Kch – хирономидный индекс Балушкиной; Ko – олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея; D₂ – индекс Пареле; Is – индекс Попченко.

В целом, несмотря на длительное функционирование нефтедобывающего комплекса на акватории оз. Самотлор, периодические аварийные разливы нефти и фиксируемые гидрохимическими методами превышения содержания загрязняющих веществ в воде, донные сообщества озера находятся в удовлетворительном состоянии. В донных отложениях отмечены не только толерантные к загрязнению виды олигохет и хирономид, но и особи, относящиеся к чувствительным к загрязнению группам (ручейники и поденки). Это может быть связано с рядом как технических, так и экологических факторов. Дамбы, разделяющие озеро на сектора, препятствуют распространению загрязнения; в случае аварийных разливов загрязнение остается на небольшом участке, что технически облегчает устранение последствий аварии и объясняет существенные различия экологического состояния донных сообществ в отдельных секторах.

Кроме того, при попадании нефти в водоем более токсичные легкие фракции остаются на поверхности, в донные отложения поступают менее

токсичные слаборастворимые фракции. Их негативные эффекты проявляются преимущественно в нарушении дыхательных функций гидробионтов. Известно, что многие группы водных беспозвоночных дышат растворенным в воде кислородом, потребляя его всей поверхностью тела. Нефтяные углеводороды, приликая к покровам, ограничивают поступление кислорода в организм, ухудшая тем самым дыхание. Частично этот негативный эффект может компенсироваться за счет низкой температуры воды северных водоемов, что повышает растворимость кислорода и, соответственно, увеличивает его концентрацию в воде.

Вывод

Таксономическая структура и уровень развития зообентоса свидетельствовали о довольно благоприятных условиях для обитания гидробионтов в большей части озера. Уровень загрязнения донных отложений озера по большинству показателей соответствует 3 классу «умеренно загрязненные воды». Снижение качества среды до 4-5 класса («загрязненные-грязные воды») отмечено в западной части озера, а также на отдельных участках центральной и северной частей.

Список используемых источников

1. Макаренко И.Ю. Современное экологическое состояние водных объектов на территории месторождений Среднего Приобья // Современное состояние водных биоресурсов. Новосибирск, 2008. С. 307-313.
2. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета, 2006. Т. 309, № 3. С. 42-45.
3. Качество вод в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в регионах Западной Сибири: Отчет о НИР № 11.G34.31.0036 от 25 ноября 2010 г. (промежуточный – 2 этап), ТюмГУ. Тюмень, 2011. 235 с.

4. Булатов В.И. Нефть и экология: аналит. обзор. Новосибирск, 2004. 155 с.
5. Тимофеев И.В., Клепиков И.В. Добыча нефти и экология: российские особенности и проблемы на примере Самотлорского месторождения // Геопрофи, 2015. №6. С. 20-22.
6. Черникова А.В. Локальные географические последствия эксплуатации Самотлорского месторождения углеводородов // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XXI Междунар. симпозиума. Томск: Изд-во ТПУ, 2017. Т. 1. С. 576-578.
7. Толкачева В.В. Оценка загрязненности озера Самотлор // Успехи современного естествознания. 2004. № 10. С. 81-82.
8. Вода России: сайт. URL: <http://water-rf.ru> (дата обращения 28.03.2018).
9. Никаноров А.М., Страдомская А.Г., Иваник В.М. Локальный мониторинг загрязнения водных объектов в районах высоких техногенных воздействий топливно-энергетического комплекса. СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. 155 с.
10. О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2008-2009 годах: информационный бюллетень. Ханты-Мансийск, 2010. 131 с.
11. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Нефтяное загрязнение поверхностных вод на территории ХМАО – Югры // Экология и промышленность России. 2014. № 4. С. 34-38.
12. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68-82.
13. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 320 с.
14. Goodnight C.J., Whitley L.S. Oligochaetes as Indicator of Pollution // Proc. 15th Annual Ind. Waste Conf. Pardue. Univ. Ext., Sec. 1961. Vol. 106. P. 139-142.

15. Шеннон К. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике. М.: Ин. литер., 1963. С. 243-332.

16. Вудивисс Ф.С. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 132-161.

17. Балущкина Е.В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения вод // Методы биологического анализа пресных вод. Л.: ЗИН, 1976. С. 106-118.

18. Пареле Э.А., Астапенко Е.Б. Тубифициды (*Oligochaeta: Tubificidae*) – индикаторы качества водоема // Изв. АН ЛатвССР. 1975. № 9 (338). С. 44-46.

19. Попченко В.И. Закономерности изменений сообществ олигохет в условиях загрязнения водоемов // Водные малощетинковые черви: Матер. 6 Всесоюзн. симп. Рига, 1987. С. 117-122.

20. Залепухин В.В. Теоретические аспекты биоразнообразия. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003. 192 с.

21. Количественные методы экологии и гидробиологии: сб. науч. тр., посвященный памяти А.И. Баканова / Отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. Тольятти: СамНИЦ РАН, 2005. 404 с.

22. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 207 с.

23. ГОСТ 17.1.3.07-82. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоёмов и водотоков // Охрана природы. М.: ИПК изд-во стандартов, 2000. С. 74-81.

References

1. Makarenkova I.Yu. Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye vodnykh ob"yektov na territorii mestorozhdeniy Srednego Priob'ya [The Current Ecological State of Water Objects on the Territory of the Middle Priob'e Deposits]. *Sovremennoye sostoyaniye vodnykh bioresursov* [Current Status of Aquatic Biological Resources]. Novosibirsk, 2008, pp. 307-313. [in Russian].
2. Vorob'yev D.S. Vliyaniye nefti i nefteproduktov na makrozoobentos [The Influence of Oil and Oil Products on Macrozoobenthos]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta – Bulletin of Tomsk Polytechnic University*, 2006, Vol. 309, No. 3, pp. 42-45. [in Russian].
3. *Kachestvo vod v usloviyakh antropogennykh nagruzok i izmeneniya klimata v regionakh Zapadnoy Sibiri: Otchet o NIR № 11.G34.31.0036 ot 25 noyabrya 2010 g. (promezhutochnyi – 2 etap), TyumGU*. [Water Quality under Conditions of Anthropogenic Stress and Climate Change in the Regions of Western Siberia: Research Report No. 11.G34.31.0036 dd. November 25, 2010 (intermediate stage 2), TSU]. Tyumen', 2011. 235 p. [in Russian].
4. Bulatov V.I. *Neft' i ekologiya: Analit. Obzor* [Oil and Ecology: an Analyt. Overview]. Novosibirsk, 2004. 155 p. [in Russian].
5. Timofeyev I.V., Klepikov I.V. Dobycha nefti i ekologiya: rossiyskiye osobennosti i problemy na primere Samotlorskogo mestorozhdeniya [Oil Production and Ecology: Russian Features and Problems on the Example of the Samotlor Field]. *Geoprofi – Geoprofi*, 2015, No. 6, pp. 20-22. [in Russian].
6. Chernikova A.V. Lokal'nyye geograficheskiye posledstviya ekspluatatsii Samotlorskogo mestorozhdeniya uglevodorodov [Local Geographical Consequences of the Exploitation of the Samotlor Hydrocarbon Field]. *Trudy XXI Mezhdunarodnogo simpoziuma «Problemy geologii i osvoyeniya nedr»*. [Scientific Works of XXI International Symposium «Problems of Geology and Development of Mineral Resources»]. Tomsk, Izd-vo TPU, 2017, Vol. 1, pp. 576-578. [in Russian].

7. Tolkacheva V.V. Otsenka zagryaznennosti ozera Samotlor [Assessment of Pollution of the Lake Samotlor] *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya – Successes of Modern Natural Science*, 2004, No.10, pp. 81-82. [in Russian].

8. *Voda Rossii: sayt* [Water of Russia: Website.]. URL: <http://water-ru.ru> (assessed 28.03.2018). [in Russian].

9. Nikanorov A.M., Stradomskaya A.G., Ivanik V.M. *Lokal'nyy monitoring zagryazneniya vodnykh ob"yektov v rayonakh vysokikh tekhnogennykh vozdeystviy toplivno-energeticheskogo kompleksa* [Local Monitoring of Water Objects Pollution in Areas of High Anthropogenic Impacts of the Fuel and Energy Complex]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 2002. 155 p. [in Russian].

10. *O sostoyanii okruzhayushchey sredy Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry v 2008-2009 godakh: Informatsionnyy byulleten'* [On the State of the Environment of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra in 2008-2009: News Bulletin]. Khanty-Mansiysk, 2010. 131 p. [in Russian].

11. Moskovchenko D.V., Babushkin A.G. *Neftyanoye zagryazneniye poverkhnostnykh vod na territorii KHMAO – Yugry* [Oil Pollution of Surface Waters on the Territory of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii – Ecology and Industry of Russia*, 2014, No. 4, pp. 34-38. [in Russian].

12. Bakanov A.I. *Ispol'zovaniye zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoyemov* [Using Zoobenthos for Monitoring Freshwater Bodies of Water]. *Biologiya vnutrennikh vod – Biology of Inland Waters*, 2000, No. 1, pp. 68-82. [in Russian].

13. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guidance on Hydrobiological Monitoring of Freshwater Ecosystems]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992. 320 p. [in Russian].

14. Goodnight C.J., Whitley L.S. Oligochaetes as Indicator of Pollution. *Proc. 15th Annual Ind. Waste Conf. Purdue Univ. Ext., Sec.* 1961, Vol. 106, pp. 139-142.

15. Shannon K. Matematicheskaya teoriya svyazi [Mathematical Theory of Communication]. *Raboty po teorii informatsii i kibernetike* [Works on Information Theory and Cybernetics]. Moscow, In. liter. Publ., 1963, pp. 243-332. [in Russian].

16. Vudiviss F.S. Bioticheskiy indeks r. Trent. Makrobespozvonochnyye i biologicheskoye obsledovaniye [Trent Macro-invertebrates and biological examination]. *Nauchnyye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam* [Scientific Bases of Quality Control of Surface Waters by Hydrobiological Indicators]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977, pp. 132-161. [in Russian].

17. Balushkina Ye.V. Khironomidy kak indikatory stepeni zagryazneniya vod [Chironomidy as Indicators of the Degree of Water Pollution]. *Metody biologicheskogo analiza presnykh vod* [Methods of Biological Analysis of Fresh Water]. Leningrad, ZIN Publ., 1976, pp. 106-118. [in Russian].

18. Parele E.A., Astapenok Ye.B. Tubifitsidy (Oligochaeta: Tubificidae) – indikatory kachestva vodoyema [Tubifitsida (Oligochaeta: Tubificidae) – Indicators of the Quality of the Reservoir]. *Izv. AN LatvSSR – Izv. Academy of Sciences of Latvia*, 1975, No. 9 (338), pp. 44-46. [in Russian].

19. Popchenko V.I. Zakonomernosti izmeneniy soobshchestv oligokhet v usloviyakh zagryazneniya vodoyemov [Regularities of Changes in Oligochaeta Communities under Conditions of Water Pollution]. *Materialy 6 Vsesoyuznogo simpoziuma «Vodnyye maloshchetinkovyye chervil»*. [Materials of 6 All-Union Symposium «Aquatic Miniaturalous Worms»]. Riga, 1987, pp. 117-122. [in Russian].

20. Zalepukhin V.V. *Teoreticheskiye aspekty bioraznoobraziya* [Theoretical Aspects of Biodiversity]. Volgograd, Izd-vo VolGU, 2003. 192 p. [in Russian].

21. *Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii: sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyu pamyati A.I. Bakanova. Otv. red. chl.-korr. RAN G.S. Rozenberg* [Collection of Scientific Works «Quantitative Methods of Ecology and Hydrobiology», Dedicated to the Memory of A.I. Bakanova. Otv. ed. Ass. Corr. RAS G.S. Rosenberg]. Tol'yatti: SamNTS RAN Publ., 2005. 404 p. [in Russian].

22. Kitayev S.P. *Ekologicheskiye osnovy bioproduktivnosti ozer raznykh prirodnykh zon* [Ecological Bases of Biological Productivity of Lakes of Different Natural Zones]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 207 p. [in Russian].

23. *GOST 17.1.3.07-82. Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoyomov i vodotokov. Okhrana prirody* [State Standard 17.1.3.07-82. Hydrosphere. Rules of Water Quality Control of Water Bodies and Watercourses. Environmental Protection]. Moscow, IPK izd-vo standartov, 2000, pp. 4-81. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Яныгина Л.В., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация

L.V. Yanygina, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Water Ecology, IWEP SB RAS, Barnaul, Russian Federation

e-mail: zoo@iwep.ru

Крылова Е.Н., младший научный сотрудник Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, Российская Федерация

E.N. Krylova, Junior Researcher of the Laboratory of Water Ecology, IWEP SB RAS, Barnaul, Russian Federation

e-mail: ken71@iwep.ru