

Многолетняя сукцессия фитопланктона нижнего течения р. Иртыш

Long-term succession of species composition of phytoplankton in the lower reaches of the Irtysh River

Барсукова Н. Н.

Barsukova N. N.

Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, г. Омск, Россия. E-mail: bnn13@mail.ru
Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

Реферат. Рассматривается многолетняя сукцессия видового состава фитопланктона нижнего течения р. Иртыш за период 1968–2023 гг. В таксономической структуре фитопланктона по сравнению с предыдущими исследованиями середины XX – начала XXI вв. произошли изменения за счёт увеличения доли эвгленовых и хризифитовых водорослей. Увеличилось видовое богатство с 257 до 326 видовых и внутривидовых таксонов (ввт). Возросло количество видов Dinophyta, Xanthophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyta, Chlorophyta. Выявлено 223 новых таксона рангом ниже рода для исследованного участка реки, среди которых преобладают Chlorophyta (93 ввт), Euglenophyta (50 ввт), Heterokontophyta (Class: Chrysophyceae – 21 ввт), Cyanobacteria (20 ввт). Появился представитель криптофитовых водорослей. Обильное развитие в фитопланктоне колониальных цианобактерий, мелкоклеточных хлорококковых водорослей, присутствие в значительном количестве видов, высокотолерантных к загрязнению воды органическими веществами, указывают на усиление процесса эвтрофирования и возрастание загрязнения вод нижнего течения реки органическими веществами.

Ключевые слова. Видовой состав, нижнее течение, новые виды, река Иртыш, структура, фитопланктон.

Summary. The paper examines the long-term succession of the species composition of phytoplankton in the lower reaches of the Irtysh River over the period 1968–2023. Compared to previous studies conducted in the mid-20th and early 21st centuries, the taxonomic structure of phytoplankton has changed due to an increase in the proportion of euglenoid and chrysophyte algae. The species richness has increased from 257 to 326 species and intraspecific taxa (sit). The number of species of Dinophyta, Xanthophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyta, and Chlorophyta has increased. 223 new species were identified for the studied section of the river, with Chlorophyta (93 sit), Euglenophyta (50 sit), Heterokontophyta (Class: Chrysophyceae – 21 sit), and Cyanobacteria (20 sit) being the most abundant. A representative of cryptophyte algae was also identified. The abundant development of colonial cyanobacteria and small-celled chlorococcoid algae in phytoplankton, as well as the presence of a significant number of species that are highly tolerant to organic pollution, indicate an increase in the process of eutrophication and an increase in organic pollution in the lower reaches of the river.

Key words. Irtysh River, lower reaches, new species, phytoplankton, species composition, structure.

Трансграничная река Иртыш протекает по территории трёх стран – России, Казахстана и Китая. Нижнее течение реки проходит от г. Тобольска до впадения Иртыша в Обь. Фитопланктон нижнего течения Иртыша изучался нерегулярно (Киселев, 1970; Куксн, 1970; Науменко, 1985). В 1968–1970 гг. были проведены его систематические исследования, изучен видовой состав, сезонная и межгодовая динамика, вертикальное и горизонтальное распределение (Валеева, 1975). В дальнейшем были опубликованы сведения о весеннем фитопланктоне (Баженова, 2010), дополнены данные о видовом составе центрических диатомей нижнего течения Иртыша (Генкал, Романов, 2012). По результатам обработки проб летнего фитопланктона, отобранных в районе г. Ханты-Мансийска и устья р. Конды (2017 г.), были получены сведения о показателях фитопланктона и качестве воды (Баженова и др., 2018; Баженова и др., 2019).

Цель данной работы – установить многолетние изменения в таксономической структуре и видовом составе фитопланктона нижнего течения реки Иртыш, выделить новые виды водорослей для указанного участка реки.

Материалом для написания статьи послужили результаты обработки 194 количественных и качественных проб фитопланктона. Отбор проб фитопланктона проводили на гидробиологических створах: выше и ниже г. Тобольска, выше и ниже устьев рек Туртас, Демьянка, Конда, выше и ниже г. Ханты-Мансийска (2017 г.). Круглогодично – ниже г. Тобольска (2019–2021 гг.), выше и ниже г. Ханты-Мансийска (2019–2023 гг.). На каждом створе пробы отбирали батометром в трёх точках поперечного сечения реки – у берегов и на середине на разных горизонтах или из поверхностного слоя воды. Пробы фиксировали 40%-м формалином с добавлением раствора Люголя, концентрировали осадочным способом. Обработку проводили общепринятыми в гидробиологии методами (Федоров, 1979). Качественные пробы получали путем интегрирования обработанных количественных проб.

Таксономический список фитопланктона составлен с учётом современных представлений о систематике водорослей по данным онлайн базы данных Algaebase (Guiry, Guiry, 2025).

Сравнение полученных данных с литературными проводили по ряду работ (Валеева, 1975, 2012; Науменко, 1985, Баженова, 2010; Генкал, Романов, 2012 и др.). Эколого-географические характеристики видов приведены по работе С. С. Бариновой и др. (2006).

В 1968–1970 гг. в фитопланктоне нижнего течения реки обнаружено 257 ввт из 7 отделов. Ведущая роль принадлежала Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanobacteria (Валеева, 1975).

В период 2017, 2019–2023 гг. в составе фитопланктона найдено 326 ввт из 8 отделов, в том числе Cyanobacteria – 33, Dinophyta – 4, Heterokontophyta (Class: Xanthophyceae – 3, Chrysophyceae – 22), Euglenophyta – 66, Bacillariophyta – 32, Chlorophyta – 144, Charophyta – 18, Cryptista – 1. Ведущая роль принадлежит Chlorophyta, Euglenophyta Cyanobacteria и Bacillariophyta (табл. 1).

Таблица 1

Таксономическая структура и видовое богатство фитопланктона нижнего течения р. Иртыш

Отдел	Количество ВВТ		
	1968–1970 гг.	2017, 2019–2023 гг.	Новые виды
Cyanobacteria	48	33	20
Dinophyta	2	4	4
Heterokontophyta (Class: Xanthophyceae)	1	3	3
Heterokontophyta (Class: Chrysophyceae)	3	22	21
Heterokontophyta (Class: Eustigmatophyceae)	3	3	2
Euglenophyta	23	66	50
Bacillariophyta	49	32	16
Chlorophyta	109	144	93
Charophyta	19	18	13
Cryptista	0	1	1
Итого	257	326	223

В таксономической структуре фитопланктона по сравнению с 1968–1970 гг. произошли изменения. Если ранее ведущая роль принадлежала зелёным, диатомовым водорослям и цианобактериям, то в настоящее время повысилась доля эвгленовых (с 9 до 20 %) и хризифитовых (с 1 до 7 %) водорослей (табл. 1).

Также, произошло изменение видового состава фитопланктона и возрастание видового богатства. Увеличилось количество таксонов рангом ниже рода у зеленых водорослей (Chlorophyta), а также увеличилось число ввт в составе отделов Heterokontophyta (Class: Chrysophyceae), Euglenophyta, появился представитель отдела Cryptista. Как известно, некоторые виды золотистых, эвгленовых и криптофитовых водорослей способны при определённых условиях переходить на гетеротрофное питание готовыми органическими веществами (Корнева, 2009), и увеличение их числа может быть связано с возрастанием загрязнения вод нижнего течения реки легкоокисляемыми органическими веществами.

Следует отметить, что видовой состав диатомовых водорослей требует дополнительных исследований. На данный момент большинство пенинатных диатомей идентифицировано только до рода, до

вида определены только те виды планктонных диатомей, которые достаточно легко определяются в пробах (Баженова и др., 2019).

К настоящему времени выделено 223 новых для указанного участка реки ввт, что составляет 68 % от их общего числа. Наибольшее число новых для обследованного участка реки таксонов рангом ниже рода найдено в составе зеленых (93) и эвгленовых (50) водорослей. Эти же отделы водорослей по данным многолетних наблюдений лидируют по числу новых найденных видов в среднем течении Иртыша (Bazhenova, Gulchenko, 2017).

Довольно значительное количество новых таксонов выявлено среди цианобактерий (20 ввт) и хризифитовых (21 ввт) водорослей (см. табл.)

Большинство цианобактерий, обнаруженных в планктоне нижнего течения Иртыша, относятся к колониальным мелкоклеточным видам, которые достигают высокого обилия. Например, были идентифицированы новые виды *Aphanocapsa delicatissima* West et G. S. West и *Aphanocapsa planctonica* (G. M. Smith) Kom. et Anagn., численность которых достигала от 3 до 20 млн кл./л., *Cyanodictyon reticulatum* (Lemm.) Geitl. максимальные показатели численности достигали 2 млн кл./л), данные виды также наиболее обильно развиваются в среднем течении реки (Bazhenova, Gulchenko, 2017) и вызывают «цветение» воды в мелководных озерах Омского Прииртышья (Баженова и др., 2012).

Помимо колониальных мелкоклеточных видов видовой состав цианобактерий пополнился нитчатными видами такими, как: *Leptolyngbya lagerheimii* (Gom. ex Gom.) Anagn. et Kom., C. Agardh ex Corda, nom. inval., *Dolichospermum scheremetieviae* (Elenk.) Wacklin, L. Hoff. et Kom. и др.

Существенно пополнился видовой состав эвгленовых водорослей. Были обнаружены новые для нижнего течения Иртыша виды pp. *Euglena*, *Trachelomonas*, *Lepocinclis*. Также, было идентифицировано 8 видов р. *Phacus*, которые ранее не были представлены в составе фитопланктона исследованного участка реки, хотя и довольно широко распространённые в водоёмах Западной Сибири (Лихачев, Широбоков, 2009).

Видовое богатство хризифитовых водорослей пополнилось за счет новых видов р. *Dinobryon*, появились мелкоклеточные виды pp. *Kephyrion*, *Pseudokephyrion*, а также *Chrysococcus biporus* Skuja, ранее не встреченные в пробах. Численность видов невысокая (до 100 кл./л.), но они присутствуют почти в каждой количественной пробе фитопланктона.

Впервые в пробах был обнаружен мелкоклеточный представитель криптофитовых водорослей *Komma caudata* (L. Geitl.) D. R. A. Hill, который, как и другие фитофлагелаты, является индикатором повышенного загрязнения водных объектов органическими веществами. Данный вид криптофитовых водорослей встречается как в среднем течении Иртыша, так и в озерах г. Омска (Баженова, Игошкина, 2014; Баженова, Костенко, 2024).

Наибольшее количество новых для исследованного участка реки внутривидовых таксонов водорослей относятся к отделу Chlorophyta. Представители данного отдела развиваются довольно обильно и достигают в некоторых пробах до 900 тыс. кл./л. К ним относятся представители колониальных форм (*Crucigenia fenestrata* (Schmidle) Schmidle, *Raphidocelis danubiana* (Hind.) Marv., Kom. et Com., *Siderocelis sphaerica* Hind., *Mucidosphaerium pulchellum* (H. C. Wood) C. Bock, Prosc. et Kren. и др.), ценобиальные виды (*Desmodesmus grahneisii* (Heynig) E. Hegew. и др.), одноклеточные виды (*Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *Monoraphidium tortile* (West et G. S. West) Kom.-Legn. и др.). Следует отметить, что, *Raphidocelis danubiana* и *Desmodesmus grahneisii* присутствуют в составе фитопланктона среднего течения Иртыша и являются региональными индикаторами загрязнения вод (Баженова, Гульченко, 2016).

Так же, как и в среднем течении Иртыша в пробах фитопланктона обнаружен представитель жгутиковых *Phacotus lenticularis* (Ehr.) Dies. Массового развития он достигает в эвтрофных водоёмах (Bazhenova, Gulchenko, 2017), и его появление может говорить об усилении процессов эвтрофирования реки в её нижнем течении.

Представители Dinophyta, Xanthophyceae, Eustigmatophyceae, Charophyta встречаются в пробах периодически и достигают невысокой численности от 10 до 30 тыс. кл./л.

При проведении анализа состава новых для исследованного участка реки внутривидовых таксонов по экологическим характеристикам и географическому распространению в их составе найдено 110 индикаторов сапробности, большинство из которых относятся к β -мезосапробионтам (42,7 % или 47 ввт), более трети (31,8 % или 35 ввт) являются видами с высокой степенью толерантности к содержанию органических веществ (χ - β -, о- β -, β -о-, о- α -сапробионтами) и способны развиваться как в чистых,

так и в загрязненных органическими веществами водах. Представители чистых и очень чистых вод составляют 1 % или 17 ввт, представители загрязнённых вод составляют самую малую группу. Значительное количество высокотолерантных к органическому загрязнению видов характерно для большинства водных объектов Омского Прииртышья (Барсукова, Баженова, 2012) и указывает на высокий потенциал их самоочищающей способности.

По географическому распространению преобладают космополиты, по отношению к солёности и рН воды – индифференты, что в целом характерно для большинства водных объектов Омского Прииртышья (Баженова и др., 2012) и других регионов (Корнева, 2009).

Таким образом, в современной таксономической структуре фитопланктона по сравнению 1968–1970 гг. произошли изменения за счёт увеличения доли эвгленовых и хризифитовых водорослей. Увеличилось видовое богатство Dinophyta, Xanthophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyta, Chlorophyta. В составе фитопланктона выявлено 223 новых для исследованного участка реки видовых и внутривидовых таксонов, среди которых преобладают зелёные (93 ввт), эвгленовые (50 ввт) и золотистые (21 ввт) водоросли и цианобактерии (20 ввт).

Большинство цианобактерий, обнаруженных в фитопланктоне нижнего течения Иртыша, относятся к колониальным мелкоклеточным видам и достигают высокого обилия. Высокая доля зелёных водорослей, значительное количество видов, высокотолерантных к загрязнению воды органическими веществами, присутствие региональных индикаторов загрязнённых вод, увеличение количества видов золотистых, эвгленовых и появление криптофитовых водорослей имеют черты негативного характера и в совокупности указывают на усиление процесса эвтрофирования и возрастание загрязнения вод реки органическими веществами. Все вышеперечисленные показатели указывают на усиление негативных процессов в речной экосистеме. Для установления причин таких изменений необходимо продолжить наблюдения за состоянием фитопланктона и выявить зависимости между показателями его развития и гидрохимическим режимом реки.

ЛИТЕРАТУРА

- Баженова О. П.** Некоторые сведения о весеннем фитопланктоне нижнего Иртыша // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: Матер. III междунар. научно-практич. конф. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2010. – С. 13–15.
- Баженова О. П., Герман Л. В., Крениц О. О., Шаховал В. Е., Вахрушев А. А.** Экологическое состояние и рекреационная ценность разнотипных озёр Омской области // Омск. науч. вестн., 2012. – Т. 1 (108). – С. 213–216.
- Баженова О. П., Игошкина И. Ю.** Фитопланктон и экологическое состояние водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск). – Омск: Изд-во «Вариант-Омск», 2014. – 160 с.
- Баженова О. П., Гульченко Я. И.** Индикаторная значимость отдельных видов фитопланктона среднего течения реки Иртыша как показателей загрязнения воды // Вестн. Омск. гос. аграр. ун-та, 2016. – Т. 1(21). – С. 82–92.
- Баженова О. П., Барсукова Н. Н., Янчевская А. М.** Современное состояние экосистемы реки Иртыш по данным биомониторинга // Человек и Север: Антропология, археология, экология: Мат-лы всеросс. науч. конф. (г. Тюмень, 2–6 апреля 2018 г.). – Тюмень, ФИЦ ТюмНЦ СО РАН, 2018. – Вып. 4. – С. 478–482.
- Баженова О. П., Барсукова Н. Н., Янчевская А. М.** Новые и редкие виды водорослей в планктоне нижнего течения реки Иртыш // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2019. – № 18. – С. 201–205. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2019041>.
- Баженова О. П., Костенко М. А.** Первые сведения о фитопланктоне и экологическом состоянии водоемов ООПТ «Старозагородный» (г. Омск) // Современное состояние водных биоресурсов и аквакультуры: Мат-лы научно-практической VII междунар. конф. (Новосибирск, 06–07 ноября 2024 г.). – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2024. – С. 12–16.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В.** Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
- Барсукова Н., Баженова О.** Фитопланктон и экологическое состояние притоков среднего Иртыша. – LAP LAMBERT Acad. Publ. GmbH et Co. KG, 2012. – 151 с.
- Валеева Э. И.** Флора планктонных водорослей нижнего течения Иртыша: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Свердловск, 1975. – 18 с.
- Валеева Э. И.** О составе альгофлоры нижнего течения Иртыша // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения, 2012. – № 12. – С. 20–22.
- Генкал С. И., Романов Р. Е.** Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae, Bacillariophyta) водотоков и водоемов юго-востока Западно-Сибирской равнины и Приполярного Урала // Сиб. экол. журн., 2012. – № 4. – С. 541–555.

Киселев И. А. О флоре водорослей Обской губы с приложением некоторых данных о водорослях Нижней Оби и Иртыша // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1970. – Ч. 1 (3). – С. 41–54.

Корнева Л. Г. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2009. – 48 с.

Куксин М. С. Фитопланктон соровой системы Оби и низовий Иртыша // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1970. – Ч. 1 (3). – С. 3–20.

Лихачев С. Ф., Широбоков Д. И. Эвгленовые жгутиконосцы рода *Phacus* из водоемов Южной лесостепи Омской области // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2009. – № 3. – С. 244–248.

Науменко Ю. В. Фитопланктон Оби, Нижнего Иртыша и его изменения под воздействием антропогенных факторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 1985. – 16 с.

Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 168 с.

Bazhenova O. P., Gulchenko Y. I. Long-term succession of the phytoplankton of the Irtysh River middle flow (Omsk, Russia) / O. P. Bazhenova // International Journal on Algae, 2017. – Vol. 19, № 1. – P. 85–98. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v19.i1.80>.

Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland, 2025. URL: <https://www.algaebase.org/browse/taxonomy> (accessed 20.07.2025).