



УДК 581.526.352.2:502.51(571.51)

Фитопланктон как показатель экологического состояния реки Маны (Красноярский край)

ЭЙХВАЛЬД

Ксения Александровна

*ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина,
ka.eykhvald@omgau.org*

БАЖЕНОВА

Ольга Прокопьевна

доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, olga52@bk.ru

Ключевые слова:

фитопланктон
видовой состав
таксономическая структура
трофический статус
качество воды
река Мана
Восточная Сибирь

Аннотация:

По результатам исследований фитопланктона р. Маны (Красноярский край) в 2021–2024 гг. дополнен его видовой состав, установлена таксономическая структура, доминирующие комплексы водорослей, численность и биомасса, индексы биоразнообразия. Идентифицировано 159 видовых и внутривидовых таксонов водорослей из 7 отделов, основу видового богатства (67.92 %) создают диатомовые водоросли. Доминирующий комплекс фитопланктона формируют случайно-планктонные виды диатомей, безгетероцистные цианопрокариоты, мелкоклеточные зеленые и золотистые водоросли. Индексы биоразнообразия фитопланктонных сообществ свидетельствуют о низком уровне видового разнообразия и средней сложности их структуры. Трофический статус реки преимущественно соответствует олиготрофной категории с переходом к мезотрофной в 2021 году. Качество воды варьируется от 1-го класса «предельно чистая» до 3-го класса «удовлетворительная чистота». Экологическое состояние р. Маны в целом оценивается как удовлетворительное с наличием некоторых негативных процессов, вызванных повышенным антропогенным воздействием.

© 2025 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: Т. И. Кутявина

Получена: 08 марта 2025 года

Опубликована: 02 апреля 2025 года

Введение

Оценка экологического состояния различных водных объектов Сибири в настоящее время привлекает пристальное внимание в связи с интенсивным освоением природных ресурсов и необходимостью их усиленной охраны (Габышев, Габышева, 2018; Баженова, Барсукова, 2022; Bazhenova, Barsukova, 2023).

Река Мана является крупным правобережным притоком р. Енисей, впадающим в него в 12 км ниже плотины Красноярской ГЭС. Протяженность реки составляет 475 км, площадь водосборного бассейна – 9320 км², падение русла от истоков до устья достигает примерно 1280 м. Среднемесячный сток Маны (по данным гидрометеорологической станции в п. Манском) составляет около 100 м³/с и значительно меняется в течение года. Скорость течения реки варьируется от 4 км/ч в низовьях до 8 км/ч в верховьях. Средняя глубина колеблется от 68 до 145 см, максимальные глубины не превышают 3.5–4.0 м.

Прозрачность воды по диску Секки высокая, обычно до дна. Гидрологические характеристики реки указывают на ее ярко выраженный горный характер. Большая часть течения р. Маны проходит по территории национального парка «Красноярские Столбы», обозначая его западную границу, но истоки и устье реки находятся вне территории парка (Запекина-Дулькейт, 1972; Наблюдение процессов и явлений..., 2023).

Согласно данным гидрохимического мониторинга, основными загрязняющими веществами воды р. Маны являются железо, алюминий, медь, цинк, марганец. В 2022 г. был зафиксирован случай экстремального загрязнения ионами цинка (144.8 ПДК), а в 2023 г. – ионами меди (28.3 ПДК) (Государственный доклад..., 2023, 2024).

В настоящее время река испытывает и значительную рекреационную нагрузку, в летнее время по ней осуществляется туристический водный сплав. Устье Маны расположено на селитебной территории, и в летнее время здесь происходит неорганизованный отдых местного населения (Река Мана, 2025).

Фитопланктон р. Маны до настоящего времени был изучен недостаточно. Некоторые сведения о диатомовых водорослях реки имеются в работе Б. В. Скворцова (Skvortzow, 1971). Экологическое состояние и качество воды реки исследовали только по показателям перифитона, зоопланктона и зообентоса. По результатам наших предыдущих исследований в 2021–2022 гг. были определены некоторые показатели развития фитопланктона и качество вод реки (Эйхвальд, Баженова, 2022, 2023а, 2023б). Сведения, полученные по результатам исследований реки в 2023–2024 гг., позволили существенно дополнить характеристику ее фитопланктона и более полно оценить качество воды.

Цель работы – оценить современное экологическое состояние и качество воды р. Маны по структурным показателям фитопланктонных сообществ.

Материалы

В статье использованы материалы обработки проб фитопланктона р. Маны, отобранных в период открытой воды в 2021–2024 гг. (рис. 1).

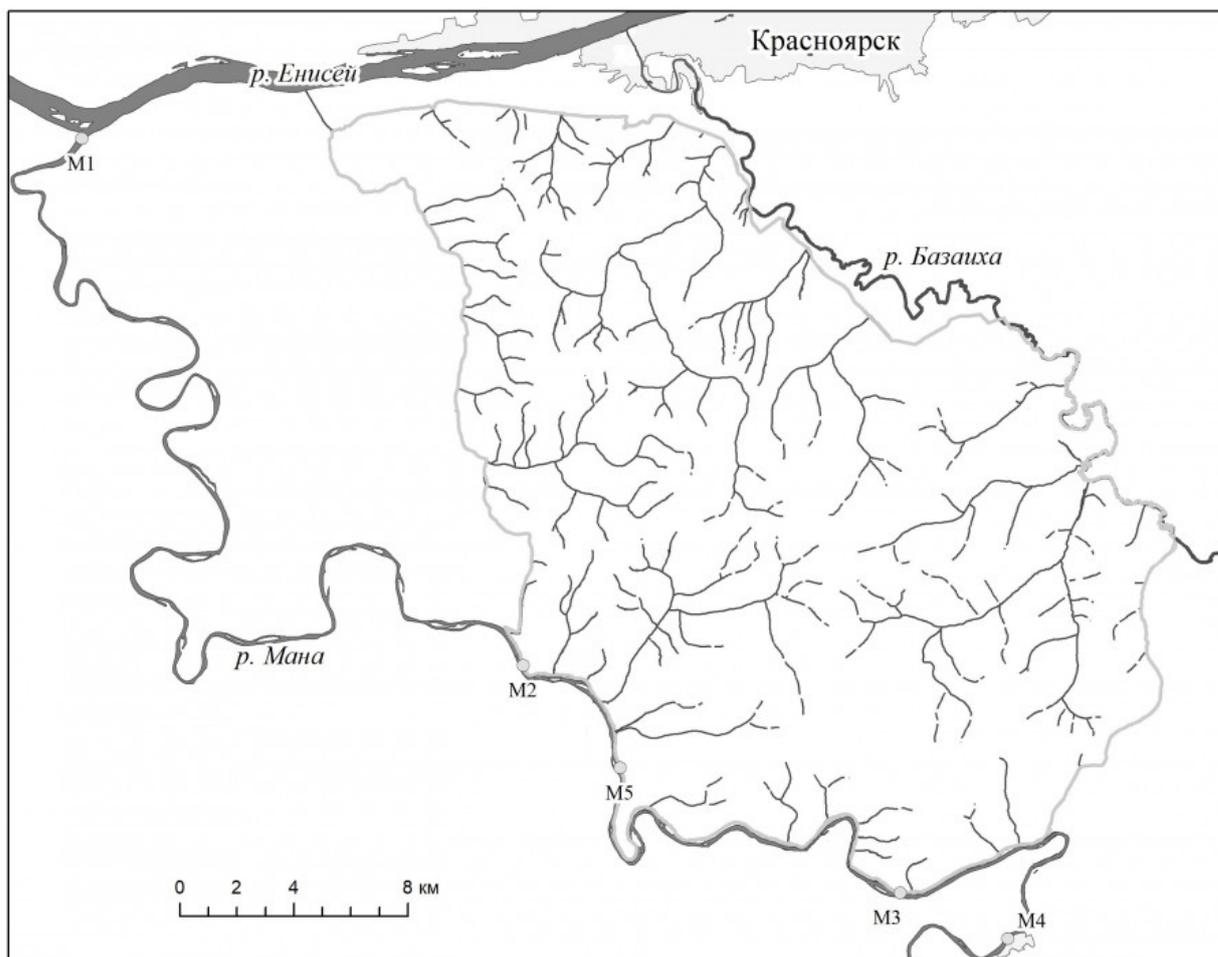


Рис. 1. Карта-схема р. Маны с указанием точек отбора проб: М₁ – устье, М₂ – кордон Кандалак, М₃ – кордон Берлы, М₄ – пос. Береть, М₅ – старица

Fig. 1. A schematic map of the Mana River with sampling points: M1 – estuary, M2 – Kandalak cordon, M3 – Berla cordon, M4 – settlement Beret, M5 – staritsa

Методы

Количественные пробы фитопланктона объемом 0.5 л отбирали зачерпыванием из поверхностного слоя воды. Качественные пробы получали процеживанием 20–50 л воды через сеть Апштейна (газ № 78) и путем интегрирования количественных. Пробы фиксировали 40 % формалином с добавлением раствора Люголя, концентрировали осадочным способом. Обработку проб проводили на световом микроскопе Euler Professor 770T. Численность клеток водорослей учитывали в счетной камере Горяева в двух повторностях, биомассу фитопланктона рассчитывали счетно-весовым методом (Методы гидробиологических исследований..., 2024). Трофический статус и качество воды оценивали по биомассе фитопланктона (Оксиук и др., 1993).

К доминантам относили виды, численность которых составляла не менее 10 % от общей. Анализ доминирующего комплекса проводили по показателям частоты встречаемости (pF), частоты доминирования (DF) и порядка доминирования (Dt) (Кожова, 1970; Горбулин, 2012).

Таксономический список водорослей составлен с учетом современных систем классификации, видовые названия уточняли с использованием международной базы данных Algaebase (Guiry, Guiry, 2025).

Для изучения параметров альфа-разнообразия фитопланктоценоза в программе PAST (Paleontological Statistics Software for Education and Data Analysis) были рассчитаны индексы Шеннона (H), Маргалефа (d), выравненности сообщества Симпсона (S) и доминирования Симпсона (D) (PAST 4, 2024). Расчет показателей численности и биомассы фитопланктона в среднем по реке проводили в программе Microsoft Office Excel.

Результаты

Температура атмосферного воздуха во время отбора проб фитопланктона в среднем составляла 2.9–17.25 °С. Температура поверхностного слоя воды весной равнялась 6.09 °С, в летний период колебалась в пределах 16.50–22.92 °С. Активная реакция воды изменялась от нейтральной до слабощелочной (7.15–8.62).

В фитопланктоне р. Маны идентифицировано 159 видовых и внутривидовых таксонов, включая номенклатурный ранг вида (ВВТ), из 7 отделов: Bacillariophyta – 108, Chlorophyta – 29, Cyanoprokaryota – 6, Euglenophyta – 6, Chrysophyta – 5, Charophyta – 4, Dinophyta – 1. Основную часть (67.92 %) таксономического списка формируют диатомовые водоросли, значительно уступают им зеленые водоросли (18.24 %). Остальные отделы водорослей значимой роли в формировании видового богатства фитопланктоценоза р. Маны не играют (табл. 1).

Таблица 1. Таксономическая структура фитопланктона р. Маны, 2021–2024 гг.

Отдел	Класс	Количество				ВВТ
		порядков	семейств	родов	видов	
Суанопрокарйот	Суанопхуцеае	3	5	5	6	6
а						
Chrysophyta	Chrysophyceae	1	2	4	5	5
Dinophyta	Dinophyceae	1	1	1	1	1
Euglenophyta	Euglenophyceae	1	2	3	6	6
Василлариопхита	Косцинодисцеае	1	1	1	1	1
е						
	Медиопхуцеае	1	1	2	2	2
	Василлариопхуцеае	9	19	36	103	105
е						
Chlorophyta	Chlorophyceae	2	11	14	22	22
	Требухиопхуцеае	2	3	4	6	6
	Ульвопхуцеае	1	1	1	1	1
Charophyta	Зигнематофхуцеае	1	2	2	4	4
	Всего	23	48	73	157	159

Доминирующий комплекс фитопланктона р. Маны формируют 11 ВВТ из 4 отделов, в т. ч.:

Цианопрокэриоты - 3, Вациллариофиты - 5, Хлорофиты - 2, Хризифиты - 1. К доминирующим видам относится 7.43 % от общего числа ВВТ, в их составе преобладают диатомеи.

Высокая встречаемость ($pF = 70-100$) отмечалась у *Cocconeis placentula* Ehr., *C. euglypta* Ehr. и *Aphanocapsa holsatica* (Lemm.) Cronb. et Komarek. Максимальные показатели порядка и частоты доминирования ($DF = 100$, $Dt = 100$) характерны для цианопрокэриоты *A. holsatica* и диатомеи *C. euglypta*.

Показатели общей численности и общей биомассы фитопланктона в среднем по реке в разные годы исследований значительно варьировали, колеблясь в широких пределах в зависимости от сезона отбора проб (рис. 2).

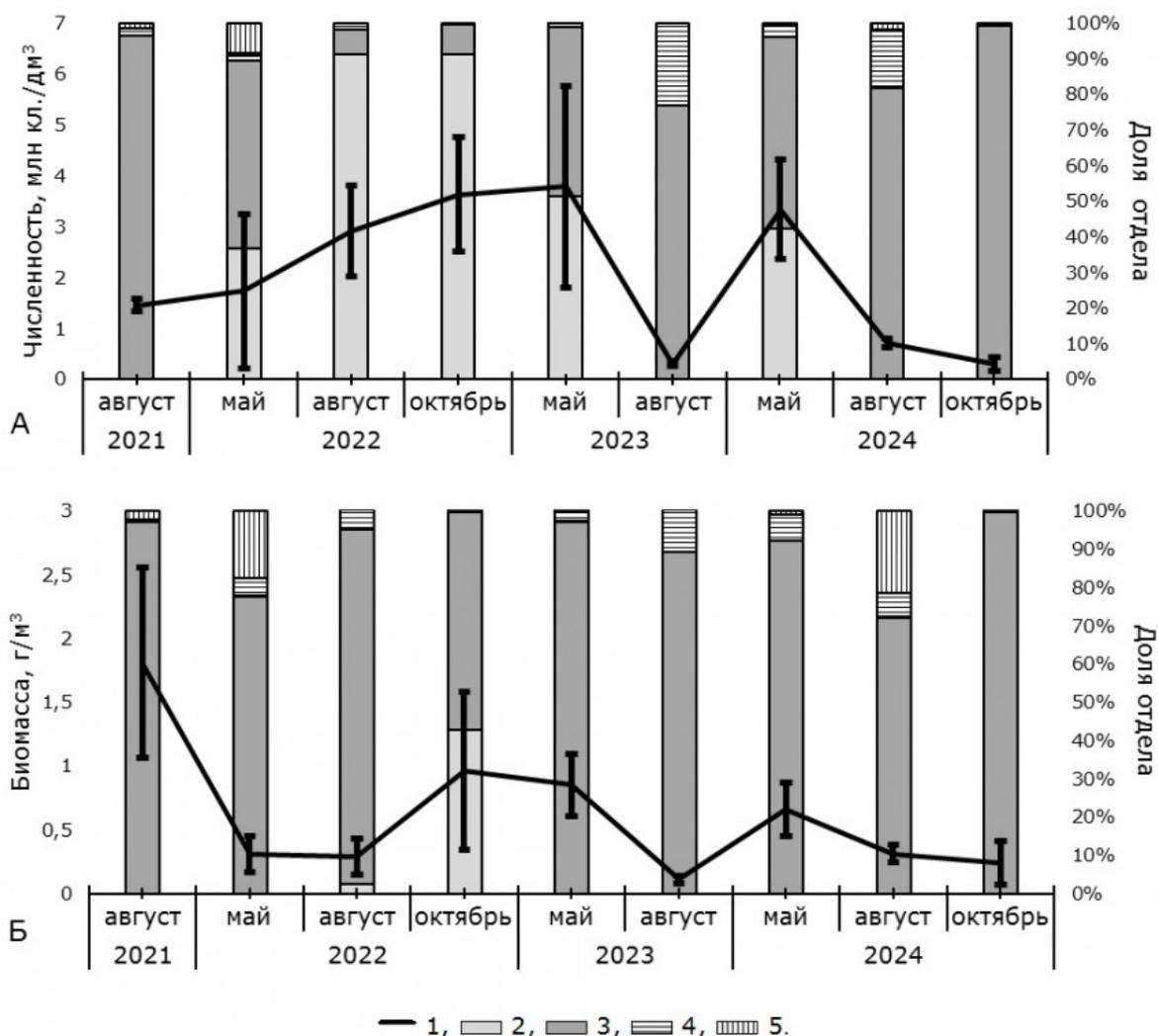


Рис. 2. Сезонная и межгодовая динамика общей численности (А) и общей биомассы (Б) фитопланктона р. Маны, 2021-2024 гг.: 1 - средняя общая численность (А, млн кл./дм³), средняя биомасса (Б, г/м³); средний вклад (%) отделов водорослей: 2 - Цианопрокэриоты, 3 - Вациллариофиты, 4 - Хлорофиты, 5 - прочие

Fig. 2. Seasonal and interannual dynamics of the total abundance (A) and total biomass (B) of phytoplankton in the Mana River, 2021-2024: 1 - average total abundance (A, million cells/dm³), average biomass (B, g/m³); average contribution (%) of algae divisions: 2 - Cyanoprocэриоты, 3 - Bacillariophyta, 4 - Chlorophyta, 5 - others

Наибольший вклад в формирование общей численности фитопланктона весной 2022 и 2024 гг. вносили диатомовые водоросли (в среднем 52.69 и 53.81 %), а в 2023 г. - цианопрокэриоты (51.28 %). Максимальная численность (3.79 ± 1.98 млн кл./дм³) и биомасса (0.85 ± 0.24 г/м³) фитопланктона

наблюдалась весной 2023 г. Основу биомассы весеннего фитопланктона во все годы исследований формируют диатомеи (77.36–96.74 %).

В летний сезон общая численность фитопланктона р. Маны колебалась от 0.30 ± 0.05 до 2.91 ± 0.89 млн кл./дм³, а биомасса от 0.11 ± 0.03 до 1.81 ± 0.75 г/м³. Максимальный вклад в численность и биомассу летнего фитопланктона вносили диатомовые водоросли, доля которых составляла соответственно 96.70 и 97.09 %. Вклад водорослей других отделов был минимальным, и только летом 2022 г. наблюдалась интенсивная вегетация цианопрокариот рода *Aphanocapsa*, формирующих 91.36 % общей численности фитопланктона (см. рис. 2).

В осенний сезон максимальная численность (3.63 ± 1.12 млн кл./дм³) и биомасса (0.96 ± 0.62 г/м³) фитопланктона р. Маны была отмечена в 2022 г. В это время основу общей численности фитопланктона реки формировали цианопрокариоты *Pleurocapsa minor*, а в 2024 г. – диатомовые водоросли. Основу общей биомассы фитопланктона по-прежнему создавали диатомовые водоросли.

Трофический статус р. Маны по показателям развития фитопланктона в годы исследований соответствовал олиготрофной категории вод, исключением являлось лето 2021 г., когда воды реки относились к мезотрофной категории. Класс качества воды варьировал от 1-го класса «предельно чистая» до 3-го класса «удовлетворительной чистоты» (разряд «достаточно чистая») (табл. 2).

Таблица 2. Качество воды и трофический статус р. Маны в 2021–2024 гг.

Время отбора проб	Класс качества воды по биомассе фитопланктона	Класс качества воды по УКИЗВ*	Категория трофности
2021			
август	3а – удовлетворительной чистоты	4а – загрязненная	мезотрофная
2022			
май	2а – чистая	3б – удовлетворительной чистоты	олиготрофная
август	2а – чистая		
октябрь	2б – чистая		
2023			
май	2б – чистая	4а – загрязненная	олиготрофная
август	1 – предельно чистая		
2024			
май	2б – чистая	нет данных	олиготрофная
август	2а – чистая		
октябрь	2а – чистая		

Примечание. * – УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (Государственный доклад..., 2024).

Параметры альфа-разнообразия фитопланктоценоза р. Маны имеют невысокие значения, варьируя в широких пределах в зависимости от времени и места отбора. Индекс Маргалефа изменялся в пределах от 0.68 до 2.36, в среднем составляя 1.32 ± 0.08 . Индекс Шеннона колебался от 0.10 до 2.19, в среднем 1.30 ± 0.11 . Индекс выравненности Симпсона варьировал от 0.03 до 0.87, в среднем 0.56 ± 0.05 . Индекс доминирования Симпсона – 0.13–0.97, в среднем 0.44 ± 0.05 .

Обсуждение

Температура и активная реакция воды р. Маны достаточно благоприятны для вегетации водорослей. Существенно ограничивают развитие фитопланктона высокая скорость течения этой горной реки и повышенные концентрации тяжелых металлов, особенно цинка и меди. Известно, что высокая концентрация ионов тяжелых металлов подавляет развитие фитопланктона (Габышев, Габышева, 2020).

Видовое богатство фитопланктона реки относительно невысокое. Характерной особенностью таксономической структуры фитопланктона является преобладание диатомовых водорослей и низкое видовое богатство водорослей других отделов, что является характерной чертой горных водотоков и водоемов и отмечено многими исследователями в различных физико-географических зонах (Комулайнен и др., 2006; Митрофанова, 2009; Kaddeche et al., 2022; Bushi, Nimasow, 2024).

Особенностью доминирующих комплексов фитопланктона являлось преобладание в их составе случайно-планктонных видов диатомей и безгетероцистных цианопрокариот. Первое связано с тем, что роль диатомовых водорослей в водных экосистемах в целом значительна, а в альгофлоре горных водотоков они занимают лидирующие позиции (Митрофанова, 2009; Bushi, Nimasow, 2024). Доминирование цианопрокариот свидетельствует об увеличении трофического статуса вод (Корнева,

Глушченко, 2020; Vazhenova, Mikhailov, 2021), что связано с повышенным антропогенным воздействием на р. Ману.

Значимость случайно-планктонных диатомей в формировании общей численности и биомассы фитопланктона, особенно весной, отмечена многими исследователями (Митрофанова, 2009; Габышев, Габышева, 2018; Фитопланктон Омского Прииртышья, 2019). Что касается цианопрокариот, то известно, что многие из них проводят зиму в покоящемся состоянии в грунтах и донных отложениях (Скабичевский, 1954; Wang et al., 2023).

Снижение численности и биомассы фитопланктона в р. Мане в летний период связано с разнонаправленным влиянием различных гидрометеорологических, гидрологических и гидрохимических факторов, которое часто бывает не прямым, а опосредованным и проявляется с некоторым запозданием (Девяткин и др., 2001; Минеева, 2004; Abba, 2019).

В целом многолетняя и сезонная динамика обилия фитопланктона р. Маны обусловлена пространственно-временными различиями гидрометеорологических и гидрологических параметров, повышенным антропогенным воздействием и подчиняется общим закономерностям функционирования экосистем умеренных и высоких широт (Chang et al., 2021; Bushi, Nimasow, 2024).

Показатели альфа-биоразнообразия для фитопланктоценоза р. Маны указывают на невысокое количество составляющих его видов, а сложность структуры фитопланктоценоза реки близка к средней, что связано с неблагоприятными условиями среды (Розенберг, 2007; Bushi, Nimasow, 2024).

Установленное в наших исследованиях качество воды р. Маны по биомассе фитопланктона существенно выше, чем качество воды, установленное по УКИЗВ (см. табл. 2), что еще раз, по нашему мнению, свидетельствует о том, что система качества вод, основанная только на гидрохимических показателях, не имеет научного обоснования для объективной оценки экологического состояния водных объектов (Шитиков и др., 2003). Более адекватно этот вопрос решается с помощью различных методов биоиндикации.

Заключение

Для фитопланктона р. Маны характерно относительно низкое видовое богатство, что связано с горным характером реки. Наиболее значимую роль в составе доминантов играют случайно-планктонные виды диатомей рода *Cocconeis* и безгетероцистные цианопрокариоты из рода *Aphanocapsa*, чье массовое развитие свидетельствует о негативных процессах, связанных с повышенным антропогенным воздействием.

Межгодовая и сезонная динамика обилия фитопланктона р. Маны обусловлена пространственно-временными различиями гидрометеорологических и гидрологических параметров, повышенным антропогенным воздействием и подчиняется общим закономерностям функционирования экосистем умеренных и высоких широт.

Экологическое состояние р. Маны в целом оценивается как удовлетворительное с наличием некоторых негативных процессов, вызванных повышенным антропогенным воздействием.

Библиография

Баженова О. П., Барсукова Н. Н. Первые сведения о фитопланктоне и экологическом состоянии реки Васюган (Томская область) [The first information about phytoplankton and the ecological state of the Vasyugan River (Tomsk region)] // Сибирский экологический журнал. 2022. Т. 29, № 6. С. 742–750. DOI: 10.15372/SEJ20220610

Габышев В. А., Габышева О. И. К изучению влияния тяжелых металлов на развитие фитопланктона озер г. Якутска и окрестностей [To study the influence of heavy metals on the development of phytoplankton in the lakes of Yakutsk and its surroundings] // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020. Т. 25, № 4. С. 81–91. DOI: 10.31242/2618-9712-2020-25-4-6

Габышев В. А., Габышева О. И. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири [Phytoplankton of large rivers of Yakutia and adjacent territories of Eastern Siberia] / Под ред. Л. Г. Корневой. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2018. 414 с.

Горбулин О. С. Комплексы доминантных форм фитопланктона разнотипных водоемов [Complexes of dominant forms of phytoplankton of different types of reservoirs] // Альгология. 2012. Т. 22, № 3. С. 303–315.

Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2022 году» [State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2022"]. Красноярск, 2023. 367 с.

Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2023 году» [State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2023"]. Красноярск, 2024. 356 с.

Девяткин В. Г., Метелева Н. Ю., Митропольская И. В. Гидрофизические факторы продуктивности литорального фитопланктона: оценка и прогноз содержания хлорофилла а и интенсивности фотосинтеза [Hydrophysical factors of littoral phytoplankton productivity: assessment and forecast of chlorophyll A content and photosynthesis intensity] // Биология внутренних вод. 2001. № 1. С. 36–45.

Запекина-Дулькейт Ю. И. Производительность донной фауны реки Маны и ее изменение в связи с лесосплавом [Productivity of the bottom fauna of the Mana River and its changes in connection with logging] // Труды государственного заповедника «Столбы». Вып. IX. Красноярск, 1972. С. 5–105.

Кожова О. М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища [Formation of phytoplankton of the Bratsk reservoir] // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. М.: Наука, 1970. С. 26–160.

Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вислянская И. Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология [Algoflora of lakes and rivers of Karelia. Taxonomic composition and ecology]. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2006. 81 с.

Корнева Л. Г., Глущенко Г. Ю. Состав и сезонная сукцессия фитопланктона Таганрогского залива Азовского моря и нижнего течения р. Дон в условиях изменяющегося климата [Composition and seasonal succession of phytoplankton of Taganrog Bay in the Sea of Azov and the downstream reaches of the Don River in a changing climate] // Биология внутренних вод. 2020. Т. 13, № 1. С. 18–25. DOI: 10.31857/S032096522001009X

Методы гидробиологических исследований внутренних вод [Methods of hydrobiological studies of inland waters] / А. В. Крылов, И. А. Барышев, Д. М. Безматерных [и др.]; Под ред. А. В. Крылова. Ярославль: Филигрань, 2024. 592 с.

Минеева Н. М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ [Plant pigments in the water of the Volga reservoirs]. М.: Наука, 2004. 156 с.

Митрофанова Е. Ю. Водоросли планктона горных водотоков (на примере водотоков бассейна Телецкого озера, Россия) [Algae of plankton of mountain streams (on the example of the streams of the Lake Teletskoye basin, Russia)] // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: Материалы II Всерос. конф. Сыктывкар: Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 104–107.

Наблюдение процессов и явлений в природном комплексе национального парка «Красноярские Столбы» и их изучение по программе «Летопись природы» [Observation of processes and phenomena in the natural complex of the Krasnoyarsk Pillars National Park and their study under the Chronicle of Nature program]. Книга 82 (2022 г.). Красноярск, 2023. 305 с.

Оксиюк О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши [Complex ecological classification of the quality of land surface waters] // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76.

Река Мана [The Mana River]: URL: <https://sibguide.ru/place/reka-mana-2/> (дата обращения: 13.01.2025).

Розенберг Г. С. Несколько слов об индексе разнообразия Симпсона [A few words about the Simpson Diversity Index] // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2007. Т. 21, № 3. С.

581–584.

Скабичевский А. П. О залежах планктонных водорослей в грунтах реки Иртыша [About deposits of planktonic algae in the soils of the Irtysh River] // Доклады АН СССР. 1954. Т. 96, № 4. С. 861–864.

Фитопланктон Омского Прииртышья [Phytoplankton of the Omsk Irtysh region] / О. П. Баженова, Н. Н. Барсукова, И. Ю. Игошкина, О. А. Коновалова, Л. В. Коржова, О. О. Кренц; Под общ. ред. О. П. Баженовой. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. 320 с.

Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации [Quantitative hydroecology: methods of system identification]. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

Эйхвальд К. А., Баженова О. П. Трофический статус и качество воды рек и ручьев национального парка «Красноярские столбы» [Trophic status and water quality of rivers and streams of the Krasnoyarsk Pillars National Park] // Экологические чтения–2022: Сб. науч. трудов XIII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2022. С. 415–421.

Эйхвальд К. А., Баженова О. П. Дополнения к фитопланктону водных объектов национального парка «Красноярские столбы» [Additions to the phytoplankton of the water bodies of the Krasnoyarsk Pillars National Park] // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2023а. Т. 22, № 1. С. 427–431. DOI: 10.14258/pbssm.2023082

Эйхвальд К. А., Баженова О. П. Фитопланктон как показатель качества воды реки Мана национального парка «Красноярские столбы» [Phytoplankton as an indicator of the water quality of the Mana River in the Krasnoyarsk Pillars National Park] // Экологические чтения–2023: Сб. науч. трудов XIV Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2023б. С. 703–707.

Abba A. Changes in phytoplankton community dynamics during the transition from dry to rainy season: a case study of Krpata Lake, Lokoja, Kogi State Nigeria // FUDMA J. Sci. 2019. Vol. 3, № 1. P. 328–332.

Bazhenova O. P., Barsukova N. N. Phytoplankton of the Ket River (Tomsk Region) // Acta Biologica Sibirica. 2023. Vol. 9. P. 55–69. DOI: 10.5281/zenodo.7680101

Bazhenova O. P., Mikhailov V. V. Phytoplankton as an indicator of the modern ecological state of the Novosibirsk reservoir // Inland Water Biology. 2021. Vol. 14, № 6. P. 670–678. DOI: 10.1134/S1995082921050023

Bushi D., Nimasow G. Seasonal variation of limnological parameters and phytoplankton dynamics in the high-altitude oligotrophic lakes of Tawang district, Arunachal Pradesh (India) // Aquat. Ecol. 2024. Vol. 58, № 3. P. 801–818. DOI: 10.1007/s10452-024-10106-5

Chang C., Gao L., Wei J., Ma N., He Q., Pan B., Li M. Spatial and environmental factors contributing to phytoplankton biogeography and biodiversity in mountain ponds across a large geographic area // Aquat. Ecol. 2021. Vol. 55, № 2. P. 721–735. DOI: 10.1007/s10452-021-09857-2

Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <https://www.algaebase.org/> (Accessed January 2025).

Kaddeche H., Nounne F., Dzizi S., Chaib N., Eddine Boudjellab Z., Blanco S. Determinant factors of diatom assemblage's distribution along the Coastal Central Constantine (Northeastern Algeria) // Aquat. Ecol. 2022. Vol. 56, № 4. P. 1245–1269. DOI: 10.1007/s10452-022-09980-8

PAST 4 the Past of the Future (<https://www.nhm.uio.no/english/>) (дата обращения: 09.12.2024).

Skvortzow B. W. Diatoms from Yenisei River and its tributaries, middle part of Siberia, Western Asia // Philippine Journal of Science. 1971. Vol. 98, № 1. P. 57–113.

Wang L., Zhang M., Meng Y., Meng Y., Yang Z., Shi X., Shi L. Responses of phytoplankton community dynamics to reduced underwater light in spring // Aquat. Ecol. 2023. Vol. 57, № 3. P. 797–812. DOI: 10.1007/s10452-023-10050-w

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность доктору биол. наук, зам. директора по научной работе А. А. Кнорре и ведущему научному сотруднику Е. Ф. Тропиной (Национальный парк «Красноярские Столбы») за помощь в организации исследований, а также доктору биол. наук, главному научному сотруднику Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН С. И. Генкалу за помощь в идентификации диатомовых водорослей.

Исследования проводились в рамках выполнения темы НИР «Изучение естественного хода процессов и явлений в природном комплексе национального парка Красноярские Столбы с целью выявления многолетней динамики экосистем и сохранения природной среды», № госрегистрации 1-22-106-1, выполнена при финансовой поддержке АО «РУСАЛ Красноярск» (договор № 29.03.02/2022 от 01.03.2022) по проекту «Мониторинг антропогенного (техногенного) воздействия на лесные экосистемы национального парка "Красноярские Столбы"».

Phytoplankton as an indicator of the ecological state of the Mana River (Krasnoyarsk Region)

EICHWALD
Xenia

*P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University,
ka.eykhvald@omgau.org*

BAZHENOVA
Olga

*D.Sc., Professor, P.A. Stolypin Omsk State Agrarian
University, olga52@bk.ru*

Keywords:

phytoplankton
species composition
taxonomic structure
trophic status
water quality
Mana River
Eastern Siberia

Summary:

According to the results of phytoplankton studies in the Mana River (Krasnoyarsk Region) in 2021–2024, its species composition was supplemented, as well as its taxonomic structure, dominant algae complexes, abundance and biomass, and biodiversity indices were established. 159 species and intraspecific taxa of algae from 7 divisions were identified. It was found that the basis of the species richness (67.92%) is created by diatoms. The dominant phytoplankton complex is formed by randomly planktonic diatom species, heterocyst-free cyanoprokaryotes, and small cell green and yellow-green algae. The biodiversity indices of the phytoplankton communities indicate a low level of species diversity and an average complexity of their structure. The trophic status of the river mainly corresponds to the oligotrophic category of waters, with the transition to mesotrophic in 2021. The water quality ranges from class 1 "extremely clean" to class 3 "satisfactory purity". The ecological state of the Mana River is generally assessed as satisfactory with the presence of some negative processes caused by increased anthropogenic impact.

References

- Abba A. Changes in phytoplankton community dynamics during the transition from dry to rainy season: a case study of Kpata Lake, Lokoja, Kogi State Nigeria, FUDMA J. Sci. 2019. Vol. 3, No. 1. P. 328–332.
- Bazhenova O. P. Barsukova N. N. The first information about phytoplankton and the ecological state of the Vasyugan River (Tomsk region), Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. 2022. T. 29, No. 6. P. 742–750. DOI: 10.15372/SEJ20220610
- Bazhenova O. P., Barsukova N. N. Phytoplankton of the Ket River (Tomsk Region), Acta Biologica Sibirica. 2023. Vol. 9. P. 55–69. DOI: 10.5281/zenodo.7680101
- Bazhenova O. P., Mikhailov V. V. Phytoplankton as an indicator of the modern ecological state of the Novosibirsk reservoir, Inland Water Biology. 2021. Vol. 14, No. 6. P. 670–678. DOI: 10.1134/S1995082921050023
- Bushi D., Nimasow G. Seasonal variation of limnological parameters and phytoplankton dynamics in the high-altitude oligotrophic lakes of Tawang district, Arunachal Pradesh (India), Aquat. Ecol. 2024. Vol. 58, No. 3. P. 801–818. DOI: 10.1007/s10452-024-10106-5
- Chang C., Gao L., Wei J., Ma N., He Q., Pan B., Li M. Spatial and environmental factors contributing to phytoplankton biogeography and biodiversity in mountain ponds across a large geographic area, Aquat. Ecol. 2021. Vol. 55, No. 2. P. 721–735. DOI: 10.1007/s10452-021-09857-2
- Devyatkin V. G. Meteleva N. Yu. Mitropol'skaya I. V. Hydrophysical factors of littoral phytoplankton productivity: assessment and forecast of chlorophyll A content and photosynthesis intensity, Biologiya vnutrennih vod. 2001. No. 1. P. 36–45.

- Dul'keyt Yu. I. Productivity of the bottom fauna of the Mana River and its changes in connection with logging, *Trudy gosudarstvennogo zapovednika «Stolby»*. Vyp. IX. Krasnoyarsk, 1972. P. 5–105.
- Eyhval'd K. A. Bazhenova O. P. Additions to the phytoplankton of the water bodies of the Krasnoyarsk Pillars National Park, *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii*. 2023a. T. 22, No. 1. P. 427–431. DOI: 10.14258/pbssm.2023082
- Eyhval'd K. A. Bazhenova O. P. Phytoplankton as an indicator of the water quality of the Mana River in the Krasnoyarsk Pillars National Park, *Ekologicheskie chteniya–2023: Sb. nauch. trudov HIV Nac. nauch, prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem*. Omsk: Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni P. A. Stolypina, 2023b. P. 703–707.
- Eyhval'd K. A. Bazhenova O. P. Trophic status and water quality of rivers and streams of the Krasnoyarsk Pillars National Park, *Ekologicheskie chteniya–2022: Sb. nauch. trudov XIII Nac. nauch, prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem*. Omsk: Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni P. A. Stolypina, 2022. P. 415–421.
- Gabyshev V. A. Gabysheva O. I. Phytoplankton of large rivers of Yakutia and adjacent territories of Eastern Siberia, *Pod red. L. G. Kornevoy*. Novosibirsk: Izd. ANS «SibAK», 2018. 414 p.
- Gabyshev V. A. Gabysheva O. I. To study the influence of heavy metals on the development of phytoplankton in the lakes of Yakutsk and its surroundings, *Prirodnye resursy Arktiki i Subarktiki*. 2020. T. 25, No. 4. P. 81–91. DOI: 10.31242/2618-9712-2020-25-4-6
- Gorbulin O. S. Complexes of dominant forms of phytoplankton of different types of reservoirs, *Al'gologiya*. 2012. T. 22, No. 3. P. 303–315.
- Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <https://www.algaebase.org/> (Accessed January 2025).
- Kaddeche H., Nouné F., Dzizi S., Chaib N., Eddine Boudjellab Z., Blanco S. Determinant factors of diatom assemblage's distribution along the Coastal Central Constantine (Northeastern Algeria), *Aquat. Ecol.* 2022. Vol. 56, No. 4. P. 1245–1269. DOI: 10.1007/s10452-022-09980-8
- Komulaynen S. F. Chekryzheva T. A. Vislyanskaya I. G. *Algoflora of lakes and rivers of Karelia. Taxonomic composition and ecology*. Petrozavodsk: Karel'skiy nauch. centr RAN, 2006. 81 p.
- Korneva L. G. Gluschenko G. Yu. Composition and seasonal succession of phytoplankton of Taganrog Bay in the Sea of Azov and the downstream reaches of the Don River in a changing climate, *Biologiya vnutrennih vod*. 2020. T. 13, No. 1. P. 18–25. DOI: 10.31857/S032096522001009X
- Kozhova O. M. Formation of phytoplankton of the Bratsk reservoir, *Formirovanie prirodnyh usloviy i zhizni Bratskogo vodohranilisha*. M.: Nauka, 1970. P. 26–160.
- Methods of hydrobiological studies of inland waters*, A. V. Krylov, I. A. Baryshev, D. M. Bezmaternyh [i dr.]; *Pod red. A. V. Krylova*. Yaroslavl': Filigran', 2024. 592 p.
- Mineeva N. M. *Plant pigments in the water of the Volga reservoirs*. M.: Nauka, 2004. 156 p.
- Mitrofanova E. Yu. Algae of plankton of mountain streams (on the example of the streams of the Lake Teletskoye basin, Russia), *Vodorosli: problemy taksonomii, ekologii i ispol'zovanie v monitoringe: Materialy II Vserop. konf. Syktyvkar: In-t biologii Komi NC UrO RAN*, 2009. P. 104–107.
- Observation of processes and phenomena in the natural complex of the Krasnoyarsk Pillars National Park and their study under the Chronicle of Nature program. *Kniga 82 (2022 g.)*. Krasnoyarsk, 2023. 305 p.
- Oksiyuk O. P. Zhukinskiy V. N. Braginskiy L. P. Linnik P. N. Kuz'menko M. I. Klenus V. G. Complex ecological

classification of the quality of land surface waters, *Gidrobiologicheskii zhurnal*. 1993. T. 29, No. 4. P. 62–76.

PAST 4 the Past of the Future (<https://www.nhm.uio.no/english/>) (data obrascheniya: 09.12.2024).

Phytoplankton of the Omsk Irtysh region, O. P. Bazhenova, N. N. Barsukova, I. Yu. Igoshkina, O. A. Konovalova, L. V. Korzhova, O. O. Krenc; Pod obsch. red. O. P. Bazhenovoy. Omsk: Izd-vo FGBOU VO Omskiy GAU, 2019. 320 p.

Rozenberg G. S. A few words about the Simpson Diversity Index, *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii*. 2007. T. 21, No. 3. P. 581–584.

Shitikov V. K. Rozenberg G. S. Zinchenko T. D. Quantitative hydroecology: methods of system identification. Tol'yatti: IEVB RAN, 2003. 463 p.

Skabichevskiy A. P. About deposits of planktonic algae in the soils of the Irtysh River, *Doklady AN SSSR*. 1954. T. 96, No. 4. P. 861–864.

Skvortzow B. W. Diatoms from Yenisei River and its tributaries, middle part of Siberia, Western Asia, *Philippine Journal of Science*. 1971. Vol. 98, No. 1. P. 57–113.

State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2022". Krasnoyarsk, 2023. 367 p.

State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2023". Krasnoyarsk, 2024. 356 p.

The Mana River: URL: <https://sibguide.ru/place/reka-mana-2/> (data obrascheniya: 13.01.2025).

Wang L., Zhang M., Meng Y., Meng Y., Yang Z., Shi X., Shi L. Responses of phytoplankton community dynamics to reduced underwater light in spring, *Aquat. Ecol.* 2023. Vol. 57, No. 3. P. 797–812. DOI: 10.1007/s10452-023-10050-w