



БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ЖУРНАЛ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЭКОЛОГИЯ

JOURNAL
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

ECOLOGY

Издается с сентября 2017 г.
(до 2017 г. – «Экологический вестник»)
Выходит 1 раз в квартал

Published since September, 2017
(until 2017 – «Ecologicheskij Vestnik»)
Issued once a quarter

3

2019

МИНСК
БГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Главный редактор** **МАСКЕВИЧ С. А.** – доктор физико-математических наук, профессор; Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
E-mail: direktor@iseu.by
- Заместитель главного редактора** **ПОЗНЯК С. С.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
E-mail: pazniak@iseu.by
- Ответственный секретарь** **ЛЫСУХО Н. А.** – кандидат технических наук, доцент; Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
E-mail: nlysukha@mail.ru
- Батян А. Н.** Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Герменчук М. Г.** ГНТУ «Центр по ядерной и радиационной безопасности» МЧС Республики Беларусь, Минск, Беларусь.
- Голубев А. П.** Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Головатый С. Е.** Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Гричик В. В.** Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Дардынская И. В.** Центр всемирного здоровья «Великие озера», Чикаго, США.
- Зафранская М. М.** Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
- Кильчевский А. В.** Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь.
- Коровин Ю. А.** Обнинский институт атомной энергетики – Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Обнинск, Россия.
- Ленгфельдер Э.** Радиологический институт здоровья и окружающей среды имени Отто Хуга, Мюнхен, Германия.
- Либератос Г.** Афинский технический университет, Афины, Греция.
- Логинов В. Ф.** Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь.
- Медведев С. В.** ГНУ «Объединенный институт проблем информатики» Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь.
- Степанов С. А.** Международный независимый эколого-политологический университет, Москва, Россия.
- Стожаров А. Н.** Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь.
- Тарутин И. Г.** ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии имени Н. Н. Александрова», Минск, Беларусь.
- Шишко Я.** Варшавский университет сельского хозяйства, Варшава, Польша.

EDITORIAL BOARD

- Editor-in-chief** **MASKEVICH S. A.**, Doctor of Physics and Mathematics, Professor; International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
E-mail: direktor@iseu.by
- Deputy editor-in-chief** **POZNYAK S. S.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor; International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
E-mail: pazniak@iseu.by
- Executive secretary** **LYSUKHA N. A.**, PhD (engineering), Associate Professor; International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
E-mail: nlysukha@mail.ru
-
- Batyan A. N.** International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Hermenchuk M. G.** State Scientific and Technical Institution «Center for Nuclear and Radiation Safety» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus.
- Golubev A. P.** International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Golovaty S. E.** International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Grichik V. V.** Belarusian State University, Minsk, Belarus
- Dardynskaya I. V.** Great Lakes Center for Occupational and Environmental Safety and Health, Chicago, USA.
- Zafranskaya M. M.** International Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University, Minsk, Belarus.
- Kilchevsky A. V.** National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus.
- Korovin Y. A.** Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Obninsk, Russia.
- Lengfelder E.** Otto Hug Radiological Institute for Health and Environment, Munich, Germany.
- Lyberatos G.** Athens Technical University, Athens, Greece.
- Loginov V. F.** National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus.
- Medvedev S. V.** The United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus.
- Stepanov S. A.** International Independent Ecological and Political University, Moscow, Russia.
- Stozharov A. N.** Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus.
- Tarutin I. G.** N. N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Belarus.
- Szyszko J.** Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland

УДК 574.52

БИОИНДИКАЦИЯ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОЕМОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Г. СЫСА¹⁾, А. В. ДЕРЖАНСКАЯ¹⁾

¹⁾Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова,
Белорусский государственный университет, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

Проведен структурный анализ фито- и зоопланктона, выявлены виды-индикаторы сапробности водоемов среди фотосинтезирующих организмов и беспозвоночных животных. Выполнен сравнительный анализ данных, полученных методом биоиндикации, с данными гидрохимических показателей районного центра гигиены и эпидемиологии. Показано, что методы биоиндикации не уступают по информативности гидрохимическим методам и могут также широко применяться при изучении санитарного состояния поверхностных вод экосистем, а также активно использоваться в лабораторной практике. Дана комплексная оценка фито- и зоопланктона как объекта биоиндикации в водотоках и водоемах бассейна р. Днепр при разных типах природного и антропогенного воздействия. Исследованы р. Березина (Бобруйский р-н) – правый приток р. Днепр и р. Оlsa (Кличевский р-н) – левый приток р. Березина, протекающие по территории Могилевской обл. Таким образом, одноклеточные фотосинтезирующие простейшие (водоросли и беспозвоночные животные), которые чувствительны к различным видам загрязнений, могут использоваться в качестве биоиндикаторов эвтрофирования водоемов.

Ключевые слова: качество воды; загрязнение; организмы-индикаторы; фитопланктон; зоопланктон; эвтрофирование; биоиндикация.

BIOINDICATION OF ANTHROPOGENIC EUTROPHICATION OF WATER RESOURCES IN MOGILEV REGION

G. SYSA^a, A. V. DERZHANSKAYA^a

^aInternational Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,
23/1 Daïhabrodskaja Street, Minsk, 220070, Belarus
Corresponding author: A. G. Sysa (aliaksei.sysa@iseu.by)

The structural analysis of phyto- and zooplankton was carried out, species-indicators of saprobity of reservoirs among photosynthetic organisms and invertebrates were identified. A comparative analysis of the data obtained by bioindication with the data of hydrochemical parameters of the district center of hygiene and epidemiology was also carried out. It is shown that bioindication methods are not inferior in informativeness to hydrochemical methods and can also be widely used in studying the sanitary state of the surface waters of ecosystems, as well as being actively used in laboratory practice.

The aim of research is a comprehensive assessment of phyto- and zooplankton as a bioindication object in water resources of the Dnieper basin under various types of natural and anthropogenic effects. Object of study: rivers flowing on the territory of the Mogilev region – Berezhina (Bobruisk district), which is the right tributary of Dnieper, and Olsa (Klichev district),

Образец цитирования:

Сыса АГ, Держанская АВ. Биоиндикация антропогенного эвтрофирования водоемов Могилевской области. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2019;3:18–31.

For citation:

Sysa AG, Derzhanskaya AV. Bioindication of anthropogenic eutrophication of water resources in Mogilev region. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2019;3:18–31. Russian.

Авторы:

Алексей Григорьевич Сыса – кандидат химических наук, доцент; декан факультета экологической медицины.
Анастасия Викторовна Держанская – магистрант кафедры экологической химии и биохимии.

Author:

Aliaksei G. Sysa, PhD (chemistry), docent; dean of the environmental medicine faculty.
aliaksei.sysa@iseu.by
Anastasia V. Derzhanskaya, master student at the department of environmental chemistry and biochemistry.

which is the left tributary of Berezina. The subject of the study is single-cell photosynthetic protozoa, algae and invertebrates, which are sensitive to various types of pollution and can be used as bioindicators for the eutrophication of water bodies.

Key words: quality of water; pollution; organisms-indicators; phytoplankton; zooplankton; eutrophication; bioindication.

Введение

Антропогенное загрязнение и эвтрофирование водных экосистем – глобальные задачи современности. Особенно остро стоит вопрос снижения качества и без того ограниченного запаса пресных вод. Следовательно, необходимо проведение ряда целенаправленных исследований в области мониторинга водных экосистем, которые позволят оценить экологическое состояние водоемов. Функционирование водных экосистем в значительной мере определяется антропогенным и естественным поступлением биогенных элементов из окружающей среды. Таким образом, для определения экологически обоснованных норм антропогенного поступления биогенных элементов в экосистему водоема необходимо выявить особенности структуры фито- и зоопланктона, макрофитов, а также определить концентрацию химических элементов, содержащихся в воде.

Настоящая работа существенно расширяет взгляды на роль отдельных представителей фито- и зоопланктона как индикаторов состояния гидроэкосистем бассейна р. Днепр на разных уровнях организации и на использование их в количественных методах оценки состояния лотических систем.

Цель исследования: дать комплексную оценку фито- и зоопланктона как объекта биоиндикации в водотоках и водоемах бассейна Днепра при разных типах природного и антропогенного воздействия. Исследуются р. Березина (Бобруйский р-н) и р. Ольса (Кличевский р-н), протекающие по территории Могилевской обл.

Географическая и гидрохимическая характеристика р. Ольса, которая протекает по территории Кличевского и Кировского р-нов Могилевской обл. и Березинского р-на Минской обл., является левым притоком реки Березина. Длина реки с 92 км, площадь водосборного бассейна – 1690 км², среднегодовой расход воды в устье – 9,3 м³/с, средний уклон реки – 0,3 м/км. Река Ольса протекает по Центральноберезинской равнине, замерзает в первой декаде декабря, ледоход – в третьей декаде марта. В нижнем течении наивысший уровень половодья в конце марта, средняя высота над меженным уровнем 1,2 м. Река используется как водоприемник мелиоративных каналов. Русло в верховье на протяжении 10 км канализировано, ниже ширина реки в межень 12–18 м, в низовьях 30–40 м. Берега в верховье низкие, заболоченные, между деревнями Воевичи и Заполье Кличевского р-на пологие, ниже до устья крутые и обрывистые. Основные притоки – Дулебка, Сушанка, Несета. Крупнейший населенный пункт на реке – г. Кличев. Помимо него, р. Ольса протекает около нескольких сел и деревень, крупнейший пункт из которых Матевичи (Минская обл.) [1].

Различный режим хозяйствования существенно отразился на химическом и биологическом состоянии р. Ольса. В XIX в. она была достаточно широкой, полноводной и пригодной для судоходства. В Кличе находилась пристань, на которой могли подыскать работу крестьяне из близлежащей местности. Река использовалась для сплава леса и доставки продуктов питания, функционировала водяная мельница. В настоящее время назначение водоема существенно изменилось. Реку перестали применять для сплава леса, в основном ее используют для хозяйственно-бытовых нужд населения и для целей рекреации. Около 60 % территории прибрежной полосы занимают хвойные и смешанные леса. Река имеет довольно изрезанную береговую линию. Преобладающая часть прибрежной полосы занята естественной растительностью. Промышленные предприятия, сточные воды которых могли бы нести антропогенную нагрузку, на берегах реки отсутствуют. Однако некоторые зоны водного потока находятся рядом с частным сектором, городским пляжем и городской баней, сточные воды из которого попадают в реку. Данные отрезки водоема, как предполагается, подвержены антропогенному влиянию и, как следствие, содержат большое количество питательных веществ для жизнедеятельности живых организмов.

Для оценки антропогенного влияния и исследования биологического состава реки и прибрежной зоны были определены участки, из которых брали пробы воды. Точка отбора № 1 размещалась вблизи городской бани, точка отбора № 2 – около частного сектора, точка отбора № 3 – за городом. Предполагается, что она не подвержена повышенной антропогенной нагрузке, поскольку не используется населением для рекреационных и хозяйственно-бытовых нужд. Выбранные участки обозначены на карте (рис. 1).

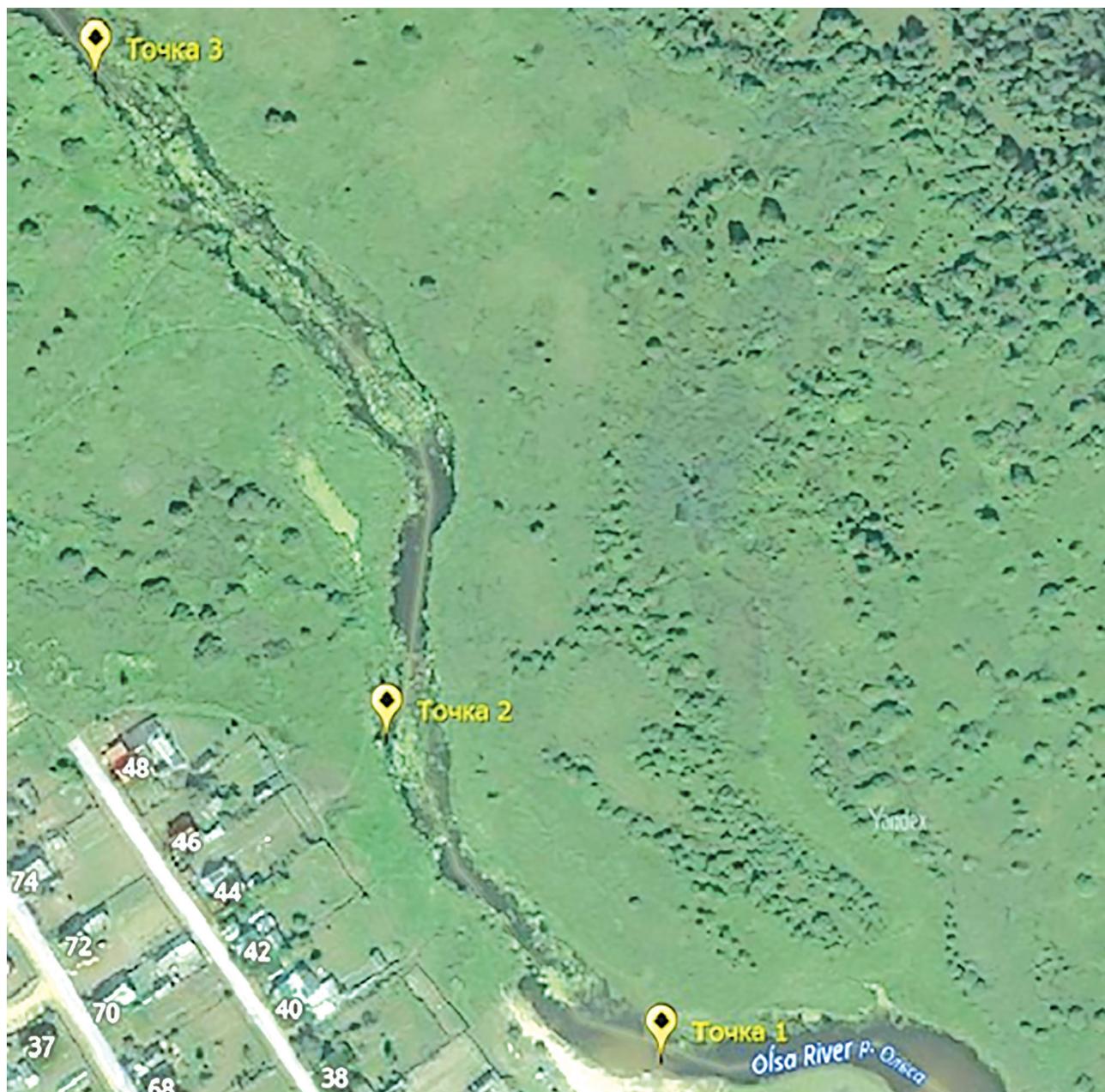


Рис. 1. Карта-схема русла реки Ольса (точки отбора проб)

Fig. 1. Schematic map of the Olsa river bed (sampling areas)

Географическая и гидрохимическая характеристика р. Березина, правого притока Днепра, самой длинной реки в Республике Беларусь, протекающей через всю территорию страны. Ее длина – 613 км, площадь бассейна – 24 500 км². Березина берет начало в болотистой местности севернее Минской возвышенности, в Березинском заповеднике, в 1 км к юго-западу от г. Докшицы. Исток находится на водоразделе Черного и Балтийского моря. Рядом с истоком Березины берут начало верхние притоки р. Сервечь – бассейн р. Неман и р. Аржаницы – бассейн р. Западная Двина. Точка тройного водораздела находится примерно в 4 км к западу от станции Крулевщизна на безымянной высоте (между высотами 199,0 и 190,7). В верхнем течении Березина проходит через озера Медзозол и Палик. Протекает в южном направлении, по Центрально-березинской равнине, впадает в Днепр около деревни Береговая Слобода Речицкого р-на. Средний годовой расход воды в устье 145 м³/сек. На р. Березина находятся такие промышленные центры Республики Беларусь, как Бобруйск, Борисов, Березино, Светлогорск [1].

Около г. Бобруйска река имеет довольно изрезанную береговую линию, преобладающая часть прибрежной полосы реки занята естественной растительностью: хвойные и лиственные породы деревьев, многолетние высокие травы. Многие участки реки используются населением Бобруйска в хозяйственной

деятельности, в прибрежной части располагаются жилые застройки и промышленные предприятия. Одним из крупных промышленных объектов, располагающимся вблизи р. Березина, является открытое акционерное общество «ФАНДОК». В течение многих лет предприятие осуществляет полную переработку древесины, начиная с лесозаготовки и разделки хлыстов, выпуска пиломатериалов, клееной фанеры, мебельных щитов, столярной плиты, изделий деревообработки и заканчивая производством мебели. На деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь при производстве МДФ и фанеры образуются сточные воды, содержащие остатки карбамидоформальдегидных смол и клеев на их основе. Промывка оборудования происходит в конце смены горячей водой, но, как правило, сточные воды, содержащие олигомерные продукты, отводятся в накопительные емкости, однако при их хранении образуется осадок мочевино-формальдегидных смол. Осадок вывозится на полигон для захоронения, а надосадочная жидкость направляется в накопитель жидких отходов, либо сбрасывается в канализационную систему. Предприятие использует систему очистки сточных вод сорбционным методом, но некоторое количество смол все же попадает в канализационную систему или сбрасывается в р. Березина. Талые и ливневые сточные воды также попадают в реку и загрязняют ее воды [1].

Для проведения биоиндикационных исследований водоема на наличие антропогенного влияния были выбраны три участка реки, которые, предположительно, испытывают разную степень антропогенной нагрузки. Точка отбора проб № 1 размещается рядом с промышленным предприятием «ФАНДОК» (предполагается, что именно этот участок страдает от антропогенной нагрузки), точка отбора № 2 – вблизи частного сектора, точка отбора № 3 – за городом. Выбранные участки исследования обозначены на карте (рис. 2).

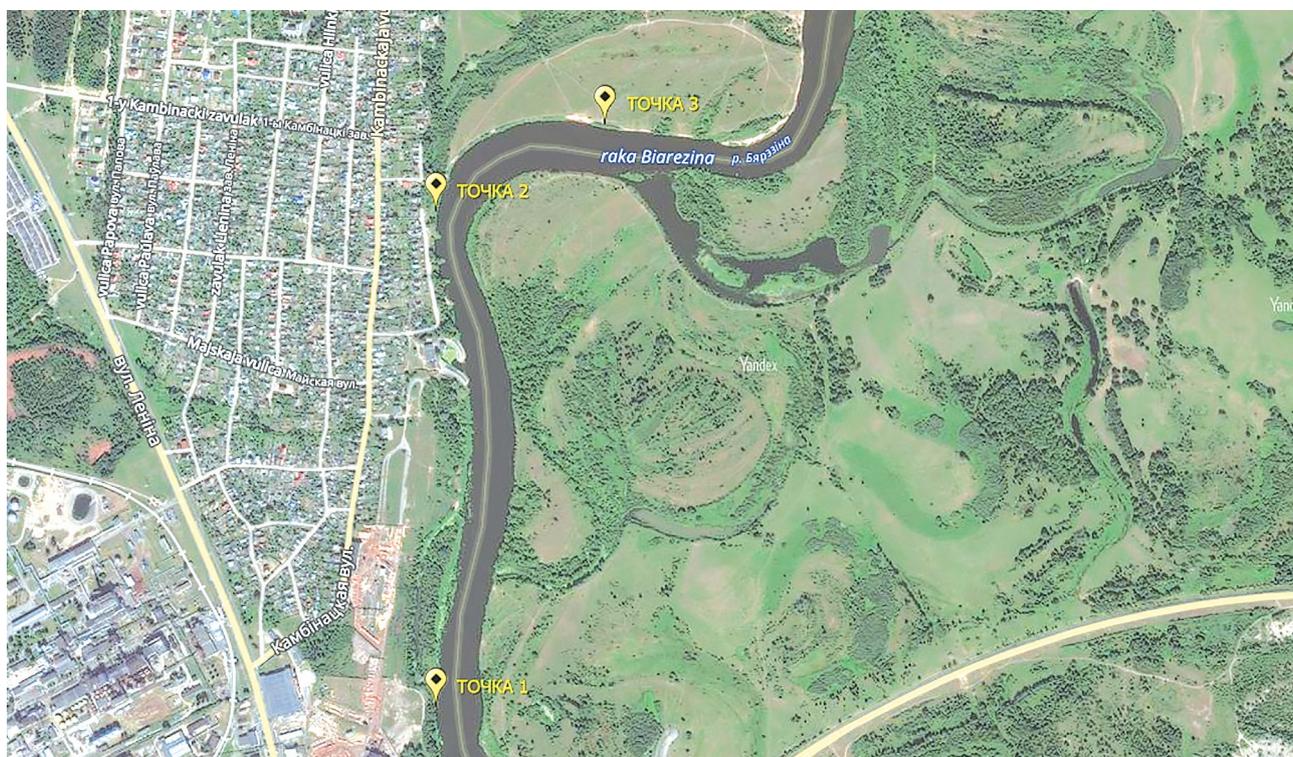


Рис. 2. Карта-схема русла реки Березина (точки отбора проб)

Fig. 2. Schematic map of the Berezina river bed (sampling areas)

По количеству проживающего населения и промышленных объектов, расположенных на берегах р. Березина, этот водоем испытывает значительно большую антропогенную нагрузку, чем бассейн р. Оlsa.

Материалы и методы исследования

В работе использованы методы эмпирического (наблюдение и сравнение) и теоретического (анализ полученных данных) исследований. В ходе экспедиционного изучения (с мая по сентябрь 2018 г.) проводилось визуальное наблюдение поверхностных вод и береговой линии, фиксировалось наличие зарослей высших водных растений, отмечалось «цветение» воды, проводился отбор проб воды для последующего

анализа. Отбор количественных проб фитопланктона объемом 0,5 л проводили зачерпыванием из поверхностного слоя воды (0–0,2 м). Отбор качественных проб фитопланктона производили одновременно с отбором количественных. Фиксацию проб проводили 40 % формалином до появления слабого запаха. После отстаивания проб в затемненном месте в течение 15–20 дней проводили концентрирование проб осадочным методом. Всего отобрано 30 проб.

Обработку проб проводили согласно общепринятым в гидробиологии методам [2; 3]. Для подсчета численности водорослей использовали счетную камеру Горяева. Подсчет числа клеток (организмов) вели под микроскопом «Альтами» (Россия) при увеличении в 500 раз. Пересчет численности водорослей на 1 л осуществляли по формуле (1):

$$N = K \times n \times (A/a) \times v \times (1000/V), \quad (1)$$

где N – количество организмов в 1 л воды исследуемого водоема;

K – коэффициент, показывающий во сколько раз объем счетной камеры меньше 1 см³;

n – количество организмов, обнаруженных на просмотренных дорожках (квадратах, полосах) счетной камеры;

A – количество дорожек (квадратов, полос) в счетной камере;

a – количество дорожек (квадратов, полос), на которых производился подсчет водорослей;

V – первоначальный объем отобранной пробы (см³);

v – объем сгущенной пробы (см³).

Доминирующие виды фитопланктона выделяли по численности, как это рекомендовано Т. М. Михеевой для водных объектов, подверженных эвтрофированию [4]. К доминирующим относили виды, численность которых составляла не менее 10 % от общей численности фитопланктона. При определении совокупности доминирующих видов для каждой пробы учитывали представителей, занимающих одно из трех первых мест по показателю численности. Частоту доминирования рассчитывали согласно формуле (2):

$$DF = D/F \times 100, \quad (2)$$

где DF – частота доминирования;

F – общее число обработанных проб;

D – число проб, в которых данный вид занимал одно из трех первых мест по значениям численности [5; 6].

Доминантные виды высших водных растений и их расположение в водоеме фиксировались во время маршрутного обследования. Обследование береговой линии проводили пешком. Прибрежно-водную растительность изучали маршрутными методами. В результате были выявлены наиболее часто встречающиеся виды растений, а также зафиксированы места обнаружения видов растений – индикаторов загрязнения. Для выявления индикаторных видов растений использовали списки растений-индикаторов загрязнения и эвтрофирования различных водных объектов. При этом учитывали природные особенности района исследования и изучаемого водного объекта, так как один и тот же вид растения не всегда выступает индикатором антропогенного загрязнения. Всего определено 13 видов водных и прибрежно-водных растений.

Систематическое положение водорослей определялось при помощи «Определителя пресноводных водорослей» А. А. Гуревича [7]. Сапробная значимость водорослей определялась по методике Т. Я. Ашихминой [8]. При помощи «Атласа-определителя беспозвоночных животных» М. А. Козлова был определен перечень видов беспозвоночных животных [9].

Оценку сапробности вод проводили по методу Майера, используя известные индикаторные значения сапробности отдельных видов [10–13]. К доминирующим видам относили те, численность и биомасса которых составляла 10 и более % от общего значения.

Значение суммы и характеризует степень загрязненности водоема. Если сумма более 22, то вода относится к I классу качества. Значения суммы от 17 до 21 свидетельствуют о II классе качества (как и в первом случае, водоем будет охарактеризован как мезосапробный). От 11 до 16 баллов – III класс качества. Все значения меньше 11 характеризуют водоем как грязный (полисапробный) [14].

Статистическую обработку результатов исследования проводили в программе Microsoft Excel 2013.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка состояния фитопланктона как объекта биоиндикации экологического состояния р. Ольса. Чтобы дать экологическую оценку водоема, было проведено исследование проб на наличие в них водорослей. В результате изучения водорослевого состава исследуемых проб воды в трех точках отбора

были выявлены виды, наиболее часто встречающиеся в образцах. К таким организмам были отнесены эвглена зеленая, хлорелла, хламидомонада, спирогира и мелозира. Был произведен подсчет этих организмов в пересчете на 1 л и составлен график динамики численности фитопланктона в трех точках отбора в период исследования проб (рис. 3).

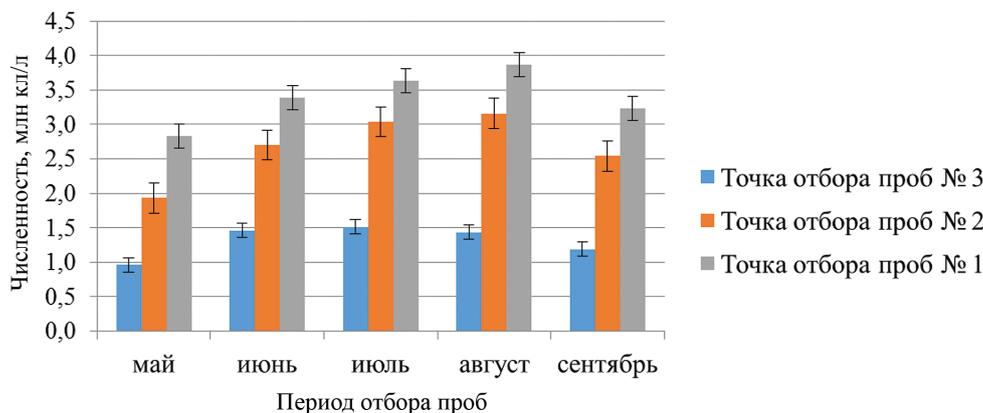


Рис. 3. Численность фитопланктона в исследуемых зонах реки Ольса

Fig. 3. Phytoplankton abundance in the Olsa river

Из данных, представленных на рис. 3, следует, что в трех исследуемых зонах реки в летние месяцы наблюдалась положительная динамика роста фитопланктона. Это явление, ожидаемое для многих водоемов, так как в летние месяцы водоем характеризуется обилием пищи, а также большим количеством солнечного света.

В исследуемых зонах реки наблюдается разная численность фитопланктона. В литературных источниках указывается, что повышенное содержание фотосинтезирующих организмов характерно для тех участков, которые склонны к эвтрофированию [15]. Исходя из этих данных, можно предположить, что зона реки, располагающаяся рядом с городской баней (№ 1), наиболее подвержена процессам эвтрофирования. Учитывая и тот факт, что питательные вещества, смываемые сточными водами с территории городской бани, попадают в водоем и используются в дальнейшем фотосинтезирующими организмами. Можно предположить, что этот участок несет повышенную антропогенную нагрузку на поверхностные воды реки. Также полученная информация свидетельствует о зависимости численности фитопланктона от удаленности берегов реки от близлежащих объектов. Необходимо заметить, что численность фитопланктона в точке отбора № 3 значительно ниже численности в точке отбора № 1 и № 2. Предполагается, что по мере удаления от реки объектов хозяйственного пользования, снижаются выброс питательных веществ в поверхностные воды и антропогенная нагрузка на водоем. Фитопланктон считается нормальной биотой любого водоема, однако распределение различных видов фитопланктона в условиях загрязнения различно. Во многих литературных источниках указываются виды, которые являются индикаторами загрязнения водоемов [16–18].

Проанализировав структуру фитопланктона в отобранных образцах воды в трех исследуемых точках, были получены сведения о том, что для каждой исследуемой зоны реки характерно доминирование тех ли иных представителей. К доминирующим видам в точке отбора № 3 отнесли анабону и диатому (рис. 4). Анабона и диатома являются типичными представителями водоемов, которые характеризуются олигосапробностью, то есть являются чистыми.

В точке отбора № 2 доминирующими видами оказались мелозира, улотрикс и спирогира. Данные отражены на диаграмме (рис. 5).

Реже встречались (в сравнении с точкой № 3) в образцах воды и такие представители, как анабона и диатома. Также было отмечено возрастание частоты встречаемости представителей эвгленовых в данной зоне реки. Как правило, спирогира и улотрикс обитают в слабозагрязненных водоемах, которые характеризуются как β -мезосапробные. Возрастание численности данных представителей фитопланктона в этой зоне реки может быть связано, прежде всего, с влиянием сточных вод, текущих из дворов частного сектора.

Анализ структуры фитопланктона в точке отбора № 1 показал, что доминирующими видами здесь являются эвглена, хламидомонада и хлорелла. Данные представлены на диаграмме (рис. 6).

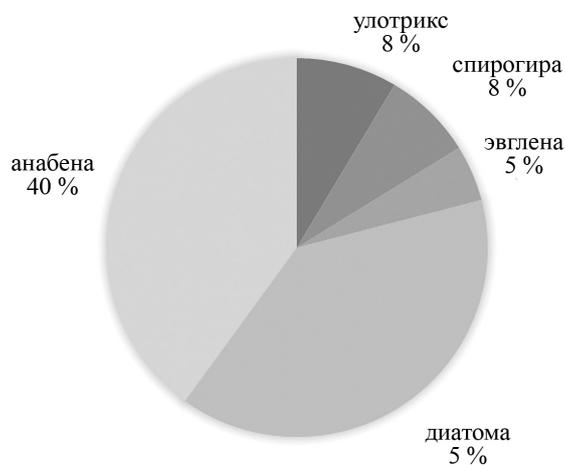


Рис. 4. Встречаемость различных видов фитопланктона в исследуемых пробах воды (точка отбора № 3)

Fig. 4. Prevalence of different types of phytoplankton (sampling area No. 3)

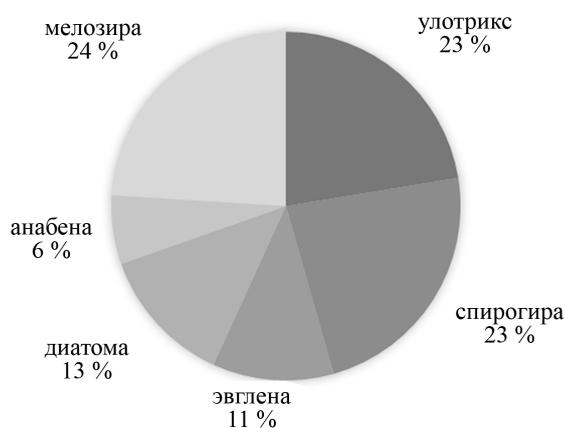


Рис. 5. Встречаемость различных видов фитопланктона в исследуемых пробах воды (точка отбора № 2)

Fig. 5. Prevalence of different types of phytoplankton (sampling area No. 2)



Рис. 6. Встречаемость различных видов фитопланктона в исследуемых пробах воды (точка отбора № 1)

Fig. 6. Prevalence of different types of phytoplankton (sampling area No. 1)

Присутствие в образцах представителей эвгленовых жгутиконосцев может свидетельствовать о сильном загрязнении водоемов. Таким образом, можно полагать, что исследуемый участок подвер-

жен повышенной антропогенной нагрузке, поскольку является местом отдыха горожан, и рядом с ним располагается городская баня. Следовательно, количество биогенных веществ, которые попадают в эту область реки, существенно увеличивается с наступлением купального сезона.

Воспользовавшись таблицей сапробной значимости водорослей (по Т. Я. Ашихминой), было установлено, что организмы, обнаруженные в пробах воды, являются представителями трех экологических групп по отношению к загрязнению поверхностных вод: эвглена зеленая и хлорелла являются полисапробными организмами (они обитают в загрязненных водоемах). В литературных источниках указано, что автогетеротрофные протисты способны к питанию не только за счет фотосинтеза, но и готовых органических веществ. Когда численность таких представителей в водоеме возрастает, это приводит к цветению воды, в результате вода мутнеет и в ней наблюдается дефицит кислорода. Хламидомонада является α -мезосапробом, а спирогира относится к группе β -мезосапробов. Диатома и анабена предпочитают в качестве места обитания чистые водоемы и являются олигосапробами [19]. На основании полученных данных можно предположить, что р. Оlsa неоднородна по степени загрязнения и в ней выделяются зоны, характеризующиеся различной степенью сапробности. Исходя из этого, мы охарактеризовали участок, расположенный рядом с городской баней (№ 1), как переходный между β -мезосапробным и полисапробным; участок вблизи частного сектора – α -мезосапробный (умеренно чистый) и участок, удаленный от города (точка отбора № 3), – переходный между α -мезосапробным и олигосапробным.

Оценка состояния зоопланктона как объекта биоиндикации экологического состояния р. Оlsa.

Итак, беспозвоночных животных можно использовать для оценки чистоты воды в водоемах, поскольку именно эти представители водной фауны резко реагируют на изменение качества воды как среды обитания [20]. Отметим, что если в водоем начинают поступать различного рода загрязнители, то это приводит к гибели некоторых представителей этих существ, а численность некоторых, наоборот, резко увеличивается. Чистые водоемы богаты ветвистоусыми рачками (дафнии), а также довольно часто в них встречаются пресноводные моллюски. Для оценки экологического состояния р. Оlsa при помощи водных беспозвоночных была использована методика Майера.

В период отбора проб в образцах определялись беспозвоночные животные (табл. 1), которые были распределены по экологическим группам в соответствии с таблицей Майера.

Таблица 1

Группы беспозвоночных животных реки Оlsa

Table 1

Groups of invertebrates of the Olsa river

Обитатели чистых вод	Организмы средней чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
Дафния	Личинки комара	Личинка стрекозы
Бокоплав	Катушки	Пиявка
Циклоп	Двустворчатые моллюски	

Расчетное значение индекса Майера составило 17. Оно характеризует водоем в целом как мезосапробный. Таким образом, он является умеренно чистым, однако в нем присутствует загрязнение [21].

Исходя из полученных данных по водорослевому составу и в соответствии с индексом Майера, можно сделать вывод о том, что р. Оlsa является α -мезосапробной, поскольку в ней присутствуют виды, характерные для этой степени сапробности. Некоторые зоны реки подвержены процессам антропогенного эвтрофирования и требуют особого внимания со стороны населения, проживающего рядом с этими зонами.

Оценка состояния фитопланктона как объекта биоиндикации экологического состояния р. Березина. При изучении отобранных проб воды в трех исследуемых точках наблюдалась положительная динамика роста численности фитопланктона в течение летнего периода, а также увеличение его численности по мере приближения береговой зоны реки к объектам промышленности (точка отбора № 1, ФанДОК) и к частному сектору (точка отбора № 2). Полученные данные по динамике численности проиллюстрированы на графике (рис. 7).

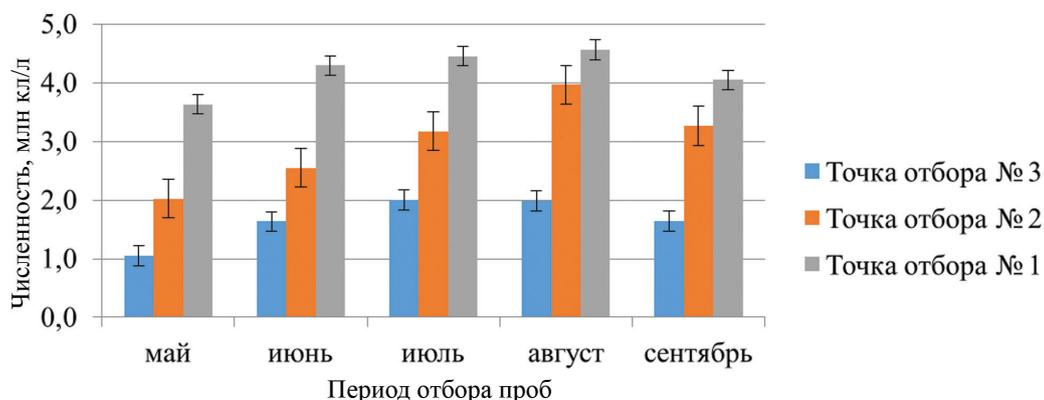


Рис. 7. Численность фитопланктона в исследуемых зонах реки Березина

Fig. 7. Phytoplankton abundance in the studied areas of the Berezina river

Данные, представленные на рис. 7, позволяют сделать вывод о повышении численности автотрофных организмов, связанного с тем, что в данный период наблюдаются наиболее благоприятные температуры для развития и жизнедеятельности микроорганизмов. Количество водорослей значительно отличается на разных участках реки. Высокая численность организмов наблюдается в точке отбора № 1, здесь содержание фитопланктона увеличивается практически в четыре раза по сравнению с точкой отбора № 3. Можно предположить, что такие показатели являются результатом действия антропогенных факторов: попадания биогенных веществ со сточными водами от рядом расположенного промышленного предприятия.

Участок реки, который располагается вдали от населенного пункта, характеризуется меньшим содержанием фитопланктона, а также низким темпом роста его численности в течение летнего периода. Исходя из этого, можно предположить, что эта зона реки в наименьшей степени подвержена процессам антропогенного эвтрофирования.

В исследуемых пробах также были выявлены наиболее часто встречающиеся виды, которые являются индикаторными при санитарно-гигиенической оценке состояния водоема. К таким видам относятся: улотрикс, спирогира, хламидомонада и хлорелла и т. п. В точке отбора № 3 наблюдалось явное преобладание в пробах анабены. Как указывается во многих литературных источниках, анабена является обитателем чистых водоемов, но она также способна выносить и умеренное органическое загрязнение, поскольку часто встречается как сопутствующий вид при цветении воды [16]. Поэтому можно предположить, что данный участок не является загрязненным. Довольно часто встречались диатома и улотрикс (рис. 8).

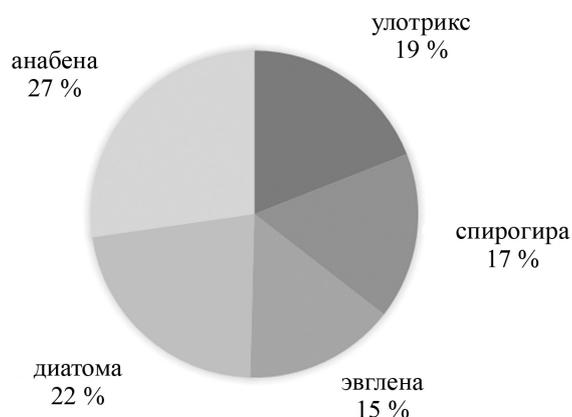


Рис. 8. Встречаемость различных видов фитопланктона в исследуемых пробах воды (точка отбора № 3)

Fig. 8. Prevalence of different types of phytoplankton (sampling area No. 3)

При исследовании проб воды, отобранных в точке отбора № 2, было установлено, что наиболее часто в пробах встречается мелозира и улотрикс.

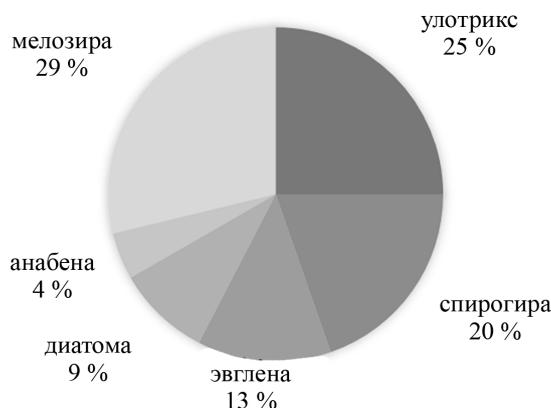


Рис. 9. Встречаемость различных видов фитопланктона в исследуемых пробах воды (точка отбора № 2)

Fig. 9. Prevalence of different types of phytoplankton (sampling area No. 2)

Используя таблицу сапробной значимости (по Т. Я. Ашихминой), следует отметить, что такие представители характерны для мезосапробных водоемов. Данные водные экосистемы характеризуются как естественным загрязнением, характерным для живого, наполненного многими гидробионтами водоема, так и очаговым загрязнением, где заканчивается влияние сильного загрязнения (у сбросов очищенных вод городской канализации, сточные воды с объектов животноводства и т. п.). Учитывая, что точка отбора № 2 расположена рядом с частным сектором, можно предположить, что возможными причинами доминирования именно данных представителей являются сточные хозяйственно-бытовые воды. Они содержат хлор, щелочи, кислоты, биогенные продукты, а также соли тяжелых металлов. Все эти продукты могут приводить к помутнению воды и увеличению численности автогетеротрофных организмов, для которых данные соединения могут служить питательной средой.

К доминирующим видам в точке отбора № 1 были отнесены хлорелла и эвглена. В исследуемых пробах не было обнаружено таких обитателей чистых водоемов, как анабена, представителей диатомовых водорослей. Данные представлены на диаграмме (рис. 10).

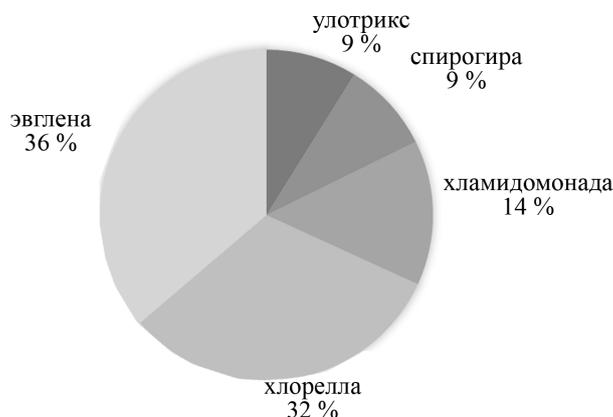


Рис. 10. Встречаемость различных видов фитопланктона в исследуемых пробах воды (точка отбора № 1)

Fig. 10. Prevalence of different types of phytoplankton (sampling area No. 1)

Обнаруженные микроорганизмы являются представителями полисапробных водоемов, особенно эвглена и хлорелла. Можно предположить, что данный участок реки страдает от загрязнения различного рода, а если учитывать то, что он расположен рядом с промышленным комплексом, то, видимо, в воде находится большое количество органических веществ, поступающих в водоем от предприятия. Однако во многих литературных источниках указано, что хлорелла является не только индикатором загрязнения, но она также участвует в процессах самоочищения водоема, как и эвглена зеленая [18; 22]. Выделяя большое количество кислорода в процессе фотосинтеза, она обогащает им воду, тем самым уменьшает содержание тяжелых металлов, попавших в водоем.

Исходя из полученных данных, можно предположить, что р. Березина, протекая на территории Бобруйского р-на, испытывает различную степень антропогенной нагрузки. Исследуемые зоны были

распределены по степени сапробности, что позволило идентифицировать точку отбора № 1 как полисапробную, поскольку обнаруженные в ней организмы – обитатели вод, характеризуют загрязнение. Так же на загрязнение указывает и высокая численность фитопланктона в пробах, в сравнении с зоной реки, которая расположена за городом.

Точку отбора № 2 можно отнести к мезосапробной зоне, так как численность фитопланктона в ней ниже, а выявленные организмы являются обитателями умеренно загрязненных водоемов. Зону реки, располагающуюся за пределами населенного пункта, можно охарактеризовать как переходную зону между мезо- и олигосапробной, поскольку она располагается вдали от объектов промышленности и практически не используется горожанами в целях рекреации, а количество фотосинтезирующих организмов в исследуемых пробах значительно ниже, по сравнению с точками отбора № 1 и 2.

Оценка состояния зоопланктона как объекта биоиндикации экологического состояния р. Березина. Экологическое состояние р. Березина было оценено при помощи методики Майера. В период отбора проб в образцах были определены беспозвоночные животные (табл. 2), которые далее распределялись по экологическим группам.

Таблица 2

Группы беспозвоночных животных реки Березина

Table 2

Groups of invertebrates of the Berezina river

Обитатели чистых вод	Организмы средней чувствительности	Обитатели загрязненных водоемов
Дафния	Катушка	Пиявка
Бокоплав	Беззубка большая	Прудовик
	Перловица	
	Живородка	

Расчетное значение индекса Майера составило 16. Данное значение характеризует водоем в целом как мезосапробный, но вода имеет третий класс качества. Таким образом, водоем является загрязненным, природные свойства реки в некоторых зонах значительно изменены в результате поступления в нее сточных вод. Вода в этой части реки непригодна для питьевого использования, хозяйственно-бытового и культурно-бытового назначения.

Исходя из полученных данных по водорослевому составу и в соответствии с индексом Майера, можно сделать вывод о том, что р. Березина является β-мезосапробной, поскольку в ней присутствуют виды, характерные для этой степени сапробности. Некоторые из зон реки, расположенные на территории Бобруйска, испытывают высокую антропогенную нагрузку и подвержены процессам эвтрофирования.

При проведении гидробиологического исследования состояния водной экосистемы биоиндикация часто является наиболее подходящим методом для анализа влияния факторов среды, которые воздействуют на водоем в целом. Благодаря этому методу можно определить трофический статус водоема, его зоо- и фитоструктуру, однако комплексная оценка экологического состояния должна включать и другие методы гидрологии. В результате изучения структуры фито- и зоопланктона р. Ольса, а также его биохимических процессов, было установлено, что для данного водоема характерно наличие индикаторной биоты, характеризующей некоторые участки реки как зоны, испытывающие антропогенную нагрузку и являющиеся непригодными для использования человеком в различных целях (табл. 3).

Данные табл. 3 определяют водоем как мезосапробный. Для данного типа сапробности характерно наличие фито- и зообиоты, которая населяет водные экосистемы с повышенной антропогенной нагрузкой. Среди таких организмов наиболее высокую индикаторную значимость составляют хлорелла, мелозира, спирогира и т. д. Отклонения от нормирующих значений аммиака по азоту, биохимического потребления кислорода и показателя растворенного кислорода, также указывают на среднюю степень загрязнения воды в р. Ольса.

Похожая экологическая ситуация наблюдается в водах р. Березина (табл. 4). Из данных химических показателей следует, что особенно отклоняется показатель химического потребления кислорода. Это указывает на присутствие в водах р. Березина тяжелых металлов и, как следствие, высокую степень загрязнения.

Таблица 3

**Комплексная оценка фито- и зоопланктона как объекта биоиндикации
в р. Оlsa при разных типах природного и антропогенного воздействия**

Table 3

**Integrated assessment of phyto- and zooplankton as an object of bioindication
in the Olsa river under different types of natural and anthropogenic impact**

Точка отбора	Фитопланктон	Зоопланктон	Данные РЦГиЭ		
			аммиак по азоту (ПДК н. б. 2 мг/дм ³)	биохимическое потребление кислорода (ПДК 3,1–4,0 мгО ₂ /дм ³)	растворенный кислород (ПДК н.м. 4 мг/дм ³)
1	Эвглена, хлорелла, хламидомонада	Личинки стрекозы, пиявка	0,82	1,5	3,2
2	Мелозира, улотрикс, спирогира	Пиявка, личинки комара, катушка, перловица	2,7	2,3	3,5
3	Диатома, анабена	Дафния, циклоп, личинки комара, бокоплав	3,9	3,2	4,7

Таблица 4

**Комплексная оценка фито- и зоопланктона как объекта биоиндикации
в р. Березина при разных типах природного и антропогенного воздействия**

Table 4

**Integrated assessment of phyto- and zooplankton as an object of bioindication
in the Berezina river under different types of natural and anthropogenic impact**

Точка отбора	Фитопланктон	Зоопланктон	Данные РЦГиЭ	
			химическое потребление кислорода (ПДК 2,1 мгО ₂ /дм ³)	биохимическое потребление кислорода (ПДК 3,1–4,0 мгО ₂ /дм ³)
1	Эвглена, хлорелла	Личинки стрекозы, пиявка	54	4,3
2	Мелозира, улотрикс, спирогира	Катушка, беззубка большая, живородка, перловица	29,3	3,98
3	Диатома, улотрикс, анабена	Дафния, бокоплав	14,7	2,97

Результаты проведенных гидрохимических исследований указывают на загрязнение некоторых районов рек Оlsa и Березина. Данные проведенной биоиндикации также свидетельствуют об эвтрофировании обеих рек в некоторых их участках. Данные процессы происходят в результате накопления в них биогенных продуктов.

В связи с этим можно предположить, что в летние месяцы 2018 г. в р. Оlsa, протекающей по территории Кличевского р-на, а также р. Березина в Бобруйском р-не, наблюдались процессы антропогенного эвтрофирования, а высокая температура окружающей среды способствовала развитию этого процесса. На основании проведенного исследования можно судить о том, что методы биоиндикации достаточно информативны в отношении определения показателя чистоты водоема, но в то же время они более трудоемкие. Следует отметить, что их значимость является довольно высокой при необходимости комплексной экологической оценки водных объектов.

Заключение

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы об экологической обстановке рек Ольса и Березина в зависимости от влияния режима поступления биогенных элементов:

1. Степень эвтрофирования исследуемых водоемов зависит от отдаленности береговой линии от объектов хозяйственного пользования и объектов промышленности.

2. Видами-индикаторами сапробности среди фотосинтезирующих организмов в реках Ольса и Березина являются хлорелла, хламидомонада и эвглена (для загрязненных участков), улотрикс и спиригира (для умеренно чистых участков), анабена и диатома (для участков, не испытывающих антропогенную нагрузку).

3. Видами-индикаторами сапробности среди беспозвоночных животных в реках являются дафния, бокоплав, циклоп (для чистых участков), катушка, перловица, живородка, личинки комара (для умеренно чистых участков. Для более загрязненных участков рек характерно наличие пиявок и личинок стрекозы).

4. В исследуемых пробах центра гигиены были отклонения от нормы по показателям аммиака по азоту, биохимического потребления кислорода, растворенного кислорода, а также превышение числа общих колиформных бактерий. Эти данные указывают на то, что некоторые зоны реки страдают от эвтрофирования и непригодны для использования человеком.

Библиографические ссылки

1. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2017 год [Интернет]. [Прочитовано 5 августа 2019 г.]. Доступно по: <http://www.nsmos.by/content/777.html>.
2. Абакумов ВА. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1983. с. 129–173.
3. Федоров ВД. *О методах изучения фитопланктона и его активности*. Москва: Издательство МГУ; 1979. 165 с.
4. Михеева ТМ. *Мониторинг фитопланктона*. Новосибирск: Наука; 1992. 141 с.
5. Макаревич ВН. Голландские методы учета обилия видов по де-Фризу в сравнении с другими методами определения участия видов в луговых травостоях. *Ботанический журнал*. 1966;51(2):293–304.
6. Кожова ОМ. Формирование фитопланктона Братского водохранилища. В: *Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища*. Москва: Наука; 1970. с. 26–160.
7. Гуревич АА. *Пресноводные водоросли. Определитель*. Москва: Просвещение; 1966. 111 с.
8. Ашихмина ТЯ, Сюткин ВМ. *Комплексный экологический мониторинг региона*. Киров: Издательство ВГПУ, 1997. 228 с.
9. Козлов МА, Олигер ИМ. *Школьный атлас-определитель беспозвоночных*. Москва: Просвещение; 1991. 207 с.
10. Барина СС, Медведева ЛА. *Атлас водорослей-индикаторов сапробности (Российский Дальний Восток)*. Владивосток: Дальнаука; 1996. 364 с.
11. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*. 1973;7:1–218.
12. Sladeczek V. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*. 1986;14(5):555–566.
13. Wegl R. Index für die Limnosaprobität. *Wasser und Abwasser*. 1983;26:1–175.
14. Семенченко ВП, Разлуцкий ВИ. *Экологическое качество поверхностных вод*. Минск: Беларуская навука; 2010.
15. Опекунова МГ. *Биоиндикация загрязнений*. Санкт-Петербург: СПбГУ; 2016. 922 с.
16. Буданцев А. *Биоиндикация*. Саарбрюккен: Palmarium Academic Publisher; 2012. 144 с.
17. Баженова ОП. Качество воды и сапробность притоков среднего Иртыша и озер г. Омска. *Научный вестник*. 2010;94: 219–222.
18. Генкал СИ. Центрические диатомовые водоросли (*Centrophyceae*) водоемов и водотоков бассейна среднего участка реки Иртыш. *Биология внутренних вод*. 2012;1:5–14.
19. Ляшенко ОА. *Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды*. Санкт-Петербург: ГТУРП, 2012. 67 с.
20. Чертопруд МВ. *Биоиндикация качества водоемов по составу сообществ беспозвоночных*. Москва: Гостехиздат; 2007. 186 с.
21. Рындевич СК. *Определение экологического состояния водных экосистем на основе анализа видового состава беспозвоночных*. Барановичи: Красная звезда; 2015. 31 с.
22. Семенченко ВП. *Принципы и системы биоиндикации текущих вод*. Минск: Орех; 2004. 124 с.

References

1. *Natsional'naya sistema monitoringa okruzhayushey sredy Respubliki Belarus': rezul'taty nabludeniy. 2017 god* [National environmental monitoring system in the Republic of Belarus: results of observations, 2017] [Internet]. [Cited 2019 March 05]. Available from: <http://www.nsmos.by/content/777.html>.
2. Abakumov VA. *Rukovodstvo po metodam hidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod I donnykh otlozheniy* [Guidelines on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1983. p. 129–173. Russian.
3. Fedorov VD. *O metodakh izucheniy fitoplanktona i ego aktivnosti* [On methods of studying phytoplankton and its activity]. Moscow: Moscow State University Publishing; 1979. 165 p. Russian.
4. Mikheeva TM. *Monitoring fitoplanktona* [Monitoring of phytoplankton]. Novosibirsk: Nauka; 1992. 141 p. Russian.

5. Makarevich VN. Dutch methods of accounting for the abundance of species by de-Frieze in comparison with other methods for determining the participation of species in meadow grasslands. *Botanicheskiy jurnal*. 1966;51(2):293–304. Russian.
6. Kozhova O. M. Formation of phytoplankton of Bratsk reservoir. In: *Formirovaniye prirodnykh usloviy i zhizni Bratskogo vodokhranilishcha*. Moscow: Nauka; 1970. p. 26–160. Russian.
7. Gurevich AA. *Presnovodnye vodorosli (opredelitel')* [Freshwater algae (determinant)] Moscow: Prosveshchenie, 1966. 111 p. Russian.
8. Ashikhmina TYa, Syutkin VM. *Kompleksnyy ekologicheskiy monitoring regiona* [Complex ecological monitoring of the region]. Kirov: Publishing house of the VGPU; 1997. 228 p. Russian.
9. Kozlov MA, Oliger IM. *Shkol'nyy atlas-opredelitel' bespozvonochnykh* [School atlas-determinant of invertebrates]. Moscow: Prosveshchenie; 1991. 207 p. Russian.
10. Barinova SS, Medvedeva LA. *Atlas vodorosley-indikatorov saprobnosti (Rossiyskiy Dal'niy Vostok)* [Atlas of algae as indicators of saprobity (Russian Far East)]. Vladivostok: Dalnauka; 1996. 364 p. Russian.
11. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*. 1973;7:1–218.
12. Sladeczek V. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*. 1986;14(5):555–566.
13. Wegl R. Index für die Limnosaprobität. *Wasser und Abwasser*. 1983;26:1–175. Germany.
14. Semenchenko VP, Razlutskiy VI. *Ekologicheskoe kachestvo poverkhnostnykh vod* [Ecological quality of surface waters]. Minsk: Belaruskaja navuka, 2010. Russian.
15. Opekunova MG. *Bioindikatsiya zagrazneniy* [Bioindication of pollution]. St. Petersburg: St. Petersburg State University; 2016. 922 p. Russian.
16. Budantsev A. *Bioindikatsiya* [Bioindication]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing; 2012. 144 p. Russian.
17. Bazhenova OP. Water quality and saprobity of tributaries of the middle Irtysh and lakes of Omsk. *Nauchnyy vestnik*. 2010;94:219–222. Russian.
18. Genkal SI. *Tsentricheskie diatomovye vodorosli (Centrophyceae) vodoemov i vodotokov basseyna srednego uchastka reki Irtysh* [Centric diatom algae (*Centrophyceae*) of the ponds and streams of the middle stretch of the river Irtysh]. *Biologiya vnutrennikh vod*. 2012;1:5–14. Russian.
19. Lyashenko OA. *Bioindikatsiya i biotestirovaniye v okhrane okruzhajushchey sredy*. [Bioindication and biotesting in environmental protection]. St. Petersburg: GTURP; 2012. 67 p. Russian.
20. Chertoprud MV. *Bioindikatsiya kachestva vodoemov po sostojaniju soobshchestv bespozvonochnykh* [Bioindication of the quality of waters on the community composition of invertebrates]. Moscow: Gostekhizdat; 2007. 186 p. Russian.
21. Ryndevich SK. *Opredeleniye ekologicheskogo sostava vodnykh ekosistem na osnove analiza vidovogo sostava bespozvonochnykh* [Determination of the ecological state of aquatic ecosystems based on the analysis of the species composition of invertebrates]. Baranovichi: Krasnaja zvezda; 2015. 31 p. Russian.
22. Semenchenko VP. *Printsipy i sistemy bioindikatsiyi tekuchikh vod* [Principles and systems of bioindication of flowing waters]. Minsk: Orekh; 2004. 124 p. Russian.

Статья поступила в редакцию 08.07.2019.
Received by editorial board 08.07.2019.

СОДЕРЖАНИЕ

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

<i>Гончарова Н. В.</i> Проект ЮНЕСКО «Национальная школа-лаборатория по биоэтике для школьников – инструмент реализации Повестки 2030 в Республике Беларусь»	4
--	---

ИЗУЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ

<i>Позняк С. С., Прудникова К. А., Конопелько О. М., Хох А. Н.</i> Перспективы мониторинга состояния природной среды с использованием спорово-пыльцевых зерен растений Республики Беларусь	9
<i>Сыса А. Г., Держанская А. В.</i> Биоиндикация антропогенного эвтрофирования водоемов Могилевской области	18
<i>Толкач Г. В., Токарчук С. М., Жук А. Л., Куцко К. Э.</i> Изучение и визуализация данных содержания частиц микропластика в водоемах города Бреста с использованием ГИС-технологий	32

РАДИОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Киевицкая А. И.</i> Исследования нейтронно-физических характеристик подкритических систем на стенде «Яліна»	41
--	----

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

<i>Батян А. Н., Костецкая Т. В., Лемешевский В. О.</i> Эпидемиологические аспекты заболеваемости раком молочной железы в Республике Беларусь	51
<i>Марчук И. Н., Смолякова Р. М., Шпадарук Е. М., Прокапук А. И.</i> Иммуногистохимическая характеристика молекулярно-биологических подтипов рака молочной железы	58

ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

<i>Самусик Е. А., Марчик Т. П., Головатый С. Е.</i> Полифенолоксидазная и пероксидазная активность дерново-подзолистых почв в условиях воздействия выбросов предприятия по производству строительных материалов	65
<i>Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Булавко Г. И., Антохина С. П., Коломиец Э. И., Алещенкова З. М.</i> Влияние минеральных и микробных удобрений на микробиоту субстрата под посадками генеративных растений голубики на выработанных торфяниках Беларуси	80
<i>Цурган А. М., Дементьев А. А., Ляпкало А. А., Мажайский Ю. А.</i> Воздействие выбросов автотранспорта различной интенсивности движения на атмосферный воздух г. Рязани в весенний период	90

ЮБИЛЕИ

Владимир Кириллович Савченко	95
------------------------------------	----