

Оригинальная статья / Original article  
УДК 504.45:504.4.054:504.4.062.2  
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-102-116

## Оценка экологического состояния водных объектов бессточной области Обь-Иртышского междуречья

Ирина Д. Рыбкина, Любовь В. Яныгина, Михаил С. Губарев, Ольга С. Бурмистрова,  
Антон В. Котовщиков

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

### Контактное лицо

Ирина Д. Рыбкина, доктор географических наук, доцент, зав. лабораторией, Институт водных и экологических проблем СО РАН; 656038 Россия г. Барнаул, ул. Молодежная, 1.  
Тел. +73852666506  
Email [irina.rybkina@mail.ru](mailto:irina.rybkina@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0081-9652>

### Формат цитирования

Рыбкина И.Д., Яныгина Л.В., Губарев М.С., Бурмистрова О.С., Котовщиков А.В. Оценка экологического состояния водных объектов бессточной области Обь-Иртышского междуречья // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 102-116. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-102-116

Получена 28 октября 2022 г.  
Прошла рецензирование 24 ноября 2022 г.  
Принята 12 декабря 2022 г.

### Резюме

**Цель.** Оценить современное состояние водных объектов, сравнить с ретроспективными данными их изучения, актуализировать банк гидрологической, гидрохимической и гидробиологической информации.

**Материалы и методы.** Использованы три группы показателей: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические. Гидрологические измерения проводились для определения расхода воды на реках и их участках, не охваченных системой наблюдений Росгидромета. Гидрохимический анализ проб осуществлялся методами ионной хроматографии и спектрофотометрии и включал определение основных катионов и анионов, органических веществ и биогенов. Оценку качества воды по гидробиологическим показателям проводили с использованием структурных характеристик фито- и зоопланктона.

**Результаты.** По эколого-санитарным показателям качество воды только трех рек – Солоновка, Черемшанка и Бурла (нижнее течение) – относятся к классу 4 (загрязненные воды). Большинство рек имеет 2 класс качества (чистые).

**Выводы.** Выявлена тенденция увеличения уровня минерализации и метаморфизация химического состава природных вод бессточной области Обь-Иртышского междуречья. Отмечено загрязнение водных объектов органическими веществами и биогенами.

### Ключевые слова

Реки бессточной области Оби и Иртыша, экологические последствия сельскохозяйственной освоенности, водный режим и гидрологические параметры, гидрохимические и гидробиологические показатели качества вод.

# Assessment of the ecological state of water bodies of the drainless area of the Ob-Irtysh River basin

Irina D. Rybkina, Lyubov V. Yanygina, Mihail S. Gubarev, Olga S. Burmistrova  
and Anton V. Kotovshchikov

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia

## Principal Contact

Irina D. Rybkina, Doctor of Geographical Sciences, Head, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 1 Molodezhnaya St, Barnaul, Russia 656038.

Tel. +73852666506

E-mail [irina.rybkina@mail.ru](mailto:irina.rybkina@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0081-9652>

## How to cite this article

Rybkina I.D., Yanygina L.V., Gubarev M.S., Burmistrova O.S., Kotovshchikov A.V. Assessment of the ecological state of water bodies of the drainless area of the Ob-Irtysh River basin. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 102-116. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-102-116

Received 28 October 2022

Revised 24 November 2022

Accepted 12 December 2022

## Abstract

**Aim.** Assess the current state of water bodies, compare with retrospective study data, update the bank of hydrological, hydrochemical and hydrobiological information.

**Material and Methods.** Three groups of indicators were used: hydrological, hydrochemical and hydrobiological. Hydrological measurements were carried out to determine the flow of water in the rivers and their sections not covered by the Roshydromet observation system. Hydrochemical analysis of samples was carried out by ion chromatography and spectrophotometry and included the determination of basic cations and anions, organic substances and biogens. The assessment of water quality by hydrobiological indicators was carried out using the structural characteristics of phyto- and zooplankton.

**Results.** According to environmental and sanitary indicators, the water quality of only three rivers – Solonovka, Cheremshanka and Burla (downstream) – belongs to class 4 (polluted waters). Most of the rivers have the 2nd class of water quality (clean).

**Conclusions.** A trend towards an increase in the level of mineralization and metamorphization of the chemical composition of natural waters in the inland region of the Ob-Irtysh interfluvium was revealed. The pollution of water bodies with organic substances and biogens was noted.

## Key Words

Rivers drainless area of the Ob-Irtysh River basin, environmental consequences of agricultural development, water regime and hydrological parameters, hydrochemical and hydrobiological indicators of water quality.

## ВВЕДЕНИЕ

Среди степных территорий Западной Сибири своеобразие природных условий и особенностями экологического состояния выделяется бессточная область Обь-Иртышского междуречья. В пределах Российской Федерации она простирается в границах трех субъектов – Новосибирской и Омской областей, Алтайского края.

Субъекты федерации лишь частично расположены в пределах области внутреннего стока Оби и Иртыша, но именно эти территории имеют преимущественно аграрную направленность социально-экономического развития. Интенсивное освоение в сельскохозяйственных целях наложило отпечаток на экологическую ситуацию этих территорий, что неизбежно нашло отражение и в состоянии водных объектов.

При этом современные оценки экологического состояния водных объектов практически отсутствуют. Сеть наблюдений за последние десятилетия только сокращалась. Пик изучения степных территорий пришелся на 1950–1960 гг., период освоения целинных и залежных земель, а также гидротехнического строительства в мелиоративных целях (1970-е гг.).

В настоящее время отдельные участки муниципальных районов бессточной области напоминают заброшенные бедленды, истощенные длительным использованием. Водные объекты чаще всего подвержены эвтрофикации и заболачиванию, сток рек уменьшается в результате непрерывной распахивки в предыдущие годы и последующего заиливания.

*Цель настоящего исследования* – оценить современное состояние водных объектов, по возможности сравнить с имеющимися результатами изучения, актуализировать банк гидрологических, гидрохимических и гидробиологических данных, способствуя вовлечению территорий в экономический, в частности сельскохозяйственный оборот.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обь-Иртышское междуречье площадью около 190 тыс. км<sup>2</sup> представляет собой плоскоовнутую аккумулятивную озерную и озерно-аллювиальную равнину с абсолютными отметками от 96 м (в центральной части) до 160 м (по периферии). Север бессточной области занимает обширная Барабинская низменность (Бараба), южнее расположена Кулундинская низменность, с востока – Приобское плато [1].

Характерной особенностью территории является отсутствие крупных водотоков при наличии большого количества озер и малых рек. К пониженным центральным частям приурочены крупные озера, среди которых два наиболее крупных озера Западной Сибири: Чаны и Кулундинское. Их считают остаточными водоемами существовавшего здесь в прошлом обширного озерного бассейна.

Гидрографическая сеть представлена мелкими водотоками, которые протекая по засушливой равнине, теряются или впадают в бессточные озера. Источниками питания рек служат талые воды сезонных снегов, дожди и грунтовые воды. Наибольшие из рек – Кулунда, Кучук (бассейн

Кулундинского озера); Каргат и Чулым (бассейн озера Чаны).

Климат исследуемой территории имеет черты континентальности. Средние температуры января и июля соответственно составляют -16,5°C и +21,2°C (по данным метеостанции г. Славгород [2]). Абсолютный максимум температур достигает +40,2°C, абсолютный минимум: -47,2°C. Нормой количества выпадающих осадков за период наблюдений 1981–2010 гг. является 319 мм, из которых большая часть (57%) выпадает в летние и осенние месяцы (с июня по октябрь).

Территория находится в аридной и субаридной зоне. В физико-географическом отношении – это степная и лесостепная зональные области Западной Сибири, в том числе подзоны сухой и засушливой степи [3].

Основные виды землепользования – растениеводство зерноводческой направленности, разведение крупного рогатого скота и овцеводство. Так, в Славгородском муниципальном районе 88% площади занято под сельскохозяйственные угодья [4]. В целях аграрного природопользования [5] часть земель бессточной области орошается в пределах Кулундинской низменности, другая часть – Бараба – нуждается в осушении.

Поверхностные водные ресурсы используются ограниченно, преимущественно для нужд сельского хозяйства. Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются подземные воды. В результате длительного использования подземных горизонтов образовалась Славгородская депрессионная воронка, повысился уровень грунтовых вод, оказались подтоплены отдельные территории, особенно в годы повышенного увлажнения. Кроме этого, отмечаются загрязнение природных вод, гидроморфизация и засоление почв, просадочные (суффозионные) явления.

В системе оценок экологического состояния водных объектов наибольшее распространение получили три группы показателей: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические. Гидрологические показатели характеризуют морфометрические признаки водных объектов, водный режим, многолетние и внутригодовые циклы изменений водности. Гидрохимические – позволяют оценить состояние водного объекта в конкретный момент времени (момент отбора проб), определить вклад отдельных ингредиентов из числа контролируемых показателей, что помогает установить источник воздействия. Гидробиологические показатели оценивают совокупный эффект от всех видов воздействия (в том числе неконтролируемых при гидрохимическом мониторинге и неизвестных науке) за определенный промежуток времени (как правило связанный с длительностью жизненных циклов организмов-индикаторов). Совместный анализ гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей позволяет получить более обоснованные выводы.

Гидрологические измерения проводились с целью установления глубины водного объекта, длины поперечного сечения водотока, скорости течения воды. В последующем рассчитаны величины речных расходов на участках рек, где гидрологические наблюдения ранее отсутствовали. Показатели

приурочены к фазе половодья, в завершающей его стадии.

Гидрохимический анализ проб выполнялся в Химико-аналитическом центре Института водных и экологических проблем СО РАН и включал определение следующих показателей: массовая концентрация кальция, магния, натрия, калия, аммония, нитратов, нитритов, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, железа, марганца, фосфатов, фосфора общего, перманганатная окисляемость. Гидрохимический анализ проб проводился методами ионной хроматографии и спектрофотометрии.

Оценку качества воды по гидробиологическим показателям проводили с использованием структурных характеристик фито- и зоопланктона. Фитопланктон концентрировали на мембранных фильтрах «Владипор» с диаметром пор 0,8 мкм. Содержание хлорофилла *a* анализировали спектрофотометрическим методом в ацетоновом экстракте [6]. Сбор зоопланктона производили процеживанием 100 л воды через сеть Апштейна (с размером ячеек 62×62 мкм). Для оценки состояния зоопланктонных сообществ были рассчитаны индексы биоразнообразия (с применением программного обеспечения Past version 4.0), а также были определены индексы сапробности Пантле и Букка (S) в модификации Сладечека [7], которые характеризуют степень органического загрязнения водных объектов. Индекс сапробности каждого участка вычисляли по формуле:

$$S = \sum si \cdot hi / \sum hi,$$

где:  $si$  – индикаторная значимость вида в пробе;  $hi$  – численность вида в пробе.

По значению индекса сапробности были выделены: 0,51–1,5 олигосапробная зона (чистая питьевая вода); 1,51–2,50 бета-мезосапробная зона (умеренно загрязненная вода); 1,51–3,50 – альфа-мезосапробная зона (грязная вода); 3,51–4,50 – полисапробная зона (сильно загрязненная вода) [8].

Для определения класса качества воды по гидробиологическим показателям использована экологическая классификация качества поверхностных вод суши по О.П. Оксикю и В.Н. Жукинскому [9].

Одновременно со сбором гидрохимических и гидробиологических проб измерялись: глубина отбора, тип субстрата, прозрачность, цветность, температура воды, БПК<sub>5</sub>, концентрация кислорода. В каждой точке зондом YSI определены такие параметры, как электропроводность, общая минерализация, соленость, процент насыщения кислородом, концентрация кислорода, pH, мутность, численность сине-зеленых бактерий.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения экспедиционных работ на территории внутреннего стока Обь-Иртышского междуречья, которые проходили с 26 мая по 2 июня 2021 г., определены створы наблюдений за экологическим состоянием водных объектов на 21 участке 16 водотоков (табл. 1): р. Касмала (ниже с. Буканосое), р. Волчиха (с. Волчиха, выше пруда), р. Кучук (сс. Степной Кучук, Нижний Кучук), р. Кулунда

(ниже с. Выхово, выше с. Боево, выше с. Шимолито), р. Суека (с. Нижняя Суека), р. Пайва (ниже с. Павловка), р. Черемшанка (ниже д. Черемшанка), р. Солоновка (вблизи устья), р. Паныша (ниже с. Пакрушанка), р. Бурла (выше с. Пакрушанка), с. Хабары, ниже с. Бурла), р. Курья (выше с. Усть-Курья), р. Карасук (в г. Карасук), р. Баган (в п. Баган), р. Сума (у с. Усть-Сумы), р. Каргат (ниже г. Каргат), р. Чулым (у г. Чулым).

*Гидрологическая характеристика водных объектов.* Водные объекты бессточной зоны в условиях недостаточного увлажнения, как правило, характеризуются повышенной минерализацией [10]. Климат исследованной территории носит аридный характер [11–13], поэтому малые реки летом частично пересыхают, а озера имеют пульсирующую внутригодовую и многолетнюю динамику [14].

В период обследования практически все водотоки имели течение, за исключением шести участков обследованных рек (табл. 1), на которых измерения были невозможны. Скорости течения изменялись в пределах от 0,0 до 0,55 м/с, при среднем значении 0,178 м/с. При этом разовые измеренные расходы воды колебались от 0,07 до 16,85 м<sup>3</sup>/с. Наибольшее течение отмечалось на участке р. Сума близ села Усть-Сумы, но с учетом величины поперечного сечения (46,8 м<sup>2</sup>) речные расходы максимальны в створе р. Кулунда – с. Шимолито. Измерения проводились только на участках рек, не охваченных регулярными наблюдениями системы Росгидромета. В иных случаях при описании использованы гидрологические данные Росгидромета. Следует отметить, что для водного режима рек характерно резко выраженное весеннее половодье, в завершающей стадии которого и проходило исследование водотоков.

*Гидрохимические показатели.* Уровень минерализации изученных рек в целом невысок, что обусловлено отбором проб в период половодья. Максимальные значения общей минерализации, соответствующие уровню мезогалинных вод, отмечены в рр. Волчиха, Кулунда (среднее течение), Пайва, Баган, Бурла (нижнее течение) и Солоновка (рис. 1). На остальных участках реки имели пресные воды. Предыдущие исследования рек Обь-Иртышского междуречья показали, что в период летней межени вблизи истоков вода рек остается пресной, а возле устья становится солоноватой [15].

Также как и в реках бассейна Верхней Оби, в реках бессточной зоны преобладает гидрокарбонатно-натриевый тип вод, и только Солоновка, Баган, Сума и нижнее течение р. Бурла в период обследования имели хлоридные и сульфатно-хлоридные воды, а р. Волчиха – сульфатные воды (табл. 2).

Анализ имеющихся более ранних результатов [15] позволил выявить тенденцию увеличения уровня минерализации и метаморфизацию химического состава природных вод водоемов бессточной области Обь-Иртышского междуречья. В целом, эта тенденция подтвердилась и при сравнении ранневесенних ретроспективных [16] и полученных в ходе исследования данных.

**Таблица 1.** Координаты точек отбора проб и гидрологические показатели обследованных участков рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья  
**Table 1.** Coordinates of sampling points and hydrological parameters of the surveyed sections of the rivers of the inland area of the Ob-Irtysh interfluvium

№	Река River	Населенный пункт Settlement	Система координат WGS84 Coordinate system WGS84		Средняя скорость течения, м/с Average flow rate, m/s	Площадь попереч- ного сечения, м <sup>2</sup> Cross- sectional area, m <sup>2</sup>	Разовый расход Measured Discharge		Средний расход за май, м <sup>3</sup> /с Average annual Discharge in May, m <sup>3</sup> /s	Период наблюдений Observation period	Гидрологический пост Hydrological station
			северная широта northern latitude	восточная долгота eastern longitude			Дата измерений date	м <sup>3</sup> /с m <sup>3</sup> /s			
01	Касмала Kasmala	с. Буканское s. Bukanskoe	52°47'18,7"	81°47'59,4"	0,00	-	24.05.2021	-	-	-	-
02	Волчиха Volchiha	с. Волчиха s. Volchiha	52°00'48,4"	80°22'20,7"	0,50	0,33	24.05.2021	0,17	-	-	-
03	Кучук Kuchuk	с. Степной Кучук s. Steпноj Kuchuk	52°35'48,5"	80°20'27,1"	0,07	0,98	25.05.2021	0,07	-	-	-
04	Кучук Kuchuk	с. Нижний Кучук s. Nizhnij Kuchuk	52°42'19,0"	79°56'30,9"	0,06	13,45	25.05.2021	0,81	0,91	2008–2018	с. Нижний Кучук s. Nizhnij Kuchuk
05	Кулунда Kulunda	с. Шимолино s. Shimolino	52°59'25,2"	79°59'54,1"	0,36	46,8	25.05.2021	16,85	27,26	2008–2018	с. Шимолино s. Shimolino
06	Суетка Suetka	с. Нижняя Суетка s. Nizhnaya Suetka	53°13'17,8"	79°53'29,3"	0,30	1,15	26.05.2021	0,35	0,36	1951–1964	с. Усть-Суетка s. Ust-Suetka
07	Пайва (приток Кулунды) Pajva (Kulunda inflow)	Между Павловкой и Баево Between Pavlovka and Baevno	53°13'39,2"	80°27'54,2"	0,08	10,53	26.05.2021	0,84	-	-	-
08	Кулунда Kulunda	с. Баево s. Baevno	53°15'53,9"	80°47'18,7"	-	-	26.05.2021	-	15,92	2008–2018	с. Баево s. Baevno
09	Черемшанка (приток Кулунды) Cheremshanka (Kulunda inflow)	с. Тюменцево s. Tumencevo	53°15'34,6"	81°14'31,8"	0,48	1,43	26.05.2021	0,69	-	-	-



10	Солоновка (приток Кулунды) Solonovka (Kulunda inflow)	п. Кулундинский s. Kulundinskij	53°12'54,2"	81°11'41,0"	0,05	4,62	26.05.2021	0,23	-	-	-
11	Кулунда Kulunda	с. Выхово s. Vykhovo	53°02'36,3"	81°24'19,0"	0,00	-	27.05.2021	-	5,12	1940–1958, 1960–1987	с. Овечкино s. Ovechkin
12	Паньшиха (приток Бурлы) Pankrushiha (Burla inflow)	с. Панкрушиха s. Pankrushiha	53°50'22,4"	80°21'04,0"	0,00	-	27.05.2021	-	-	-	-
13	Бурла Burla	с. Панкрушиха s. Pankrushiha	53°50'25,1"	80°20'48,5"	0,40	14,31	27.05.2021	5,72	3,53	1973–1975	с. Панкрушиха s. Pankrushiha
14	Курья (приток Бурлы) Kurya (Burla inflow)	с. Усть-Курья s. Ust-Kurya	53°39'22,1"	79°45'55,7"	0,00	-	28.05.2021	-	-	-	-
15	Бурла Burla	с. Хабары s. Habary	53°37'16,0"	79°31'48,5"	-	-	28.05.2021	-	10,38	2008–2018	с. Хабары
16	Бурла Burla	с. Бурла s. Burla	53°20'00,8"	78°19'05,9"	0,00	-	28.05.2021	-	11,56	1955–1960	с. Бурла s. Burla
17	Карасук Karasuk	г. Карасук Karasuk town	53°45'04,1"	78°00'36,4"	-	-	28.05.2021	-	12,06	1954–1967, 1969–1978	Карасук – Ярск Karasuk – Yarsk
18	Баган Bagan	п. Баган s. Bagan	54°06'45,1"	77°40'31,3"	0,00	-	28.05.2021	-	-	-	-
19	Сума (приток Чулыма) Suma (Chulyum inflow)	с. Усть-Сумы s. Ust-Sumy	54°51'34,0"	80°15'50,8"	0,55	8,86	29.05.2021	4,87	-	-	-
20	Каргат Kargat	г. Каргат Kargat town	55°11'10,9"	80°13'02,8"	-	-	29.05.2021	-	29,18	2008–2018	с. Здвижск s. Zdvinsk
21	Чулым Chulyum	г. Чулым Chulyum town	55°04'10,5"	80°56'04,7"	-	-	29.05.2021	-	31,66	2008–2018	с. Старогородно- стаево s. Starogorno- staevo

**Примечание:** прочерк означает, что измерение не проводилось, данные или гидропост отсутствуют  
**Note:** a dash means that the measurement was not carried out and/or data or hydrological station are not available

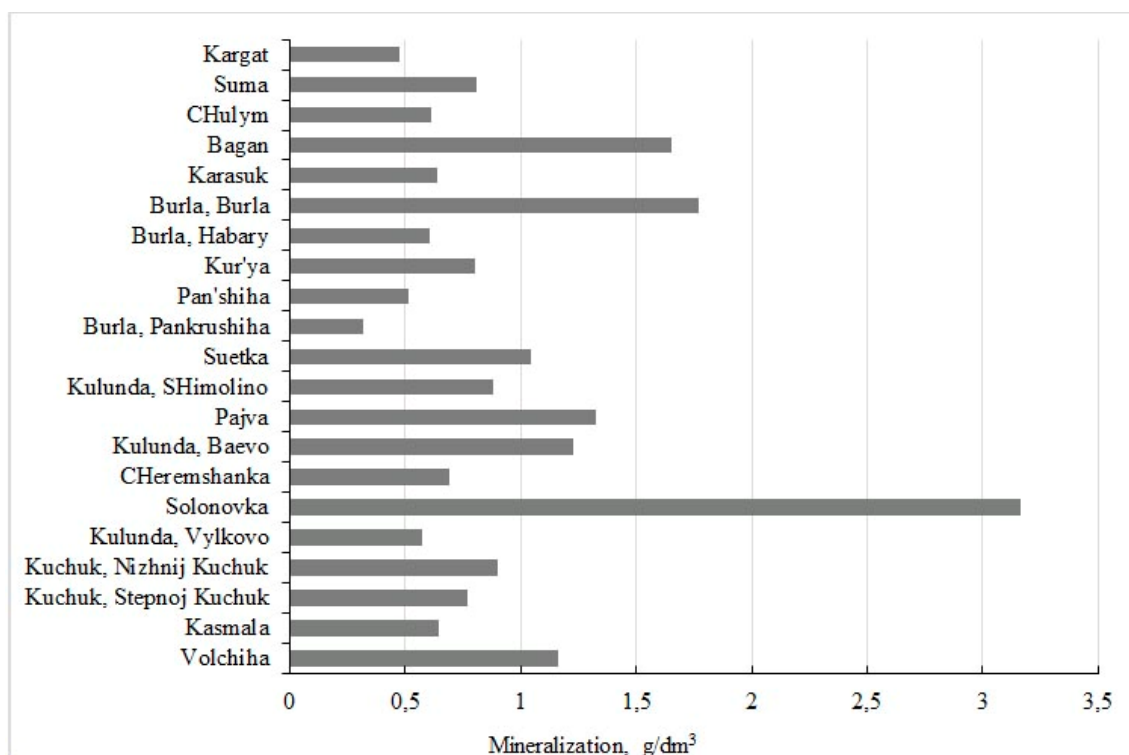


Рисунок 1. Минерализация воды обследованных рек Обь-Иртышского междуречья

Figure 1. Water mineralization of the surveyed rivers of the Ob-Irtys interfluvium

Таблица 2. Жесткость и минеральные вещества в воде исследуемых рек Обь-Иртышского междуречья

Table 2. Hardness and mineral substances in the water of the studied rivers of the Ob-Irtys interfluvium

№	Река, пункт отбора River, settlement	Общая жесткость, °Ж Hardness, degrees	Ca <sup>2+</sup> , мг/дм³ Ca <sup>2+</sup> , mg/dm³	Mg <sup>2+</sup> , мг/дм³ Mg <sup>2+</sup> , mg/dm³	Na <sup>+</sup> , мг/дм³ Na <sup>+</sup> , mg/dm³	K <sup>+</sup> , мг/дм³ K <sup>+</sup> , mg/dm³	Cl <sup>-</sup> , мг/дм³ Cl <sup>-</sup> , mg/dm³	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм³ SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/dm³	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм³ HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/dm³
01	Касмала, ниже с. Буканское Kasmala, below s. Bukanskoe	5,7±0,9	52±3	39±6	106±18	4,4±0,9	22±3	103±13	495±59
02	Волчиха, с. Волчиха Volchiha, s. Volchiha	9,0±1,3	79±5	61±9	220±37	7±1	57±7	513±67	498±60
03	Кучук, с. Степной Kuchuk, s. Steпноj Kuchuk	7,6±1,2	84±6	42±6	98±17	5±1	57±7	183±24	338±41
04	Кучук, с. Нижний Kuchuk, s. Nizhnij Kuchuk	8,0±1,2	81±5	49±7	137±23	2,1±0,4	94±12	199±26	343±41
05	Кулунда, выше с. Шимолино Kulunda, above s. Shimolino	6,9±1,0	53±4	51±7	133±23	6±1	92±12	155±20	404±48
06	Суетка, с. Нижняя Suetka, s. Nizhnaya Suetka	8,2±1,2	69±5	57±9	179±30	6±1	67±9	272±35	496±60
07	Пайва, ниже с. Павловка Pajva, below s. Pavlovka	10,1±1,5	76±5	77±11	228±39	5±1	133±17	372±48	508±61

08	Кулунда, выше с. Баево Kulunda, above s. Baevo	8,7±1,3	65±4	<b>66±10</b>	<b>203±35</b>	6±1	150±20	<b>211±27</b>	559±67
09	Черемшанка, ниже д. Черемшанка Cheremshanka below s. Cheremshanka	6,7±1,0	51±3	<b>51±8</b>	<b>105±18</b>	2,9±0,6	18±2	<b>96±12</b>	536±64
10	Солоновка, вблизи устья Solonovka, near mouth	<b>17,5±2,6</b>	95±6	<b>154±23</b>	<b>626±109</b>	5±1	<b>710±92</b>	<b>742±96</b>	769±61
11	Кулунда, ниже с. Выхово Kulunda, below s. Vylkovo	6,5±0,6	68±5	<b>38±6</b>	63±11	2,1±0,4	25±3	<b>100±13</b>	417±50
12	Паньшиха, ниже с. Панкрушиха Pankrushiha, s. Pankrushiha	4,2±0,6	45±3	24±4	74±13	6±1	55±7	<b>126±16</b>	224±27
13	Бурла, выше с. Панкрушиха Burla, above s. Pankrushiha	2,8±0,4	33±2	15±2	51±9	6±1	20±3	57±7	192±23
14	Курья, выше с. Усть-Курья Kurya s. Ust_Kurya	4,1±0,6	32±2	31±5	<b>155±26</b>	9±2	105±14	<b>213±28</b>	309±37
15	Бурла, в с. Хабары Burla, s. Habary	4,7±0,7	47±3	29±4	84±14	6±1	64±8	<b>129±17</b>	314±38
16	Бурла, ниже с. Бурла Burla, below s. Burla	<b>11,9±1,8</b>	73±5	<b>100±15</b>	327±56	16±3	<b>411±53</b>	449±58	536±64
17	Карасук, в г. Карасук Karasuk, Karasuk town	5,2±0,8	50±3	33±5	84±14	6±1	96±12	<b>156±20</b>	229±27
18	Баган, в п. Баган Bagan, s. Bagan	10,8±1,6	73±5	<b>87±13</b>	<b>243±41</b>	10±2	<b>587±76</b>	<b>255±33</b>	226±27
19	Сума, у с. Усть-Сумы Suma, s. Ust-Sumy	6,9±1,0	62±4	<b>47±7</b>	<b>103±17</b>	6±1	176±23	<b>158±21</b>	259±31
20	Каргат, ниже г. Каргат Kargat, below Kargat town	5,1±0,8	38±3	<b>39±6</b>	65±11	2,4±0,5	83±11	36±5	257±31
21	Чулым, у г. Чулым Chulym, Chulym town	5,2±0,8	46±3	35±5	84±14	3,2±0,6	135±18	60±8	260±31

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения норматива  
 Note: excesses of the standard are highlighted in bold

Биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) и перманганатная окисляемость (ПО) в период изучения имели повышенные значения практически на всех участках, что свидетельствует о загрязнении водотоков органическими веществами. В большинстве случаев отмечены также превышения ПДК по фосфору и

аммонийному азоту. Очевидно, что смыв и поступление этих веществ происходит с водосборов рек (табл. 3). Повышенное содержание органических веществ и биогенов было выявлено в реках Обь-Иртышского междуречья и по данным предыдущих исследований [15].



**Таблица 3.** Органические вещества и биогены в воде исследуемых рек Обь-Иртышского междуречья  
**Table 3.** Organic substances and nutrients in the water of the studied rivers of the Ob-Irtysh interfluvе

№	Река, пункт отбора River, settlement	$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{NH}_4^+$ , mg/dm <sup>3</sup>	$\text{NO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{NO}_3^-$ , mg/dm <sup>3</sup>	$\text{NO}_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{NO}_2^-$ , mg/dm <sup>3</sup>	$\text{PO}_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{PO}_4^{3-}$ , mg/dm <sup>3</sup>	$\text{P}_{\text{общ}}$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{P}_{\text{general}}$ , mg/dm <sup>3</sup>	$\text{PO}$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{PO}$ , mg/dm <sup>3</sup>	$\text{C}_{\text{орг}}$ , мг/дм <sup>3</sup> $\text{C}_{\text{org}}$ , mg/dm <sup>3</sup>
01	Касмала, ниже с. Буканское Kasmala, lower s. Bukanskoe	<b>1,2±0,2</b>	0,88±0,18	0,012±0,006	<b>0,70±0,11</b>	0,28±0,04	26±3	33±7
02	Волчиха, с. Волчиха Volchiha , s. Volchiha	<b>0,72±0,14</b>	3,6±0,5*	<b>0,12±0,06</b>	0,12±0,02	0,061±0,008	4,2±0,4	20±4
03	Кучук, с. Степной Kuchuk s. Stepoj	<b>0,52±0,10</b>	2,0±0,3*	0,029±0,015	<b>0,29±0,04</b>	0,10±0,01	5,3±0,5	23±5
04	Кучук, с. Нижний Kuchuk s. Nizhnij	0,39±0,08	0,18±0,04	<0,003	0,10±0,02	0,054±0,007	2,6±0,3	26±5
05	Кулунда, выше с. Шимолино Kulunda, upper s. Shimolino	<b>1,1±0,2</b>	0,74±0,15	0,005±0,003	<b>0,48±0,07</b>	0,19±0,03	22±2	40±8
06	Суетка, с. Нижняя Suetka s. Nizhnaya	<b>0,99±0,20</b>	0,64±0,13	0,004±0,002	<b>0,68±0,10</b>	0,33±0,05	14±1	35±7
07	Суетка, с. Павловка Suetka s. Pavlovka	<b>0,93±0,19</b>	0,71±0,14	<0,003	<b>0,42±0,06</b>	0,18±0,02	16±2	41±8
08	Кулунда, upper s. Баево Kulunda, upper s. Baevo	<b>0,78±0,16</b>	0,53±0,11	0,004±0,002	<b>0,51±0,08</b>	0,23±0,03	18±2	87±13
09	Черемшанка, Черемшанка Cheremshanka below s.	<b>0,46±0,09</b>	0,52±0,10	0,003±0,002	<b>0,59±0,09</b>	0,28±0,04	7,4±0,7	20±4
10	Солоновка, вблизи устья Solonovka, near mouth	<b>1,1±0,2</b>	0,85±0,17	<b>0,17±0,07</b>	<b>0,57±0,09</b>	0,28±0,04	24±2	234±35
11	Кулунда, Lower settlement Вылково Kulunda, s. Vylkovo	<b>0,63±0,13</b>	0,32±0,06	<0,003	<b>0,38±0,06</b>	0,19±0,03	11±1	22±4
12	Паньшиха, lower с. Панкрушиха Pankrushiha,	<b>0,74±0,15</b>	0,73±0,09	0,020±0,010	<b>0,50±0,07</b>	0,17±0,02	23±2	31±6

	lower s. Pankrushiha							
13	Бурла, lower с. Панкруши-ха Burla, above s. Pankrushiha	<b>0,56±0,11</b>	0,76±0,15	0,031±0,016	<b>0,60±0,09</b>	0,20±0,03	25±3	28±6
14	Курья, выше с. Усть-Курья Kurya, upper s. Ust_Kurya	<b>0,85±0,17</b>	1,0±0,2	0,034±0,017	<b>0,56±0,08</b>	0,19±0,03	28±3	39±8
15	Бурла, в с. Хабары Burla, s. Habary	<b>0,82±0,16</b>	1,1±0,2	0,014±0,007	<b>0,56±0,08</b>	0,18±0,03	30±3	36±7
16	Бурла, ниже с. Бурла Burla, lower s. Burla	<b>2,4±0,5</b>	0,86±0,17	<0,003	0,11±0,02	0,094±0,010	28±3	112±17
17	Карасук, в г. Карасук Karasuk, in Karasuk town	<b>1,0±0,2</b>	0,60±0,12	0,012±0,006	<b>0,79±0,12</b>	0,26±0,04	17±2	31±6
18	Баган, в п. Баган Bagan, s. Bagan	<b>2,0±0,4</b>	1,1±0,2	0,021±0,011	<b>1,7±0,3</b>	0,57±0,08	29±3	106±16
19	Сума, у с. Усть- Сумы Suma, s. Ust-Sumy	<b>1,4±0,3</b>	1,0±0,2	0,023±0,012	<b>0,29±0,04</b>	0,096±0,010	27±3	39±8
20	Каргат, ниже г. Каргат Kargat, lower Kargat town	<b>0,89±0,18</b>	1,1±0,2	0,025±0,013	<b>0,18±0,03</b>	0,060±0,008	30±3	42±8
21	Чулым, у г. Чулым Chulym, in Chulym town	<b>0,91±0,18</b>	1,4±0,3	0,012±0,006	<b>0,31±0,05</b>	0,098±0,010	32±3	43±9

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения норматива. ПО – перманганатная окисляемость  
 Note: excesses of the standard are highlighted in bold. PO – permanganate oxidation

**Гидробиологические показатели.** Ведущая роль в функционировании пресноводных экосистем принадлежит фитопланктону – микроскопическим водорослям, обитающим в толще воды. За счет фотосинтеза фитопланктона в равнинных реках создается первичное органическое вещество, составляющее энергетическую основу для всех последующих звеньев биологической продукции в водоеме. В современных гидроэкологических исследованиях в качестве показателя уровня развития фитопланктона используют содержание хлорофилла (Хл) *a*, как основного фотосинтетического пигмента водорослей [17–18]. Концентрация Хл *a* считается универсальным эколого-физиологическим показателем, который позволяет получить сведения о пространственном распределении фитопланктона, санитарно-биологических характеристиках качества воды и трофическом статусе водоемов [19].

Исследованные реки Обь-Иртышского междуречья характеризовались относительно высокими значениями концентрации Хл *a*, соответствующими эвтрофному (8–25 мг/м<sup>3</sup>) и даже гиперэвтрофному (более 25 мг/м<sup>3</sup>) уровню (рис. 2). Мезотрофный статус (2,5–8 мг/м<sup>3</sup>) отмечен только в реках Волчиха, Кулунда (нижнее течение), Бурла (верхнее и среднее течение), Карасук, Сума и Каргат,

олиготрофный – в р. Чулым (менее 2,5 мг/м<sup>3</sup>). Содержание продуктов распада хлорофилла – феопигментов в большинстве рек было низким (менее 30%), что указывает на высокую долю активных клеток в сообществах. Повышение данного показателя отмечено в реках с более быстрым течением и невысоким развитием фитопланктона (р. Касмала, р. Кулунда (с. Шимолино) и р. Бурла (с. Хабары).

В соответствии с Комплексной экологической классификацией поверхностных вод суши по эколого-санитарным показателям [9] качество воды рек Волчиха, Кулунда (нижнее течение), Бурла (верхнее и нижнее течение), Чулым и Каргат по содержанию Хл *a*, относятся к классу 1 (предельно чистые); реки Касмала, Кучук, Курья, Карасук и Баган – к классу 2 (чистые воды); реки Кулунда (верхнее и среднее течение), Суетка и Паньшиха – к классу 3 (удовлетворительной чистоты); реки Солоновка, Черемшанка и Бурла (нижнее течение) – к классу 4 (загрязненные воды).

Зоопланктон как регулятор функционирования экосистем принимает участие в процессах самоочищения и служит надежным индикатором качества воды [20–21]. В мае 2021 г. в зоопланктоне обследованных степных рек бессточной области Алтайского края и Новосибирской области обнаружено 96 видов и форм: 68 – *Rotifera*, 18 – *Cladocera*, 10 –

*Copepoda* (рис. 3). По числу видов в исследованных реках преобладали коловратки, за исключением реки Беган, в которой преобладали *Copepoda*. Наиболее часто встречались *Notholca acuminata extense* Oloffson, 1918 (57%), *Notholca acuminata acuminata* Ehrenberg, 1832 (52%), *Notholca squamula squamula* Müller, 1786

(42%) и *Lecane arcuata* Брысе, 1891 (43%). Эти виды относятся к эупланктонным видам, род *Notholca* типичен весной. Значения индекса сапробности Пантле и Букк ( $1,03 \pm 0,08$ ) для зоопланктона свидетельствуют о преимущественно олигосапробных условиях в исследованных реках в период половодья.

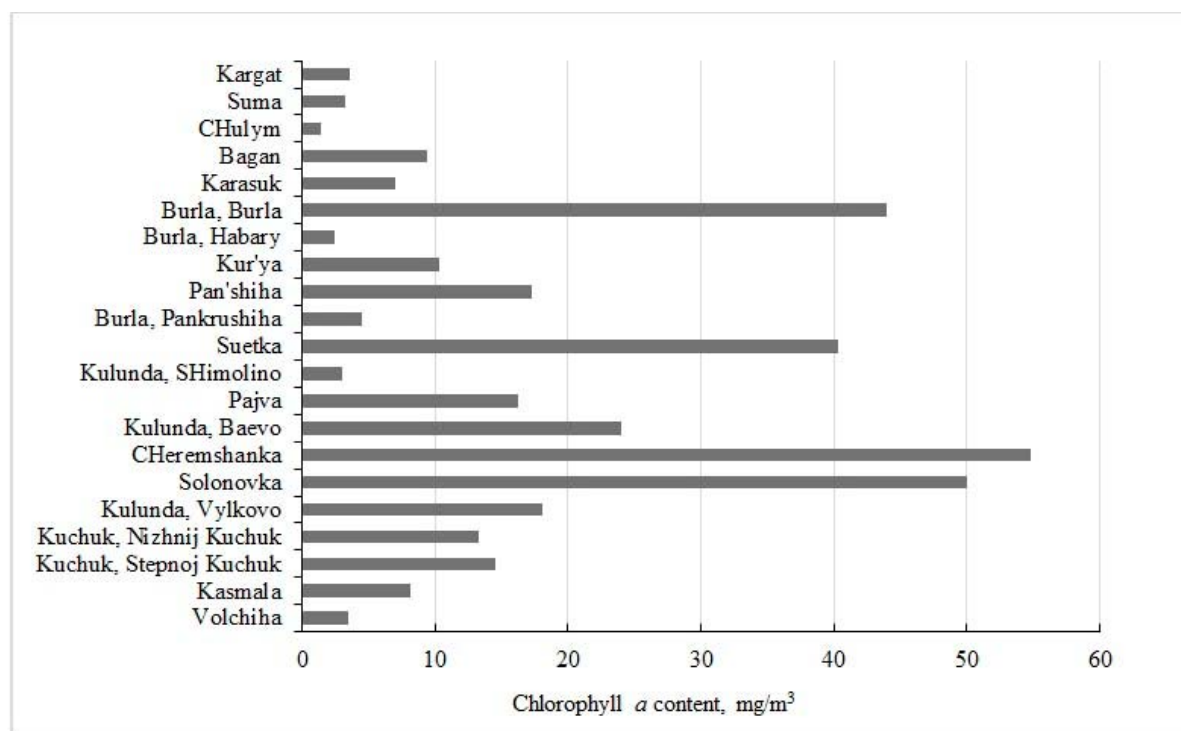


Рисунок 2. Содержание хлорофилла *a* в воде исследуемых рек  
Figure 2. Content of chlorophyll *a* in the water of the rivers studied

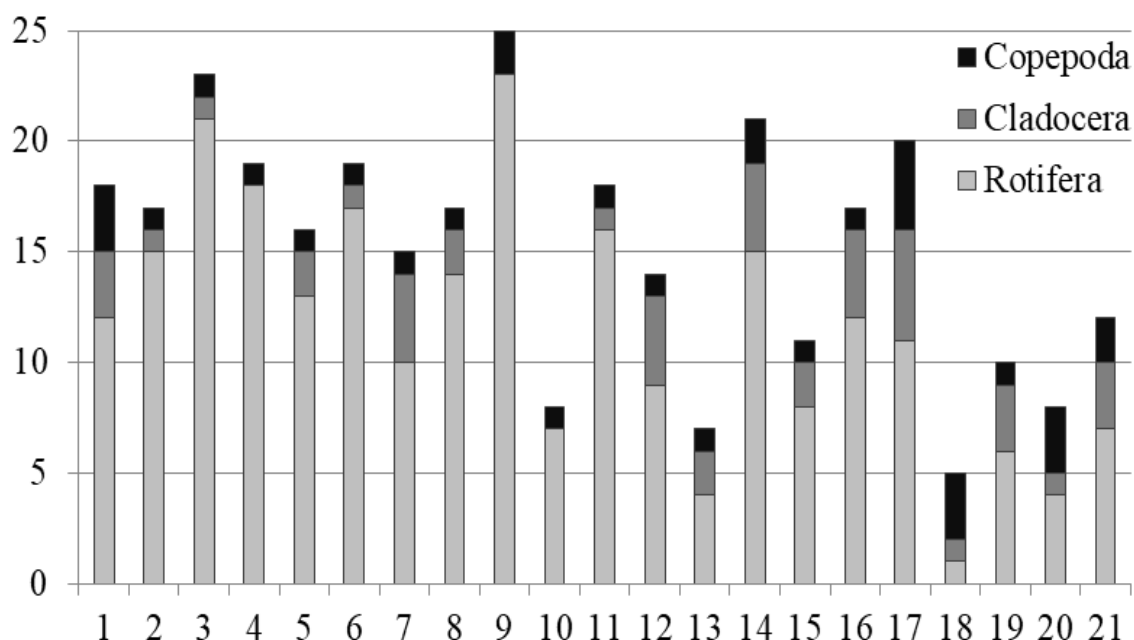


Рисунок 3. Соотношение числа видов основных групп зоопланктона  
Figure 3. Ratios of the number of species of the main groups of zooplankton

Наиболее богаты по числу видов зоопланктона (табл. 4) реки Черемшанка и Кучук (в районе с. Степной Кучук). Равномерность распределения особей зоопланктона

(по индексам доминирования и выравненности) и значения индекса видового разнообразия Шеннона указывают на благоприятные условия обитания

планктонных организмов в большинстве исследованных рек. Наиболее благоприятные условия отмечены в реках Чулым и Кучук (в районе с. Нижний

Кучук), худшие – в реках Кулунда (Баево) и Бурла (выше с. Панкрушиха).

**Таблица 4.** Показатели видового разнообразия зоопланктона степных рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья в мае 2021 г.

**Table 4.** Indicators of the species diversity of zooplankton in the steppe rivers of the inland region of the Ob-Irtysh interfluvium in May 2021

№	Река, пункт отбора River, settlement	Число видов Number of species	Индекс доминирования Симпсона Simpson index	Индекс Пиелу Pielou index	Индекс Шеннона Shannon index	Индекс сапробности Пантле и Букк Pantle & Buck index
01	Касмала, ниже с. Буканское Kasmala, lower s. Bukanskoe	18	0,19	0,66	2,86	0,77
02	Волчиха, с. Волчиха Volchiha, s. Volchiha	17	0,32	0,49	2,09	0,75
03	Кучук, с. Степной Kuchuk, s. Stepoi Kuchuk	23	0,39	0,44	2,05	1,21
04	Кучук, с. Нижний Kuchuk, s. Nizhnij Kuchuk	19	0,15	0,75	3,25	1,55
05	Кулунда, выше с. Шимолино Kulunda, above s. Shimolino	16	0,32	0,56	2,34	0,59
06	Суетка, с. Нижняя Suetka, s. Nizhnaya Suetka	19	0,30	0,56	2,48	1,37
07	Пайва, lower с. Павловка Pajva, below s. Pavlovka	15	0,19	0,69	2,74	1,04
08	Кулунда, upper settlement Kulunda, upper settlement	17	0,60	0,35	1,48	1,59
09	Баево, выше с. Черемшанка Kulunda, above s. Baevo Cheremshanka below s. Cheremshanka	25	0,32	0,49	2,34	0,76
10	Солоновка, вблизи устья Solonovka, near mouth	8	0,47	0,52	1,65	0,97
11	Кулунда, ниже с. Вилково Kulunda, s. Vylkovo	18	0,32	0,52	2,23	1,24
12	Паньшиха, ниже с. Панкрушиха Pankrushiha, s. Pankrushiha	14	0,49	0,42	1,68	1,15
13	Бурла, выше с. Панкрушиха Burla, upper s. Pankrushiha	7	0,53	0,39	1,24	0,9
14	Курья, выше с. Усть-Курья Kurya, above	21	0,30	0,59	2,65	0,43

s. Ust_Kurya						
15	Бурла, в с. Хабары Burla, s. Habary	11	0,22	0,72	2,58	0,55
16	Бурла, below с. Бурла Burla, s. Burla	17	0,26	0,62	2,67	1,57
17	Карасук, в г. Карасук Karasuk, in Karasuk town	20	0,44	0,46	2,12	1,12
18	Баган, в с. Баган Bagan, in s. Bagan	5	0,42	0,54	1,8	1,38
19	Сума, у с. Усть-Сумы Suma, in s. Ust-Sumy	10	0,24	0,67	2,22	1,25
20	Каргат, lower г. Каргат Kargat, Kargat town	8	0,41	0,60	2,07	0,84
21	Чулым, у г. Чулым Chulim, in Chulim town	12	0,17	0,74	2,96	0,55

По структурным характеристикам зоопланктона качество воды соответствовало преимущественно 2 классу – чистая. Значения индекса сапробности в р. Кучук (с. Нижний Кучук), р. Кулунда, р. Бурла (ниже с. Бурла) соответствовали бета-мезосапробным условиям и 3 классу качества воды (умеренно-загрязненная). Анализ литературных данных показывает, что для исследованных рек характерны сезонные изменения структурных характеристик зоопланктона, приводящие к повышению уровня сапробности до бета-мезосапробного уровня [22–23].

#### ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов и ретроспективных гидрохимических данных свидетельствует об имеющейся тенденции увеличения уровня минерализации и метаморфизации химического состава природных речных вод бессточной области Обь-Иртышского междуречья. Для большинства рек характерны повышенные концентрации органических и биогенных веществ, что, вероятно, является результатом длительного использования территории речных бассейнов в сельскохозяйственных целях.

Высокий уровень биогенной нагрузки на водотоки обуславливает повышенное развитие фитопланктонных сообществ. Большинство рек бессточной области характеризуется относительно высокими значениями концентрации Хл *a*, соответствующими эвтрофному и гиперэвтрофному уровню. Однако по эколого-санитарным показателям качество воды только трех рек – Солоновка, Черемшанка и Бурла (нижнее течение) – относятся к классу 4 (загрязненные воды). При этом значения индекса сапробности в рр. Кучук (с. Нижний Кучук), Черемшанка, Бурла (ниже с. Бурла) соответствуют бета-мезосапробным условиям и 3-му классу качества воды (умеренно-загрязненная).

Для детализации полученных результатов экологической оценки требуется дальнейшее изучение водных объектов, в том числе с проведением регулярных мониторинговых исследований. При этом сами водные объекты могут выступить индикаторами

экологического состояния и проблем природопользования изучаемых территорий. Накопленный материал станет основой для определения возможностей использования бессточной области Обь-Иртышского междуречья в социально-экономическом развитии регионов.

#### БЛАГОДАРНОСТЬ

Работы выполнены в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН, гранта РФФИ №21-55-75002 «Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон» и при поддержке гранта РГО «Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

#### ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the state task of the IWEP SB RAS, RFBR grant No. 21-55-75002 “Development of recommendations for the sustainable sharing of soils and groundwaters: decision-making with the support and participation of stakeholders” and with the support of a grant from the Russian Geographical Society – International Conference “Transboundary Geoecological problems and Environmental Management issues in the basin of the rivers of Inner Eurasia in connection with climate change”.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цимбалаев Ю.М., Андреева И.В. Учет ландшафтной структуры водосборов при оценке водного баланса водоприемников (на примере бессточной области Обь-Иртышского междуречья) // Известия АО РГО. 2015. N 1(36). С. 23–30.
2. Архив климатических данных. Славгород. Алтайский край. Российская Федерация. URL: <http://climatebase.ru/station/29915/> (дата обращения: 28.10.2021)



3. Винокуров Ю.И., Цимбалеи Ю.М. Региональная ландшафтная структура Сибири. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2006. 96 с.
4. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования город Славгород Алтайского края на период до 2035 года. Утв. решением Славгородского городского собрания депутатов Алтайского края от 29.06.2021 N 23.
5. Красноярова Б.А. Территориальная организация аграрного природопользования Алтайского края. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1999. 161 с.
6. Jeffry S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls "a", "b", "c1" and "c2" in algae, phytoplankton and higher plants // *Physiol. Pflanz.* 1975. V. 167. N 2. P. 191–195.
7. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view // *Arch. Hydrobiol.* 1973. Bd. 7. N 7. P. 808–816.
8. Методы изучения пресноводного зоопланктона. Казань: КГУ, 2002. 31 с.
9. Оксий О.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // *Гидробиол. журн.* 1993. N 29 (4). С. 62–76.
10. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1953. 296 с.
11. Майсснер Р., Рупп Х., Шмидт Г., Бондарович А.А., Щербинин В.В., Понькина Е.В., Мацюра А.В., Рудев Н.В., Кожанов Н.А., Пузанов А.В., Балькин Д.Н. Агроклиматический мониторинг сухой степи Алтайского края // *География и природопользование Сибири.* 2017. N 23. С. 121–139.
12. Опустынивание засушливых земель России: новые аспекты анализа, результаты, проблемы. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2009. 298 с.
13. Парамонов Е.Г., Ишутин Я.Н., Симоненко А.П. Кулундинская степь: проблемы опустынивания. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. 137 с.
14. Смирнова Н.П., Волков И.А., Шнитников А.В. Пульсирующее озеро Чаны. Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1982. 304 с.
15. Долматова Л.А. Особенности химического состава воды рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья // *Мир науки, культуры, образования.* 2011. N 6-1 (31). С. 260–264.
16. Ресурсы поверхностных вод районов освоения ресурсных и залежных земель: Вып. 4: Равнины Алтайского края и южной части Новосибирской области. Л., 1962.
17. Mischke U., Venohr H., Behrendt H. Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers // *International review of hydrobiology.* 2011. Vol. 96. Iss. 5. P. 578–598.
18. Hu. R. et al. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir // *Hydrobiologia.* 2016. V. 763. Iss. 1. P. 109–124.
19. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. Ottawa: National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004. Report N 1–8. 133 p.
20. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
21. Derevenskaya O., Umyarova R. Zooplankton as an indicator of river ecological condition // *International Journal of Pharmacy & Technology.* 2016. V. 8. N 2. P. 14567–14574.
22. Ермолаева Н.И. Зоопланктон // Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь). Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2010. С. 105–123.
23. Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И., Кириллова Т.В., Яныгина Л.В., Долматова Л.А., Котовщиков А.В., Жукова О.Н., Соколова М.И. Сравнительный анализ экосистем разнотипных озёр Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока // *Наука – Алтайскому краю: сборник научных статей.* Вып. 3. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2009. 354 с.

## REFERENCES

1. Cimbalej Yu.M., Andreeva I.V. Taking into account the landscape structure of watersheds in assessing the water balance of water intakes (on the example of the drainless region of the Ob-Irtysh interfluvium). *Izvestiya AO RGO [Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society]*. 2015, no. 1 (36), pp. 23–30. (In Russian)
2. *Arkhhiv klimaticheskikh dannikh. Slavgorod. Altaiskii krai. Rossiiskaya Federatsiya* [Archive of climatic data. Slavgorod. Altai region. Russian Federation]. Available at: <http://climatebase.ru/station/29915/> (accessed 28.10.2021). (In Russian)
3. Vinokurov Yu.I., Cimbalej Yu.M. *Regional'naya landshaftnaya struktura Sibiri* [The Regional Landscape Structure of Siberia]. Barnaul, Altai State University Publ., 2006, 96 p. (In Russian)
4. *Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya munitsipal'nogo obrazovaniya gorod Slavgorod Altaiskogo kraja na period do 2035 goda* [Strategy for the socio-economic development of the municipality of the city of Slavgorod, Altai Territory for the period up to 2035]. Approved by the decision of the Slavgorod City Assembly of Deputies of the Altai Territory dated 29.06.2021, no. 23. (In Russian)
5. Krasnoyarova B.A. *Territorial'naya organizatsiya agrarnogo prirodoopol'zovaniya Altaiskogo kraja* [Territorial organization of agrarian nature management in the Altai Territory]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1999, 161 p. (In Russian)
6. Jeffry S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls "a", "b", "c1" and "c2" in algae, phytoplankton and higher plants. *Physiol. Pflanz*, 1975, vol. 167, no. 2, pp. 191–195.
7. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view. *Arch. Hydrobiol.*, 1973, Bd. 7, no. 7, pp. 808–816.
8. *Metody izucheniya presnovodnogo zooplanktona* [Methods for studying freshwater zooplankton]. Kazan', KGU Publ., 2002, 31 p. (In Russian)
9. Oksiyuk O.P. et al. Integrated ecological classification of land surface water quality. *Gidrobiol. zhurn.*, 1993, no. 29 (4), pp. 62–76. (In Russian)
10. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad, Hydrometeorological Publ., 1953, 296 p. (In Russian)
11. Majssner R., Rupp H., Shmidt G., Bondarovich A.A., Shcherbinin V.V., Pon'kina E.V., Macyura A.V., Rudev N.V., Kozhanov N.A., Puzanov A.V., Balykin D.N. Agroclimatic monitoring of the dry steppe of the Altai Territory. *Geografiya i prirodoopol'zovanie Sibiri* [Geography and Nature Management of Siberia]. 2017, no. 23, pp. 121–139. (In Russian)
12. *Oпустынивание zasushlivykh zemel' Rossii: novye aspekty analiza, rezul'taty, problemy.* [Desertification of arid lands in Russia: new aspects of analysis, results, problems]. Moscow, KMK Association of Scientific Publ., 2009, 298 p. (In Russian)
13. Paramonov E.G., Ishutin Ya.N., Simonenko A.P. *Kulundinskaya step': problemy opustynivaniya* [Kulunda steppe: problems of desertification]. Barnaul, Altai State University Publ., 2003, 137 p. (In Russian)
14. Smirnova N.P., Volkov I.A., Shnitnikov A.V. *Pul'siruyushchee ozero Chany* [Pulsating Chany Lake]. Leningrad, Nauka Publ., 1982, 304 p. (In Russian)
15. Dolmatova L.A. Peculiarities of the chemical composition of river water in the closed region of the Ob-Irtysh interfluvium. *Mir nauki, kul'tury i obrazovaniya* [The world of science,

culture, education]. 2011, no. 6-1 (31), pp. 260–264. (In Russian)

16. *Resursy poverkhnostnykh vod raionov osvoeniya resursnykh i zaleznykh zemel': Vyp. 4: Ravniny Altaiskogo kraya i yuzhnoi chasti Novosibirskoi oblasti* [Resources of surface waters in the areas of development of resource and fallow lands: Issue. 4: Plains of the Altai Territory and the southern part of the Novosibirsk Region]. Leningrad, 1962. (In Russian)
17. Mischke U., Venohr M., Behrendt H. Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers. *International Review of Hydrobiology*. 2011, vol. 96, iss. 5, pp. 578–598.
18. Hu R. et al. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir. *Hydrobiologia*, 2016, vol. 763, iss. 1, pp. 109–124.
19. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. Ottawa, National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004, Report no. 1–8, 133 p.

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени осуществляли сбор научного материала, анализ и интерпретацию результатов исследования, подготовку, написание и корректировку рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других этических проблем.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

20. Krylov A.V. *Zooplankton ravninnykh malykh rek* [Zooplankton of lowland small rivers]. Moscow, Nauka Publ., 2005, 263 p. (In Russian)

21. Derevenskaya O., Umyarova R. Zooplankton as an indicator of river ecological condition. *International Journal of Pharmacy & Technology*, 2016, vol. 8, iss. 2, pp. 14567–14574.
22. Ermolaeva N.I. Zooplankton. In: *Bioraznoobrazie Karasuksko-Burlinskogo regiona (Zapadnaya Sibir')* [Biodiversity of the Karasuksko-Burlinsky region (Western Siberia)]. Novosibirsk, SB RAN Publ., 2010, pp. 105–123. (In Russian)
23. Kirillov V.V., Zarubina E.YU., Bezmaternyh D.M., Ermolaeva N.I., Kirillova T.V., Yanygina L.V., Dolmatova L.A., Kotovshchikov A.V., Zhukova O.N., Sokolova M.I. Comparative analysis of ecosystems of different types of lakes in the Kasmalinskaya and Kulunda valleys of ancient runoff. In: *Nauka Altaiskomu krayu - sbornik nauchnykh statei* [Science – Altai Territory: collection of articles]. Barnaul, AltGTU Publ., 2009, iss. 3, 354 p. (In Russian)

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors equally carried out the collection of scientific material, analysis and interpretation of the results of the study, preparation, writing and correction of the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

#### ORCID

Ирина Д. Рыбкина / Irina D. Rybkina <https://orcid.org/0000-0002-0081-0652>  
Любовь В. Яныгина / Lyubov V. Yanygina <https://orcid.org/0000-0001-6738-2769>  
Михаил С. Губарев / Mihail S. Gubarev <https://orcid.org/0000-0003-0693-6371>  
Ольга С. Бурмистрова / Olga S. Burmistrova <https://orcid.org/0000-0002-4895-6875>  
Антон В. Котовщikov / Anton V. Kotovshchikov <https://orcid.org/0000-0001-8427-3329>