

### **Издатель**

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»  
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

# **ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ**

<http://ecopri.ru>

## **№ 3 (49). Сентябрь, 2023**

### **Главный редактор**

А. В. Коросов

### **Редакционный совет**

В. Н. Большаков  
А. В. Воронин  
Э. В. Ивантер  
Н. Н. Немова  
Г. С. Розенберг  
А. Ф. Титов  
Г. С. Антипина  
В. В. Вапиров  
А. М. Макаров

### **Редакционная коллегия**

Т. О. Волкова  
Е. П. Иешко  
В. А. Илюха  
Н. М. Калинкина  
J. P. Kurhinen  
А. Ю. Мейгал  
J. B. Jakovlev  
В. Krasnov  
А. Gugotek  
В. К. Шитиков  
В. Н. Якимов

### **Службы поддержки**

А. Г. Марахтанов  
Е. В. Голубев  
С. Л. Смирнова  
Н. Д. Чернышева  
М. Л. Киреева

**ISSN 2304-6465**

### **Адрес редакции**

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: [ecopri@psu.karelia.ru](mailto:ecopri@psu.karelia.ru)

<http://ecopri.ru>





УДК ELR 581.526.325.2:502.51-044.3(571)

# ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОССИЙСКОГО УЧАСТКА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИРТЫШ ПО СТРУКТУРНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОПЛАНКТОНА

**БАРСУКОВА** кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, [bnn13@mail.ru](mailto:bnn13@mail.ru)  
**Наталья Николаевна**

**БАЖЕНОВА** доктор биологических наук, ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, [olga52@bk.ru](mailto:olga52@bk.ru)  
**Ольга Прокопьевна**

**КОРЖОВА** кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, [lv.korzhova@omgau.org](mailto:lv.korzhova@omgau.org)  
**Людмила Викторовна**

**Ключевые слова:**  
фитопланктон  
видовой состав  
таксономическая  
структура  
индексы  
биоразнообразие  
трофический статус  
качество воды  
река Иртыш  
Западная Сибирь

**Аннотация:** По материалам исследований в 2019 г. фитопланктона российского участка трансграничной реки Иртыш (среднее и нижнее течение) установлены видовой состав, таксономическая структура, распределение обилия фитопланктона по течению реки. Основу видового богатства фитопланктона создают зеленые водоросли (отдел Chlorophyta), значимую роль играют Cyanoprokaryota, Bacillariophyta и Euglenophyta. Максимальные показатели обилия фитопланктона отмечены в летне-осенний период. На всем протяжении реки в фитопланктоне в летне-осенний период интенсивно вегетируют мелкоклеточные безгетероцистные цианопрокариоты, хлорококковые и центрические диатомовые водоросли. Влияние населенных пунктов на показатели обилия фитопланктона по течению реки наиболее заметно в районе Омска – ниже города в реке за счет интенсивной вегетации безгетероцистных цианопрокариот существенно увеличивается численность фитопланктона, а рост биомассы обусловлен в основном развитием центрических диатомей, среди которых заметна доля показателя антропогенного эвтрофирования *Stephanodiscus hantzschii* Grun. Качество воды в реке соответствовало 3-му классу удовлетворительной чистоты, трофический статус колебался от мезотрофной до эвтрофной категории. Параметры альфа-разнообразия указывают на благополучное состояние фитопланктоценоза Иртыша. Антропогенное экологическое напряжение экосистемы Иртыша сохраняется до настоящего времени, но в целом экосистема реки находится в достаточно устойчивом состоянии экологической модуляции.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 29 июня 2023 года

Подписана к печати: 01 октября 2023 года

## Введение

Иртыш является трансграничной рекой и самым крупным притоком Оби. Истоки Иртыша берут начало на юго-западных склонах монгольского Алтая в Китае, далее река протекает по территории Республики Казахстан и Российской Федерации. Общая длина составляет 3721 км, площадь бассейна – 1.52 млн км<sup>2</sup> (Доманицкий и др., 1971). По характеру долины, русла и ряду физико-географических признаков Иртыш условно делят на три части: верхний – от истока реки из озера Зайсан (ныне Бухтарминское водохранилище) до выхода из предгорий Южного Алтая; средний – от г. Семипалатинска до устья Тобола; нижний – от устья Тобола до впадения в Обь (Фитопланктон..., 2019).

С начала XXI в. экосистема Иртыша находится в состоянии антропогенного экологического напряжения с элементами антропогенного эвтрофирования, что требует повышенного внимания при выборе хозяйственных решений (Баженова, Барсукова, 2022).

Другой важной проблемой является истощение водных ресурсов Иртыша, являющегося единственным источником питьевого и хозяйственного водоснабжения г. Омска. Зарегулирование верхнего течения реки на территории Казахстана каскадом гидроэлектростанций, забор воды в Китае и Казахстане и пр. привели в настоящее время к истощению ее водных ресурсов. Для обеспечения водоснабжения и судоходства на реке в 2007 г. началось возведение Красногорского низконапорного гидроузла в районе г. Омска. В бассейне Иртыша имеются также проблемы в использовании водных ресурсов реки сопредельными государствами: отсутствие лимитов вододеления, низкий уровень соблюдения технологических регламентов и режима при осуществлении водопользования на предприятиях и др. (Пузанов и др., 2017).

Возрастающий уровень антропогенного воздействия в бассейне Иртыша и угроза истощения водных ресурсов приводят к высокой актуальности оценки современного экологического состояния российского участка реки.

Для оценки экологического состояния водных объектов широко используются структурные показатели фитопланктона, являющегося основным продуцентом органического вещества в водных экосистемах и важным фактором формирования качества вод (Абакумов, 1991).

Цель работы – оценить современное экологическое состояние, трофический статус и

качество воды российского участка реки Иртыш по структурным показателям фитопланктона.

## Материалы

В статье использованы материалы обработки 59 количественных и нескольких качественных проб фитопланктона р. Иртыш, отобранных с мая по декабрь 2019 г. на створах в районе Омска, Тобольска и Ханты-Мансийска (рис. 1).

Отбор количественных проб фитопланктона объемом 0.5 л проводили батометром на трех точках створа: середина, левый и правый берега. На створах Омска и Ханты-Мансийска отбор проб проводили выше источника загрязнения (Омск-ВИЗ – с. Новая Станица, 17 км выше г. Омска; Ханты-Мансийск-ВИЗ – 3 км выше г. Ханты-Мансийска) и ниже источника загрязнения (Омск-НИЗ – с. Новотроицкое, 40 км ниже г. Омска; Ханты-Мансийск-НИЗ – 3.4 км ниже г. Ханты-Мансийска). По организационным моментам на створе Тобольска отбор проводился только ниже источника загрязнения (Тобольск-НИЗ – 2 км ниже г. Тобольска).

## Методы

Пробы фитопланктона отбирали батометром из поверхностного слоя воды, фиксировали 40 % формалином с добавлением раствора Люголя, концентрировали осадочным способом. Обработку проб проводили общепринятыми методами (Федоров, 1979). Качественные пробы получали путем интегрирования обработанных количественных.

Численность клеток водорослей учитывали в счетной камере Горяева в двух повторностях. Биомассу рассчитывали счетно-весовым методом, исходя из численности и объема клеток, определенного по формулам геометрического подобия (Кольцова, 1970). Трофический статус и качество воды оценивали по биомассе фитопланктона (Оксиюк и др., 1993).

Таксономический список водорослей составляли с учетом современных систематических преобразований, актуализацию видовых названий проводили по данным международной базы Algaebase (Guiry, Guiry, 2023).

Для изучения параметров альфа-разнообразия фитопланктоценоза в программе Past (Paleontological Statistics Software for Education and Data Analysis) (Past 4) были рассчитаны индексы Шеннона (H), Маргалефа (d), доминирования Симпсона (D). Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel.

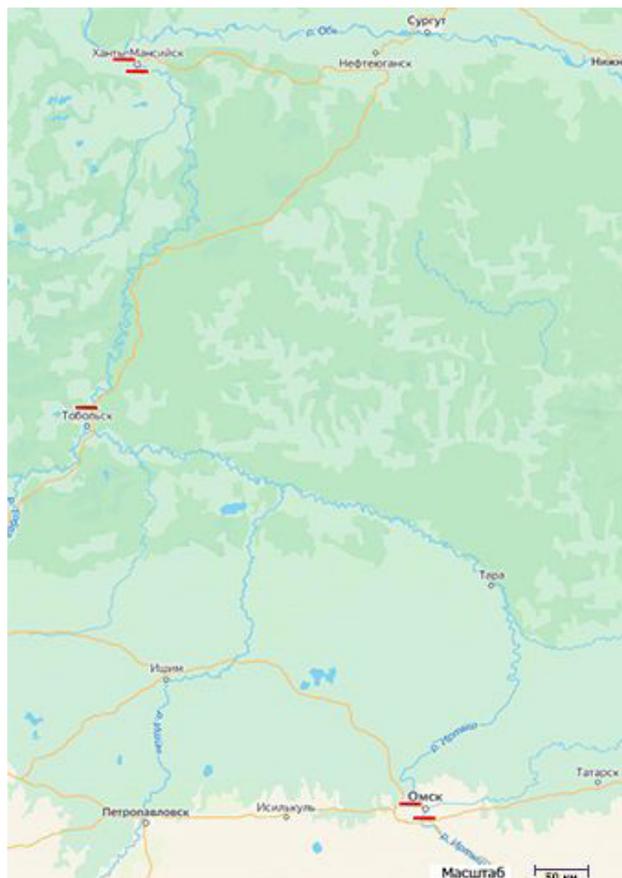


Рис. 1. Места отбора проб фитопланктона реки Иртыш, 2019 г.

Fig. 1. Location of phytoplankton sampling sites of the Irtysh River, 2019

## Результаты

В составе фитопланктона идентифицировано 247 видовых и внутривидовых таксонов, включая номенклатурный тип вида, из восьми отделов: Cyanoprokaryota – 37, Dinophyta – 3, Chrysophyta – 24, Xanthophyta – 6, Euglenophyta – 25, Bacillariophyta – 32, Chlorophyta – 114, Charophyta – 6.

Ведущая роль в формировании видового богатства фитопланктона Иртыша принадлежит Chlorophyta, значимые позиции занимают Cyanoprokaryota, Bacillariophyta, Euglenophyta и Chrysophyta, доли которых отличаются незначительно. Dinophyta, Xanthophyta и Charophyta характеризуются небольшим видовым богатством (рис. 2).

Показатели обилия фитопланктона в среднем и нижнем течении Иртыша отличаются неоднородностью как во временном, так и в пространственном аспекте. Численность и биомасса фитопланктона по течению реки варьировали в значительных пределах: численность – 0.17–34.05 млн кл./дм<sup>3</sup>, биомасса – 0.09–9.04 г/м<sup>3</sup>. Средние значения показателей обилия фитопланктона возрастают от г. Омска к нижнему участку течения реки – г. Ханты-Мансийску. Наибольшие показате-

ли численности и биомассы фитопланктона на всех створах реки отмечены в августе – сентябре, максимальные показатели обилия фитопланктона наблюдались в августе в нижнем течении реки (г. Ханты-Мансийск) (табл. 1).

В формировании общей численности фитопланктона наибольшее участие принимают зеленые, диатомовые водоросли и цианопрокариоты. Их доля существенно зависит от времени и места отбора. В районе Омска и Тобольска в среднем за период исследований участие этих трех отделов в создании численности фитопланктона примерно одинаково, а в нижнем участке течения в районе Ханты-Мансийска доля цианопрокариот значительно возрастает, в основном за счет их обилия в августе и сентябре. В формировании биомассы фитопланктона главная роль принадлежит диатомовым водорослям, создающим на разных створах в среднем за период исследований 62–84 % общей биомассы, а на створах Омска и Тобольска в ноябре – декабре – более 90 % (см. табл. 1).

Влияние населенных пунктов на показатели обилия фитопланктона по течению реки наиболее заметно в районе г. Омска (рис. 3).

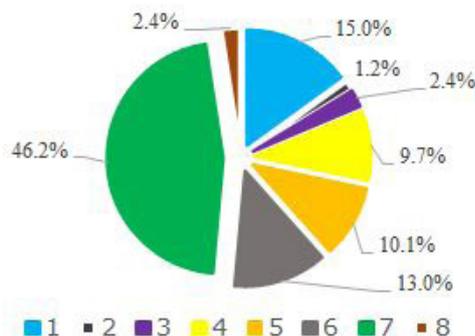


Рис. 2. Таксономическая структура фитопланктона российского участка реки Иртыш, 2019 г.: 1 – Cyanoprokaryota, 2 – Dinophyta, 3 – Xanthophyta, 4 – Chrysophyta, 5 – Euglenophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Chlorophyta, 8 – Charophyta

Fig. 2. Taxonomic structure of phytoplankton in the Russian section in the Irtysh River, 2019: 1 – Cyanoprokaryota, 2 – Dinophyta, 3 – Xanthophyta, 4 – Chrysophyta, 5 – Euglenophyta, 6 – Bacillariophyta, 7 – Chlorophyta, 8 – Charophyta

Таблица 1. Численность и биомасса фитопланктона российского участка реки Иртыш, 2019 г.

Дата отбора проб	Общая численность, млн кл./дм <sup>3</sup>	Общая биомасса, г/м <sup>3</sup>	Численность, %				
			биомасса, %				
			Суанопрока- ryota	Bacillariophyta	Euglenophyta	Chlorophyta	Прочие
г. Омск							
30.05.2019	2.26	0.78	14.40	10.02	5.07	58.25	12.26
			2.43	32.92	9.08	26.38	29.19
30.07.2019	1.48	1.22	36.43	30.33	0.28	32.82	0.14
			0.51	84.89	1.01	13.08	0.51
26.08.2019	4.98	1.53	49.95	9.05	0.49	40.40	0.12
			4.27	45.07	4.27	44.0	2.39
26.09.2019	7.98	1.61	63.36	6.87	0.05	29.54	0.18
			2.21	69.00	0.005	28.13	0.64
25.10.2019	3.72	1.28	32.95	38.82	0.29	27.82	0.12
			1.71	76.68	0.96	19.34	1.31
25.11.2019	1.11	1.06	7.54	73.93	–	17.92	0.61
			2.11	90.93	–	6.66	0.30
19.12.2019	0.56	0.29	19.27	42.17	38.55	–	–
			2.68	54.31	43.01	–	–
В среднем	3.16±0.99	1.11±0.17	31.98	30.17	6.39	29.54	1.92
			2.27	64.83	8.33	19.66	4.91
г. Тобольск							
06.06.2019	2.39	1.27	33.52	22.21	4.89	36.45	2.93
			1.25	72.49	9.42	14.14	2.70
04.07.2019	3.58	3.41	20.39	44.04	1.49	33.43	0.65
			0.31	88.97	2.56	7.68	0.48
02.08.2019	6.36	1.51	64.58	16.11	0.52	18.53	0.26
			0.97	72.89	6.15	19.50	0.49
05.09.2019	6.35	2.88	67.80	17.41	0.74	13.84	0.21
			0.88	89.68	3.84	5.44	0.16
03.10.2019	6.21	3.42	36.64	37.35	0.91	24.35	0.75
			0.14	85.17	2.32	11.63	0.74
01.11.2019	4.89	4.13	5.18	50.41	1.30	41.81	1.30
			0.07	86.18	0.80	12.46	0.49
05.12.2019	2.20	1.77	1.06	75.15	0.45	21.52	1.82
			0.03	92.49	0.72	6.21	0.55
В среднем	4.57 ± 0.69	2.63 ± 0.41	32.74	37.53	1.47	27.13	1.13
			0.52	83.98	3.69	11.01	0.80
г. Ханты-Мансийск							
22.05.2019	2.73	1.70	29.91	24.78	4.95	35.04	5.32
			0.06	62.18	14.47	20.84	2.45

Таблица 1. Продолжение

Дата отбора проб	Общая численность, млн кл./дм <sup>3</sup>	Общая биомасса, г/м	Численность, %				
			биомасса, %				
			Суанопрокaryota	Bacillariophyta	Euglenophyta	Chlorophyta	Прочие
07.06.2019	2.53	0.76	18.97	23.91	2.77	50.00	4.35
			9.56	49.93	5.07	31.66	3.78
03.07.2019	5.38	4.54	31.72	41.21	1.86	24.74	0.47
			1.04	86.28	6.18	6.34	0.16
01.08.2019	34.05	9.04	82.80	8.94	0.18	7.99	0.09
			38.44	46.65	0.42	14.40	0.09
02.09.2019	11.23	2.51	75.14	16.29	0.41	7.99	0.17
			6.95	75.05	10.67	5.90	1.43
03.10.2019	3.02	2.38	27.53	48.26	3.15	20.73	0.33
			0.20	84.61	5.50	9.63	0.06
11.11.2019	0.95	0.35	25.93	32.28	3.70	35.45	2.64
			1.01	71.19	10.38	16.19	1.23
25.12.2019	0.17	0.09	55.88	26.48	5.88	11.76	–
			13.09	30.86	11.32	44.72	–
В среднем	7.51 ± 3.98	2.67 ± 1.04	43.49	27.77	2.86	24.21	1.67
			8.04	62.43	7.99	20.39	1.15

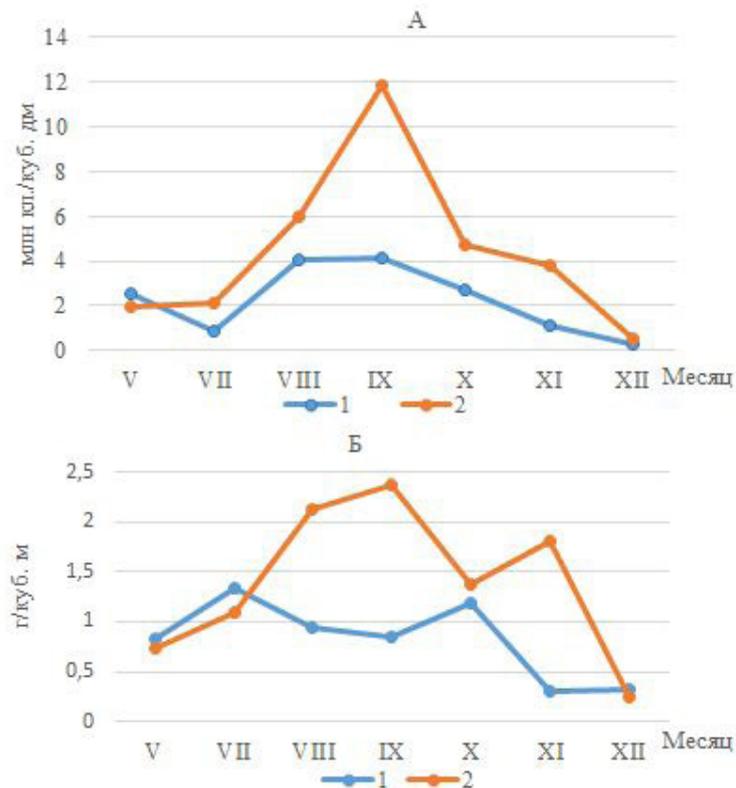


Рис. 3. Динамика численности (А) и биомассы (В) фитопланктона реки Иртыш в районе г. Омска, 2019 г.: 1 – Омск-ВИЗ, 2 – Омск-НИЗ

Fig. 3. Dynamics of the abundance (A) and biomass (B) of phytoplankton in the Irtysh River in the area of Omsk, 2019: 1 – Omsk-VIZ, 2 – Omsk-NIZ

Максимальные показатели численности фитопланктона отмечены на створе Омск-НИЗ в сентябре, где в это время интенсивно вегетируют колониальные мелкоклеточные безгетероцистные цианопрокариоты, среди которых наибольшей численности дости-

гал *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg. (8.0 млн кл./дм<sup>3</sup>).

На створе Омск-ВИЗ численность фитопланктона существенно ниже, наиболее интенсивно здесь развивалась *Aphanocapsa planctonica* (G. M. Smith)

Kom. et Anagn (1.7 млн кл./дм<sup>3</sup>). Наиболее высокие показатели биомассы фитопланктона на створах г. Омска также отмечены в сентябре, основную долю биомассы здесь формируют диатомовые центрические водоросли *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., виды р. *Cyclotella* (Kütz.) Bréb. На створе Омск-НИЗ начиная с августа показатели биомассы, так же как и численности, существенно выше, чем на створе Омск-ВИЗ (см. рис. 3).

В районе г. Тобольска максимальные показатели численности фитопланктона наблюдаются в летне-осенний период – с августа по октябрь (см. табл. 1).

Здесь, как и в среднем течении реки, в фитопланктоне наиболее интенсивно развиваются цианопрокаримы рода *Aphanocapsa* Näg. Постепенное увеличение биомассы фитопланктона с июня по июль сменяется ее резким падением в августе из-за смены до-

минирующих видов. Если в июле основную долю биомассы создавали диатомовые водоросли рода *Aulacoseira* Thw. и *Asterionella formosa* Hass., то в августе им на смену приходят мелкоклеточные цианопрокаримы и хлорококковые водоросли, что приводит к снижению биомассы фитопланктона на фоне роста его численности. Осенью обилие фитопланктона постепенно падает, численность цианопрокаримов уменьшается, основную долю биомассы и численности формируют диатомовые водоросли (в основном *Asterionella formosa* и виды рода *Aulacoseira*).

В нижнем течении Иртыша в районе г. Ханты-Мансийска динамика численности и биомассы фитопланктона имеет характер одновершинной кривой с ярко выраженным пиком в августе, существенных отличий показателей по створам не наблюдается (рис. 4).

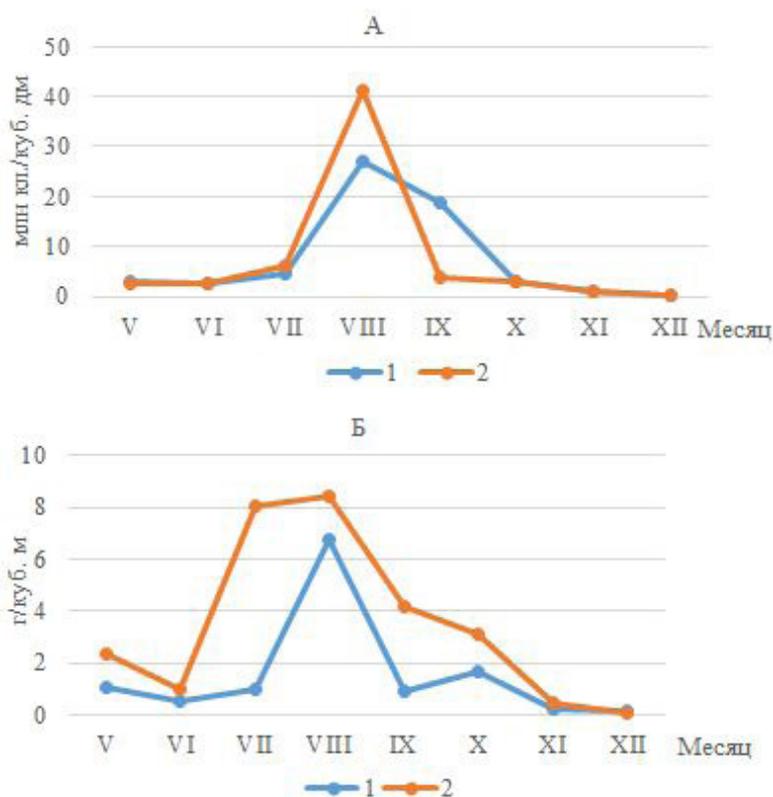


Рис. 4. Динамика численности (А) и биомассы (Б) фитопланктона реки Иртыш в районе г. Ханты-Мансийска, 2019 г.: 1 – Ханты-Мансийск-ВИЗ, 2 – Ханты-Мансийск-НИЗ

Fig. 4. Dynamics of abundance (A) and biomass (B) of phytoplankton in the Irtysh River in the area of the city of Khanty-Mansiysk, 2019: 1 – Khanty-Mansiysk-VIZ, 2 – Khanty-Mansiysk-NIZ

Высокая численность фитопланктона на обоих створах обусловлена интенсивной вегетацией цианопрокарим, среди которых наибольшей численности достигают виды рода *Aphanocapsa*. Почти половину общей биомассы формируют диатомовые водорос-

ли, представленные в основном центрическими диатомеями рода *Aulacoseira*.

Индексы биоразнообразия фитопланктона колеблются в узких пределах на всем протяжении исследованного течения (табл. 2).

Таблица 2. Индексы биоразнообразия фитопланктоценоза реки Иртыш, 2019 г

Место отбора проб	Индекс Шеннона	Индекс Маргалефа	Индекс Симпсона
г. Омск	2.42	3.69	0.17
г. Тобольск	2.62	4.42	0.15
г. Ханты-Мансийск	2.57	4.45	0.13
В среднем	2.53 ± 0.06	4.18 ± 0.24	0.15 ± 0.01

Значения индексов Шеннона и Маргалефа указывают на среднюю сложность структуры фитопланктоценоза и достаточно высокое видовое богатство. Показатели индекса доминирования Симпсона на всем протяжении Иртыша имеют невысокие значения, что соответствует сообществам с невыраженными

ми доминантами и также свидетельствует о средней сложности структуры фитопланктоценоза. Качество воды в реке соответствовало 3-му классу удовлетворительной чистоты, трофический статус колебался от мезотрофной до эвтрофной категории (табл. 3).

Таблица 3. Качество воды и трофический статус реки Иртыш, 2019 г

Место отбора	Общая биомасса фитопланктона, г/м <sup>3</sup>	Качество воды		Трофический статус	
		класс	разряд	категория	разряд
г. Омск	1.11	3 – удовлетворительной чистоты	3а – достаточно чистая	мезотрофная	мезо-эвтрофный
г. Тобольск	2.62	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
г. Ханты-Мансийск	2.67	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная
В среднем по реке	2.13 ± 0.51	3 – удовлетворительной чистоты	3б – слабо загрязненная	эвтрофная	эвтрофная

## Обсуждение

Таксономическая структура фитопланктона российского участка реки Иртыш по сравнению с предыдущими исследованиями (Баженова, Барсукова, 2022; Bazhenova, Gulchenko, 2017) кардинально не изменилась и сохранила прежние черты. Видовое богатство (общее количество видовых и внутривидовых таксонов) осталось на прежнем уровне. В рамках концепции экологических модификаций (Абакумов, 1991) это соответствует достаточно устойчивому состоянию экологической модуляции, т. е. установленное антропогенное экологическое напряжение экосистемы российского участка Иртыша сохраняется до настоящего времени.

По-прежнему ведущие позиции в таксономической структуре фитопланктона занимают отделы Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanoprokaryota и Euglenophyta.

Таксономическая структура фитопланктона среднего и нижнего течения Иртыша в целом соответствует структуре фитопланктона других исследованных рек Обь-Иртышского бассейна – Оби и ее наиболее крупных притоков – Кеть, Васюган, Томь (Барсукова и др., 2022; Barsukova et al., 2021; Bazhenova, Barsukova, 2022, 2023).

Показатели обилия фитопланктона в 2019 г. находятся на том же уровне, что и в предыдущие годы исследований (2014–2016). Класс качества вод и категория трофности также соответствуют уровню показателей предыдущих периодов. На всем протяжении российского участка реки в летне-осенний период в фитопланктоне интенсивно развиваются мелкоклеточные безгетероцистные цианопрокариоты (в основном из рода *Aphanocapsa*) (Баженова, Барсукова, 2020).

Интенсивная вегетация безгетероцистных цианопрокариот наблюдается как в Иртыше, так и в других реках России (Кожова, Башарова, 1984; Кожевникова, 2001; Корнева, 2015).

Данный процесс обычно наблюдается на заключительных стадиях олиго-эвтрофной сукцессии и свидетельствует об увеличении трофического статуса вод (Корнева, Глуценко, 2020).

Параметры альфа-разнообразия в целом соответствуют благополучному состоянию фитопланктоценоза Иртыша и соответствуют таковым рек Обь, Кеть, Васюган, Томь (Barsukova et al., 2021; Барсукова и др., 2022; Bazhenova, Barsukova, 2022, 2023).

## Заключение

Основу таксономической структуры фитопланктона российского участка реки Иртыш в период май – декабрь 2019 г. формируют Chlorophyta (46.2 %), значимую роль играют Cyanoprokaryota (15.0 %), Bacillariophyta (13.0 %) и Euglenophyta (10.1 %). Численность и биомасса фитопланктона в целом по реке в исследованный период варьировали в значительных пределах: численность – 0.10–41.07 млн кл./дм<sup>3</sup>, биомасса – 0.04–9.61 г/м<sup>3</sup>. Максимальные показатели обилия фитопланктона отмечены в летне-осенний период. Влияние населенных пунктов на показатели обилия фитопланктона по течению реки наиболее заметно в районе Омска – ниже города в реке за счет интенсивной вегетации безгетероцистных цианопрокариот существенно увеличивается численность фитопланктона, а рост биомассы обусловлен в основном развитием центрических диатомей, среди которых заметна доля показателя антропогенного эвтрофирования *S. hantzschii*.

Показатели обилия фитопланктона рос-

сийского участка реки Иртыш находятся на том же уровне, что и в предыдущие (2014–2016) годы исследований. Трофический статус и класс качества вод также соответствуют уровню предыдущих показателей. Параметры альфа-разнообразия соответствуют благополучному состоянию фитопланктоценоза.

Полученные данные свидетельствуют, что антропогенное экологическое напряжение экосистемы Иртыша сохраняется до настоящего времени, но в целом экосистема реки находится в достаточно устойчивом состоянии экологической модуляции.

В то же время следует отметить, что на всем протяжении российского участка Иртыша в летне-осенний период происходит интенсивная вегетация безгетероцистных цианопрокариот, характерная для заключительных стадий олиго-эвтрофной сукцессии.

Нарастание подобных негативных процессов в структуре фитопланктоценоза Иртыша отражает усиление антропогенного воздействия на реку, особенно ярко проявляющееся в районе крупных мегаполисов (г. Омск).

## Библиография

- Абакумов В. А. Экологические модификации и развитие биоценозов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: Труды Междунар. симпозиума. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 18–40.
- Баженова О. П., Барсукова Н. Н. К вопросу об оценке экологического состояния водных объектов на примере Обь-Иртышского бассейна // Экология и управление природопользованием: Сб. науч. тр. V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Под ред. А. М. Адама. Вып. 5. Томск: Литературное бюро, 2022. С. 10–12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49440856&ysclid=lm dxay0v4y162526349> (дата обращения: 01.06.2023).
- Барсукова Н. Н., Баженова О. П., Колесниченко Л. Г. Фитопланктон и качество воды некоторых притоков реки Оби // Вопросы современной альгологии. 2022. № 1 (28). С. 35–41. URL: [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2022-1\(28\)-35-41](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2022-1(28)-35-41)(дата обращения: 16.03.2023).
- Доманицкий А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера Советского Союза. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 104 с.
- Кожевникова Н. А. Видовая структура фитопланктона Красноярского водохранилища (1977–2000 гг.) // Современные проблемы гидробиологии Сибири: Тезисы докл. Всерос. конф. Томск, 2001. С. 48–50.
- Кожова О. М., Башарова Н. И. Продуктивность ангарских водохранилищ // Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1984. 175 с.
- Кольцова Т. И. Определение объема и поверхности фитопланктона // Научные доклады высшей школы. Сер. Биол. 1970. № 6. 114 с.
- Корнева Л. Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги / Под ред. А. И. Копылова. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с. URL: <https://www.ibiw.ru/index.php?p=publ&id=182> (дата обращения: 03.02.2023).
- Корнева Л. Г., Глушченко Г. Ю. Состав и сезонная сукцессия фитопланктона Таганрогского залива Азовского моря и нижнего течения р. Дон в условиях изменяющегося климата // Биология внутренних вод. 2020. № 1. С. 18–26. URL: <http://doi.org/10.31857/S032096522001009X> (дата обращения: 03.02.2023).
- Оксиук О. П., Жукинский В. Н., Брагинский П. Н. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журн. 1993. Т. 29, № 4. С. 62–76. URL: <https://masters.donntu.ru/2020/feht/efimova/library/article6.pdf?ysclid=lm dy5c1lkd362380610> (дата обращения: 15.03.2023).
- Пузанов А. В., Безматерных Д. М., Винокуров Ю. И., Зиновьев А. Т., Кириллов В. В., Котовщиков

- А. В., Краснаярова Б. А., Рыбкина И. Д., Дьяченко А. В. Современное состояние водных ресурсов и водохозяйственного комплекса Обь-Иртышского бассейна // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Труды III Всерос. науч. конф. с междунар. участием: В 4 т. Т. 1. Барнаул, 2017. С. 3–16. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32428468\\_95084664.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32428468_95084664.pdf) (дата обращения: 05.04.2023).
- Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 168 с.
- Фитопланктон Омского Прииртышья / О. П. Баженова и др.; Под общей ред. О. П. Баженовой. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. 320 с.
- Barsukova N. N., Bazhenova O. P., Kolesnichenko L. G. Phytoplankton as an indicator of the current ecological status of the Ob River // *Acta Biologica Sibirica*. 2021. Vol. 7. P. 573–591. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/f960/fc9c9a345b54b513433956bb5b0cf17519d7.pdf> (дата обращения: 02.02.2023).
- Bazhenova O. P., Gulchenko Y. A. Long-Term Succession of the Phytoplankton of the Irtysh River Middle Flow (Omsk, Russia) // *International Journal on Algae*. 2017. Vol. 19. Iss. 1. P. 85–98. URL: [https://www.researchgate.net/publication/316926330\\_Long-Term\\_Succession\\_of\\_the\\_Phytoplankton\\_of\\_the\\_Irtysh\\_River\\_Middle\\_Flow\\_Omsk\\_Russia](https://www.researchgate.net/publication/316926330_Long-Term_Succession_of_the_Phytoplankton_of_the_Irtysh_River_Middle_Flow_Omsk_Russia) (дата обращения: 02.02.2023).
- Bazhenova O. P., Barsukova N. N. The First Information about the Phytoplankton and Ecological State of the Vasyugan River (Tomsk Oblast) // *Contemporary Problems of Ecology*. 2022. Vol. 15. Iss. 6. P. 683–689. URL: [https://www.researchgate.net/publication/366279614\\_The\\_First\\_Information\\_about\\_the\\_Phytoplankton\\_and\\_Ecological\\_State\\_of\\_the\\_Vasyugan\\_River\\_Tomsk\\_Oblast](https://www.researchgate.net/publication/366279614_The_First_Information_about_the_Phytoplankton_and_Ecological_State_of_the_Vasyugan_River_Tomsk_Oblast) (дата обращения: 23.05.2023).
- Bazhenova O. P., Barsukova N. N. Phytoplankton of the Ket River (Tomsk Region) // *Acta Biologica Sibirica*. 2023. Vol. 9. P. 55–69. URL: <https://zenodo.org/record/7680101> (дата обращения: 23.05.2023).
- Guiry M. D., Guiry G. M., AlgaeBase. 2021. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <https://www.algaebase.org> (дата обращения: 02.03.2023).

## Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в отборе проб руководителям и сотрудникам ЦМС, ОГМС Тобольск ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», а также ОМОС Ханты-Мансийский ЦГМС – филиал ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

# ASSESSMENT OF THE CURRENT ECOLOGICAL STATE OF THE RUSSIAN SECTION OF THE TRANSBOUNDARY IRTYSH RIVER BASED ON THE STRUCTURAL PARAMETERS OF PHYTOPLANKTON

**BARSUKOVA**  
Natalia Nikolaevna

*Ph.D., P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, bnn13@mail.ru*

**BAZHENOVA**  
Olga Prokopyevna

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

**KORZHOVA**  
Ludmila Victorovna

*Ph.D., P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University,  
lv.korzhova@omgau.org*

## Keywords:

phytoplankton  
species composition  
taxonomic structure  
biodiversity indices  
trophic status  
water quality  
Irtysh River  
Western Siberia

**Summary:** Based on the materials of studies in 2019 of phytoplankton in the Russian section of the transboundary Irtysh River (middle and lower reaches), the species composition, taxonomic structure, and distribution of phytoplankton abundance along the river were established. The basis of the species richness of phytoplankton is created by green algae (Chlorophyta group), Cyanoprokaryota, Bacillariophyta and Euglenophyta play a significant role. The maximum abundance of phytoplankton was observed in the summer-autumn period. Throughout the entire length of the river, small-celled, heterocyst-free cyanoprokaryotes, chlorococcal and centric diatoms intensively vegetate in phytoplankton in the summer-autumn period. The influence of settlements on the indicators of phytoplankton abundance along the river is most noticeable in the Omsk region. Below the city in the river the number of phytoplankton significantly increases due to the intensive vegetation of heterocyst-free cyanoprokaryotes. At that, the growth of biomass is mainly due to the development of centric diatoms, among which the share of anthropogenic eutrophication of *Stephanodiscus hantzschii* Grun is noticeable. The water quality in the river corresponded to the 3rd class of satisfactory purity, the trophic status ranged from mesotrophic to eutrophic category. The parameters of alpha diversity indicate a prosperous state of the phytoplanktocenosis of the Irtysh. Anthropogenic ecological stress of the Irtysh ecosystem persists to the present time, but in general, the river ecosystem is in a fairly stable state of ecological modulation.

Received on: 29 June 2023

Published on: 01 October 2023

## References

- Abakumov V. A. Ecological modifications and development of biocenoses, *Ekologicheskie modifikacii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya: Trudy Mezhdunar. simpoziuma*. L.: Gidrometeoizdat, 1991. P. 18–40.
- Barsukova N. N. Bazhenova O. P. Kolesnichenko L. G. Phytoplankton and water quality of some tributaries of the Ob River, *Voprosy sovremennoy al'gologii*. 2022. No. 1 (28). P. 35–41. URL: [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2022-1\(28\)-35-41](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2022-1(28)-35-41)(data obrascheniya: 16.03.2023).
- Barsukova N. N., Bazhenova O. P., Kolesnichenko L. G. Phytoplankton as an indicator of the current ecological status of the Ob River, *Acta Biologica Sibirica*. 2021. Vol. 7. P. 573–591. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/f960/fc9c9a345b54b513433956bb5b0cf17519d7.pdf> (data obrascheniya: 02.02.2023).
- Bazhenova O. P. Barsukova N. N. On the issue of assessing the ecological state of water bodies on the example of the Ob-Irtysh basin, *Ekologiya i upravlenie prirodopol'zovaniem: Sb. nauch. tr. V Vserop. nauch. prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, Pod red. A. M. Adama*. Vyp. 5. Tomsk: Literaturnoe byuro, 2022. P. 10–12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49440856&ysclid=lmday0v>

- 4y162526349 (data obrascheniya: 01.06.2023).
- Bazhenova O. P., Barsukova N. N. Phytoplankton of the Ket River (Tomsk Region), *Acta Biologica Sibirica*. 2023. Vol. 9. P. 55–69. URL: <https://zenodo.org/record/7680101> (data obrascheniya: 23.05.2023).
- Bazhenova O. P., Barsukova N. N. The First Information about the Phytoplankton and Ecological State of the Vasyugan River (Tomsk Oblast), *Contemporary Problems of Ecology*. 2022. Vol. 15. Iss. 6. P. 683–689. URL: [https://www.researchgate.net/publication/366279614\\_The\\_First\\_Information\\_about\\_the\\_Phytoplankton\\_and\\_Ecological\\_State\\_of\\_the\\_Vasyugan\\_River\\_Tomsk\\_Oblast](https://www.researchgate.net/publication/366279614_The_First_Information_about_the_Phytoplankton_and_Ecological_State_of_the_Vasyugan_River_Tomsk_Oblast) (data obrascheniya: 23.05.2023).
- Bazhenova O. P., Gulchenko Y. A. Long-Term Succession of the Phytoplankton of the Irtysh River Middle Flow (Omsk, Russia), *International Journal on Algae*. 2017. Vol. 19. Iss. 1. P. 85–98. URL: [https://www.researchgate.net/publication/316926330\\_Long-Term\\_Succession\\_of\\_the\\_Phytoplankton\\_of\\_the\\_Irtysh\\_River\\_Middle\\_Flow\\_Omsk\\_Russia](https://www.researchgate.net/publication/316926330_Long-Term_Succession_of_the_Phytoplankton_of_the_Irtysh_River_Middle_Flow_Omsk_Russia) (data obrascheniya: 02.02.2023).
- Domanickiy A. P. Dubrovina R. G. Isaeva A. I. Rivers and lakes of the Soviet Union. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 104 p.
- Fedorov V. D. On methods of studying phytoplankton and its activity. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1979. 168 p.
- Guiry M. D., Guiry G. M., *AlgaeBase*. 2021. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <https://www.algaebase.org> (data obrascheniya: 02.03.2023).
- Kol'cova T. I. Determination of the volume and surface of phytoplankton, *Nauchnye doklady vysshey shkoly. Ser. Biol.* 1970. No. 6. 114 p.
- Korneva L. G. Gluschenko G. Yu. Composition and seasonal succession of phytoplankton in the Taganrog Bay of the Sea of Azov and the lower reaches of the river Don in a changing climate, *Biologiya vnutrennih vod*. 2020. No. 1. P. 18–26. URL: <http://doi.org/10.31857/S032096522001009X> (data obrascheniya: 03.02.2023).
- Korneva L. G. Phytoplankton of reservoirs in the Volga basin, *Pod red. A. I. Kopylova*. Kostroma: Kostromskoy pechatnyy dom, 2015. 284 p. URL: <https://www.ibiw.ru/index.php?p=publ&id=182> (data obrascheniya: 03.02.2023).
- Kozhevnikova N. A. Species structure of phytoplankton in the Krasnoyarsk reservoir (1977–2000), *Sovremennye problemy gidrobiologii Sibiri: Tezisy dokl. Vserop. konf. Tomsk*, 2001. P. 48–50.
- Kozhova O. M. Basharova N. I. Productivity of Angara reservoirs, *Biologicheskie resursy vnutrennih vodoemov Sibiri i Dal'nego Vostoka*. M.: Nauka, 1984. 175 p.
- Oksiyuk O. P. Zhukinskiy V. N. Braginskiy P. N. Complex ecological classification of the quality of land surface waters, *Gidrobiologicheskiy zhurn*. 1993. T. 29, No. 4. P. 62–76. URL: <https://masters.donntu.ru/2020/feht/efimova/library/article6.pdf?ysclid=Imdy5c1lkd362380610> (data obrascheniya: 15.03.2023).
- Phytoplankton of the Omsk Irtysh region, O. P. Bazhenova i dr.; *Pod obschey red. O. P. Bazhenovoy*. Omsk: Izd-vo FGBOU VO Omskiy GAU, 2019. 320 p.
- Puzanov A. V. Bezmaternyh D. M. Vinokurov Yu. I. Zinov'ev A. T. Kirillov V. V. Kotovschikov A. V. Krasnoyarova B. A. Rybkina I. D. D'yachenko A. V. The current state of water resources and the water management complex of the Ob-Irtysh basin, *Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Central'noy Azii: Trudy III Vserop. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem: V 4 t. T. 1*. Barnaul, 2017. P. 3–16. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32428468\\_95084664.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32428468_95084664.pdf) (data obrascheniya: 05.04.2023).