

УДК 550.42:504.455

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЕР БАСЕЙНА РЕКИ ИРТЫШ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛТАВСКОГО РАЙОНА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

А. Н. Королёв*, С. Б. Ловинецкая

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
(пр. Мира, 5, Омск, Россия, 644080), *korolev66.66@mail.ru

Представлены результаты гидрохимических исследований девяти малых озер, расположенных на территории Полтавского муниципального района Омской области, и оценка их экологического состояния. Исследованные водоемы – это небольшие водные объекты природного происхождения. Отбор проб воды производился однократно в июне–июле 2019 г. В ходе экспедиционных работ и лабораторных исследований использовались физико-химический, морфометрический и математико-статистический методы. Установлено, что вода в исследованных озерах обладает нейтральной и слабощелочной реакцией среды (рН 6,47–8,46). Все водоемы по содержанию катионов и анионов относятся к трем классам (сульфатному, хлоридному, гидрокарбонатному) и трем группам. Минерализация находится в пределах 278,8–1070,0 мг/л. По сумме солей вода исследованных озер относится к пресной. Преобладающим типом жесткости является карбонатная; вода характеризуется как жесткая и умеренно жесткая (3,4–7,4 мг-экв/л). Перманганатная окисляемость вод колеблется в пределах от 10,3 до 22,6 мг О/л, что свидетельствует о загрязнении водоемов легкоокисляемыми органическими и неорганическими веществами. Присутствие значительного количества ионов аммония в воде озер Караката, Колесникова Балка, Мокрое, Ситное, Камышовое свидетельствует о попадании органических загрязнителей (фекальные стоки, органические удобрения и др.) в данные источники. В большинстве озер вода обогащена ионами марганца, что является геохимической особенностью водных объектов данного региона. Содержание Mn в воде оз. Мокрое превышает 10,0 мг/л, что в 100 раз больше ПДК для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и в 1000 раз – ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Ключевые слова: гидрохимия; Омская область; минерализация; жесткость воды; класс воды; тяжелые металлы

Для цитирования: Королёв А. Н., Ловинецкая С. Б. Гидрохимические особенности озер бассейна реки Иртыш на территории Полтавского района Омской области в летний период // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 9. С. 58–71. doi: 10.17076/lim2393

A. N. Korolev*, S. B. Lovinetskaya. HYDROCHEMICAL FEATURES OF LAKES IN THE IRTYSH RIVER CATCHMENT WITHIN THE POLTAVA DISTRICT, OMSK REGION, IN THE SUMMER

*Siberian State Automobile and Road University (SibADI) (5 Mira Ave., 644080 Omsk, Russia), *korolev66.66@mail.ru*

The findings of hydrochemical surveys conducted at nine lakes situated within the Poltavsky Municipal District of the Omsk Region are outlined. The aim was to evaluate the chemical composition of the smaller lakes within the district and determine their ecological status. Water sampling was done only once, in June – July 2019. The lakes are small bodies of water of natural origin. A range of physicochemical, morphometric, and mathematical statistics techniques were applied in the field and in the subsequent laboratory treatments. The water in the sampled lakes had a neutral to slightly alkaline reaction (pH 6.47–8.46). In terms of cation and ion content, the water bodies fall into 3 categories (sulfate, chloride, and bicarbonate) and 3 groups. Total dissolved solids were between 278.8 and 1070.0 mg/L. The water is classified as sweet according to its salt content. Hardness is mostly of the carbonate type, ranging from moderately hard to hard (3.4–7.4 $\mu\text{Eq/L}$). The permanganate index varies from 10.3 to 22.6 mg O/L, indicating contamination with readily oxidizable organic and inorganic substances. Significant concentrations of ammonium ions in lakes Karakata, Kolesnikova Balka, Mokroye, Sitnoye, and Kamyshevoye signal an influx of organic pollutants (fecal sewage, organic fertilizers, etc.) into these water sources. Water in most of the lakes is enriched in manganese ions, consistent with the geochemical characteristics of the aquatic systems in this geographical area. Notably, Mn concentration in Lake Mokroye is over 10.0 mg/L, thus exceeding the maximum permissible concentration (MPC) for household and municipal water use by a factor of 100, and the MPC for fishery water bodies by a factor of 1000.

Keywords: hydrochemistry; Omsk Region; TDS; water hardness; water class; heavy metals

For citation: Korolev A. N., Lovinetskaya S. B. Hydrochemical features of lakes in the Irtysh river catchment within the Poltava District, Omsk Region, in the summer. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 9. P. 58–71. doi: 10.17076/lm2393

Введение

Водоемы играют важную роль: формируют микроклимат территории, поддерживают уровень грунтовых вод, сохраняют флору и фауну. Они имеют комплексное значение, и помимо разнообразных хозяйственных функций важна их природоохранная, эстетическая и рекреационная роль [Макаренко, 2013]. Характеризуясь значительно более низкими темпами водообмена по сравнению с реками, локальные водоемы демонстрируют существенные вариации в химическом составе воды. Эти различия проявляются даже при идентичных климатических и геохимических факторах, обусловленных замедленным перемещением водной массы.

Существующие гидрохимические исследования поверхностных вод часто носят локальный характер и посвящены отдельным водным объектам. В то же время системный мониторинг качества поверхностных вод, как правило,

ориентирован на решение практических задач, таких как контроль загрязнения водоемов, используемых в хозяйственной деятельности, для питьевого водоснабжения и подверженных влиянию сточных вод. Однако гидроресурсы водных объектов, используемых в рекреационных целях, в частности гидроресурсы болот и озер, расположенных на отдельных территориях, до сих пор остаются менее изученными [Фоменко, 2013].

Озера выступают в роли чувствительных индикаторов техногенной нагрузки. Анализ степени загрязнения поверхностных вод озер предоставляет информацию о текущем состоянии экосистемы в контексте хозяйственной деятельности [Агбалян, Шинкарук, 2015]. Кроме того, изучение озер в пределах одного ландшафта дает возможность уделить внимание изменчивости параметров в небольшом географическом масштабе. Любое вмешательство человека нарушает природный баланс в озере, влияя как на живые организмы, так и на неживую среду.

Это влечет за собой ускоренное накопление донных отложений, уменьшение глубины водоемов, их зарастание растительностью и загрязнение [Руфова, Татарина, 2015].

Изучению экологического состояния природных водоисточников на территории Омской области посвящены ряд работ [Баженова и др., 2012; Невенчанная, 2014; Баженова, 2015, 2017; Королев, Тымань, 2017а, б; Кренц, Баженова, 2017; Королев, Лейнвебер, 2018], тем не менее сведений о гидрохимических показателях малых водоемов Омской области недостаточно.

Цель настоящей работы – исследование химического состава вод малых озер на территории Полтавского муниципального района Омской области и оценка их современного экологического состояния.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись 9 водоемов на территории Полтавского муниципального района (МР) Омской области, относящихся к малым озерам лесостепной и степной зон бассейна р. Иртыш (рис.).

Омская область относится к бассейну р. Иртыш. На территории присутствует значительное количество водных источников. Общее число рек превышает 4 тысячи, а озер – 16 тысяч [Есипова и др., 2017; Храмцов и др., 2020]. Особое место среди них занимают реликтовые озера с лечебными грязями, которые признаны природными памятниками [Проблемы...].

На территории Полтавского МР Омской области сосредоточено более 20 водоемов как естественного [Перечень...], так и антропогенного происхождения, часть из которых используются в целях рекреации, а часть в настоящее время не используются, но в будущем могут быть задействованы в рекреационных целях в связи с интенсивным развитием сельского и лечебно-оздоровительного туризма. Особенностью водоемов является образование на их дне минеральных грязей и сапропеля различного состава [Ресурсы..., 1964; Омская..., 2005].

На основании анализа морфометрических характеристик исследованные водоемы были определены как малые озера. Это небольшие водные объекты природного происхождения с площадью водного зеркала от 0,082 до 0,374 км² (8,2–37,4 га), по происхождению либо реликтовые озера древних долин и котловин, либо суффузионно-просадочные озера котловин. Озера располагаются в больших плоских котловинах-блюдцах, зеркало воды в которых окружено узкой полоской солончаков.

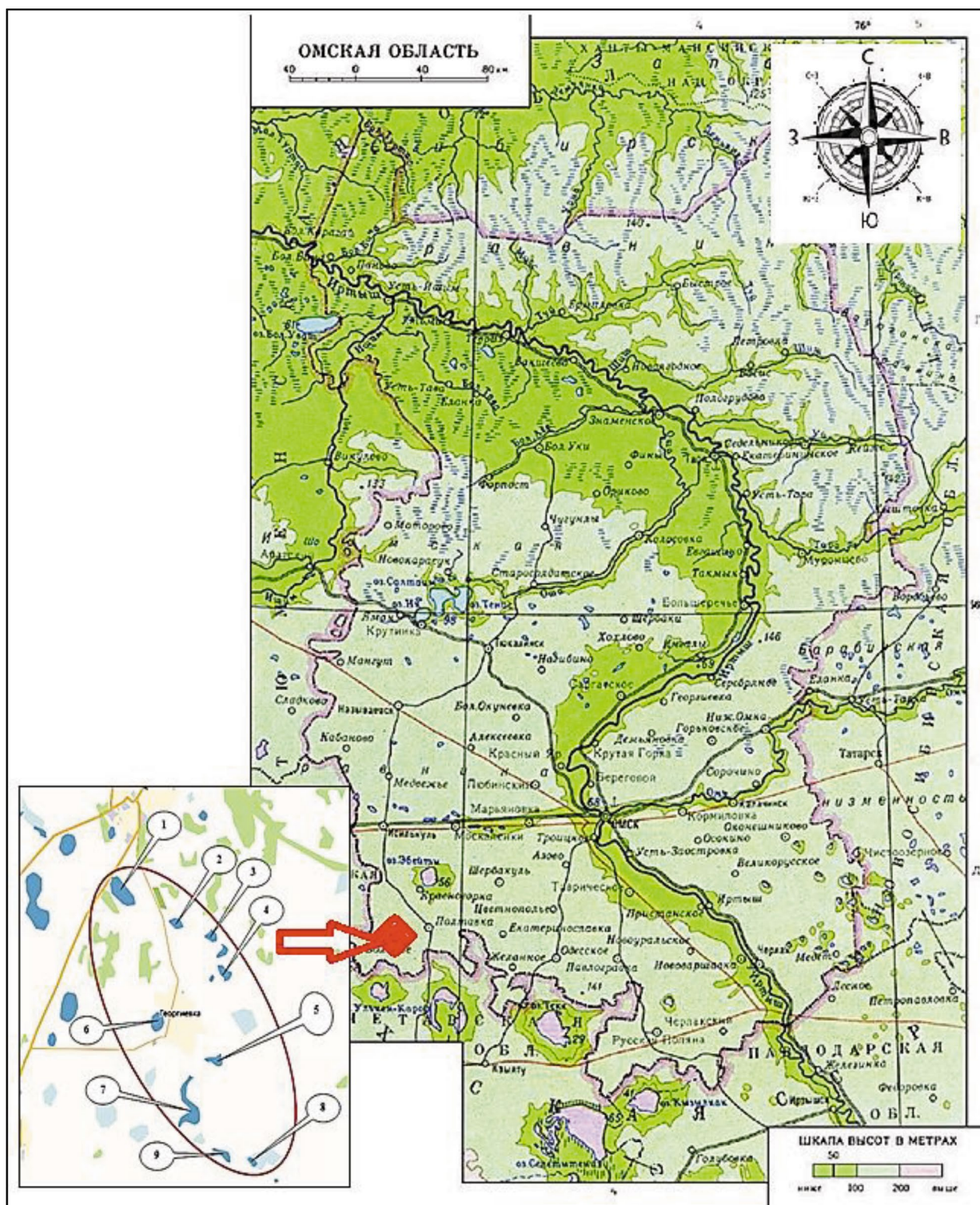
Грунтовые воды находятся на небольшой глубине. Большой частью они имеют высокую минерализацию [Лизунов, 2013]. Характер питания обычно смешанный и представлен как талыми водами и атмосферными осадками, так и осуществляется за счет грунтовых вод. Наличие воды в водоемах круглый год обеспечено особенностями геологического строения территории их расположения. На исследованном участке выявлены следующие водоносные горизонты и комплексы:

- относительно водоупорный средне-верхнемиоценовый горизонт (N_1^{2-1}): развит повсеместно, залегает на глубине примерно 10–30 м, водовмещающие породы – пески с прослоями суглинков, супесей, глин, прослои и линзы песков, алевритов, скопления известково-мергелистых конкреций, отмечаются увеличенные концентрации железа, марганца, нитратов [Зылева и др., 2020];

- относительно водоносные горизонты водораздельных равнин (Ia/Q_{E-III}): занимают небольшой участок на данной территории, залегают на глубине 50–80 м, водовмещающие породы – пески с прослоями суглинков, супесей и глин [Балобаненко, 2018; Экологический..., 2022].

Толстые слои водоупорных глин предотвращают фильтрацию воды в нижние слои. Большинство из исследованных водоемов в настоящее время имеют либо рекреационное назначение, либо используются населением для отдыха, ловли рыбы, несанкционированного выпаса скота. При оценке экологического состояния прибрежных областей исследуемых водоемов установлено, что берега и прибрежные земельные участки вокруг большинства водоемов имеют антропогенное загрязнение (в основном бытовой мусор, представленный ПЭТ-пакетами и бутылками, металлическая тара, бумага, строительные материалы). Краткая характеристика водоемов на территории Полтавского МР Омской области приведена в табл. 1.

Отбор проб воды на химический анализ проводился в соответствии с программой исследования в июне–июле 2019 г. однократно согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 (актуализ. 01.07.2023), ГОСТ 17.1.5.04-81 (актуализ. 01.07.2023), ГОСТ Р 59024-2020. В каждом водоеме ручным методом отобрано по пять точечных проб (четыре – в соответствии со сторонами света на расстоянии 10 м от берега и одна – в центре водоема) в пластиковые бутылки, промытые раствором соляной кислоты (для проб, предназначенных для анализа на содержание тяжелых металлов, – 10% раствором азотной кислоты), которые затем ополаскивались 10–20 раз обычной и 3 раза дистиллированной водой.



Карта-схема исследованных водных объектов, расположенных на территории Полтавского района Омской области:

1 – оз. Караката, 2 – оз. Колесникова Балка, 3 – оз. Бисембаево, 4 – оз. Широкое, 5 – оз. Мужимпаево, 6 – оз. Писарское, 7 – оз. Мокрое, 8 – оз. Ситное, 9 – оз. Камышовое

Schematic map of the studied water bodies located on the territory of the Poltavsky District of the Omsk Region:

1 – Lake Karakata, 2 – Lake Kolesnikova Balka (ravine), 3 – Lake Bisembayev, 4 – Lake Shirokoye, 5 – Lake Muzhimpayev, 6 – Lake Pisarskoye, 7 – Lake Mokroye, 8 – Lake Sitnoye, 9 – Lake Kamyshovoye

Таблица 1. Характеристика водоемов Полтавского МР Омской области

Table 1. Description of the water bodies in the Poltavsky District of the Omsk Region

Наименование озера. Место расположения Lake name. Location	S, км²/га km²/ha	Характер питания Type of water recharge	Назначение Use	Характер загрязнения Type of pollution
Караката Karakata (54.33°N, 71.74°E)	<u>0,374</u> 37,4	смешанный mixed	рекреационное recreational	антропогенный man-induced
Колесникова Балка Kolesnikova Balka (54.32°N, 71.77°E)	<u>0,093</u> 9,3	«	«	«
Бисембаево Bisembaevo (54.31°N, 71.78°E)	<u>0,082</u> 8,2	«	«	«
Широкое, с. Георгиевка Shirokoye, village of Georgievka (54.29°N, 71.80°E)	<u>0,113</u> 11,3	«	не имеет (случайный выпас домашнего скота) no (occasional livestock grazing)	сток с полей, выпас и водопой скота, сточные воды с/х предприятий runoff from fields, livestock grazing and watering, sewage from agricultural enterprises
Мужимпаево, с. Георгиевка Muzhimpaevo, village of Georgievka (54.28°N, 71.79°E)	<u>0,084</u> 8,4	«	«	«
Писарское Pisarskoye (54.27°N, 71.78°E)	<u>0,297</u> 29,7	«	рекреационное recreational	антропогенный (сток с полей) man-induced (runoff from fields)
Мокрое Mokroye (54.26°N, 71.79°E)	<u>0,163</u> 16,3	«	не имеет (случайный выпас домашнего скота) no (occasional livestock grazing)	«
Ситное Sitnoye (54.26°N, 71.81°E)	<u>0,134</u> 13,4	«	рекреационное recreational	«
Камышовое Kamyshovoye (54.29°N, 71.76°E)	<u>0,219</u> 21,9	«	не имеет (случайный выпас домашней птицы) no (occasional poultry grazing)	«

Перед отбором проб воды бутылки обязательно ополаскивались 2–3 раза водой изучаемого озера. Пробы отбирались ручным батометром с одного горизонта (глубина погружения 1,0 м). Образцы объединялись, усреднялись и далее подвергались исследованию. Такой подход позволяет охарактеризовать средние свойства проб. Способы консервации и условия хранения проб для определения физико-химических и химических показателей выполнены в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020.

В аккредитованных лабораториях (Испытательная лаборатория (центр) ООО «МИ-Транс»; Центральная учебно-научная лаборатория аграрно-технологических исследований ФГБОУ ВО Омский ГАУ) проведен физико-химический анализ воды по общепринятым методикам: pH – потенциометрически (ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97),

хлориды – аргентометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:3.96-97), сульфаты – турбидиметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2.159-2000), общее железо – фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой (ПНД Ф 14.1:2:4.50-96), нитрит-ионы – фотометрическим методом с реактивом Грисса (ПНД Ф 14.1:2:43-95), нитрат-ионы – фотометрическим методом с салициловой кислотой (ПНД Ф 14.1:2.4-95), сухой остаток – гравиметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:4.261-10), перманганатная окисляемость – титриметрически (ПНД Ф 14.1:2:4.154-99), жесткость – комплексонометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:3.98-97), валовое содержание тяжелых металлов и микроэлементов – методом ААС с электротермической атомизацией (РД 52.24.377-95, ПНДФ 14.1:2:4.140-98). Результаты сравнивались с ПДК [СанПин 1.2.3685-21;

Приказ..., 2025]. Статистическая обработка данных включала расчет среднего арифметического значения и стандартной ошибки среднего и проводилась с помощью программного обеспечения StatSoft, Inc. (2011) Statistica (data analysis software system), version 10. Полученные в ходе исследования данные легли в основу предварительной оценки текущего состояния водных объектов, определяемого по наличию в них некоторых химических элементов.

Результаты и обсуждение

Согласно химическим исследованиям, вода большинства изученных озер имеет pH в диапазоне 6,47–7,60, что указывает на ее близкую к нейтральной реакцию. И лишь в оз. Караката воду можно отнести к слабощелочной (pH составлял 8,46). При этом содержание основных катионов (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺), микроэлементов (Fe²⁺, Fe³⁺) и анионов (HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻) не превышало ПДК_{ХПВ} и ПДК_{КБВ} (табл. 2). Содержание иона NH₄⁺ в большинстве исследованных водоемов превышало ПДК_{РБХЗ} (исключение – оз. Мужимпаево).

Присутствие значительных количеств ионов аммония (NH₄⁺) в воде озер Караката (1,04 мг/л – 2,08 ПДК_{РБХЗ}), Колесникова Балка (1,18 мг/л – 2,36 ПДК_{РБХЗ}), Мокрое (3,24 мг/л – 2,16 ПДК_{ХПВ, КБВ} и 6,48 ПДК_{РБХЗ}), Ситное (4,8 мг/л – 3,2 ПДК_{ХПВ, КБВ} и 9,6 ПДК_{РБХЗ}), Камышовое (1,26 мг/л – 2,52 ПДК_{РБХЗ})

свидетельствует как об аллохтонном поступлении соединений азота извне (попадание органических загрязнителей – фекальных стоков, органических удобрений и др.), так и об автохтонном образовании ионов аммония непосредственно в самом водоеме. Оба процесса в исследованных водоемах не исключены: 1) практически все водоемы используются для водопоя при несанкционированном выпасе скота (сопровождается попаданием в воду фекалий животных)); 2) в процессе сапропелеобразования, что характерно для водоемов юга Западной Сибири [Мальцев, 2017; Мальцев и др., 2019], в придонных слоях при сильном истощении растворенного кислорода микроорганизмы могут использовать другие акцепторы электронов помимо кислорода. В таких ситуациях конечными продуктами разложения органики могут быть в том числе ионы аммония [Лозовик, 2011].

Вода в водоемах Полтавского МР обогащена анионами SO₄²⁻ и Cl⁻ (табл. 3). Содержание нитрат- и нитрит-ионов (NO₃⁻, NO₂⁻) во всех обследованных водоемах существенно ниже санитарно-гигиенических нормативов [СанПиН 1.2.3685-21; Приказ..., 2025]. Однако высокая концентрация ионов аммония в ряде водоемов при сохранении нормативных показателей содержания нитратов и нитритов является критическим фактором, требующим мониторинга для предотвращения развития неблагоприятных экологических процессов.

Таблица 2. Содержание основных катионов и аммония в водоемах Полтавского муниципального района Омской области, мг/л

Table 2. Content of basic cations and ammonium in the water bodies of the Poltavsky District of the Omsk Region, mg/L

Наименование озера Lake	Катионы / Cations			
	Na ⁺ +K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺
Караката / Karakata	321,7	53,5	20	1,04
Колесникова Балка / Kolesnikova Balka	127,0	43,8	36	1,18
Бисембаево / Bisembaevo	89,6	43,8	32	0,6
Широкое / Shirokoye	73,1	24,3	28	0,84
Мужимпаево / Muzhimpaevo	13,3	31,6	32	0,02
Писарское / Pisarskoye	75,4	34,1	36	0,98
Мокрое / Mokroye	32,5	65,7	40	3,24
Ситное / Sitnoye	38,6	19,5	36	4,8
Камышовое / Kamyshovoye	18,7	41,3	36	1,26
ПДК _{ХПВ} / MPC _{HDW}	Na ⁺ 200 K ⁺ 180	100	200	1,5
ПДК _{КБВ} / MPC _{CDW}				0,5
ПДК _{РБХЗ} / MPC _{FI}	Na ⁺ 120 K ⁺ 50			

Примечание. Здесь и в табл. 3, 5, 6: ПДК_{ХПВ} – хозяйственно-питьевое водопользование, ПДК_{КБВ} – культурно-бытовое водопользование [СанПиН 1.2.3685-21]; ПДК_{РБХЗ} – водные объекты рыбохозяйственного значения в соответствии с [Приказ..., 2025].

Note. Here and in Tables 3, 5, 6: MPC_{HDW} – economic and drinking water use, MPC_{CDW} – cultural and domestic water use after [SanPiN 1.2.3685-21]; MPC_{FI} – water bodies of fishery importance in accordance with Order of the Rosrybolovstvo no. 296 dated 05/26/2025.

Таблица 3. Содержание основных анионов в водоемах Полтавского муниципального района Омской области, мг/л
Table 3. Content of basic anions in the water bodies of the Poltavsky District of the Omsk Region, mg/L

Наименование озера Lake	Анионы / Anions				
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
Караката / Karakata	190,4	176,1	296	12,4	–
Колесникова Балка / Kolesnikova Balka	556,5	764,7	462	13,6	0,02
Бисембаево / Bisembaevo	156,2	96,6	153	8,4	–
Широкое / Shirokoye	332	136,7	199	17,4	–
Мужимпаево / Muzhimpaevo	449,1	378,8	918	15,2	0,02
Писарское / Pisarskoye	136,7	88,4	129	4	0,01
Мокрое / Mokroye	234,3	155,5	454	8,4	–
Ситное / Sitnoye	356,4	888,9	1134	11	0,01
Камышовое / Kamyshovoye	229,4	147	404	5,8	0,01
*ПДК _{ХПВ} / MPC _{HDW}	1000	350	500	45	3,0
ПДК _{КБВ} / MPC _{CDW}		300	100	40	0,08
ПДК _{РБВ} / MPC _{FI}					

Примечание. Здесь и в табл. 6: (–) – не обнаружено.

Note. Here and in Table 6: (–) – not found.

Используя классификацию О. А. Алекина [1970], исследованные водоемы по преобладающим катионам и анионам можно отнести к трем классам (сульфатному, хлоридному, гидрокарбонатному) и к трем группам (натриевая, магниевая и кальциевая). В табл. 4 представлены ионные формулы воды по М. Г. Курлову [Матевосян, 2021]. Данная особенность обусловлена тем, что подстилающие горные породы на территории Полтавского МР Омской области в основном представлены переуплотненными глинами, обогащенными мирабилитом и хлоридами [Общее...].

Минерализация вод исследованных озер находится в пределах 278,8–1070 мг/л. Наибольшей минерализацией обладает вода в оз. Караката (1070 мг/л), наименьшей – вода оз. Мужимпаево (278,8 мг/л). Несмотря на то что минерализация достаточно высокая, она не превышает ПДК_{ХПВ, КБВ} (табл. 5). По сумме солей вода в озерах Бисембаево, Широкое, Мужимпаево, Писарское, Мокрое, Ситное, Камышовое относится к категории пресных природных вод, а вода в озерах Караката, Колесникова Балка – к категории вод с повышенной минерализацией.

Таблица 4. Химический состав воды в водоемах Полтавского муниципального района Омской области (по Курлову)

Table 4. Chemical composition of water in the water bodies of the Poltavsky District of the Omsk Region (according to Kurlov)

Наименование озера Lake	Формула Курлова, %-экв. Kurlov's formula, %-eq.	Класс и группа воды Water class and group
Караката / Karakata	$M_{1,1} \frac{SO_4^{2-} 43 Cl^- 35 HCO_3^- 22}{Na^+ 72 Mg^{2+} 23 Ca^{2+} 5} pH_{7,46}$	сульфатный, натриевая sulfate, sodium
Бисембаево / Bisembaevo	$M_{0,5} \frac{SO_4^{2-} 37 Cl^- 33 HCO_3^- 30}{Na^+ 43 Mg^{2+} 40 Ca^{2+} 17} pH_{7,49}$	
Писарское / Pisarskoye	$M_{0,4} \frac{SO_4^{2-} 36 Cl^- 34 HCO_3^- 30}{Na^+ 41 Mg^{2+} 36 Ca^{2+} 23} pH_{6,82}$	
Мужимпаево / Muzhimpaevo	$M_{0,3} \frac{SO_4^{2-} 51 Cl^- 29 HCO_3^- 20}{Mg^{2+} 54 Ca^{2+} 34 Na^+ 12} pH_{7,3}$	сульфатный, магниевая sulfate, magnesium
Мокрое / Mokroye	$M_{0,5} \frac{SO_4^{2-} 53 Cl^- 25 HCO_3^- 22}{Mg^{2+} 61 Ca^{2+} 23 Na^+ 16} pH_{6,64}$	
Камышовое / Kamyshovoye	$M_{0,3} \frac{SO_4^{2-} 51 Cl^- 26 HCO_3^- 23}{Mg^{2+} 56 Ca^{2+} 30 Na^+ 14} pH_{6,65}$	
Ситное / Sitnoye	$M_{0,3} \frac{Cl^- 46 SO_4^{2-} 43 HCO_3^- 11}{Ca^{2+} 35 Na^+ 33 Mg^{2+} 32} pH_{6,47}$	хлоридный, кальциевая chloride, calcium
Колесникова Балка / Kolesnikova Balka	$M_{0,6} \frac{Cl^- 53 SO_4^{2-} 24 HCO_3^- 23}{Na^+ 51 Mg^{2+} 33 Ca^{2+} 16} pH_{7,6}$	хлоридный, натриевая chloride, sodium
Широкое / Shirokoye	$M_{0,4} \frac{HCO_3^- 41 SO_4^{2-} 30 Cl^- 29}{Na^+ 48 Mg^{2+} 30 Ca^{2+} 22} pH_{7,35}$	гидрокарбонатный, натриевая bicarbonate, sodium

Таблица 5. Гидрохимические показатели водоемов территории Полтавского муниципального района Омской области

Table 5. Hydrochemical indicators of the water bodies in the Poltavsky District of the Omsk Region

Наименование озера Lake	pH	Сухой остаток, мг/л Dry residue, mg/L	Окисляемость перманганатная, мг О/л Oxidizability permanganate, mg O/L	Жесткость, мг-экв/л Hardness, $\mu\text{Eq/L}$	
				общая general	карбонатная carbonate
Караката / Karakata	8,46	1070	19,57	5,4	5,4
Колесникова Балка Kolesnikova Balka	7,60	615,3	20,6	5,4	5,4
Бисембаево / Bisembaevo	7,49	501,9	22,6	5,2	4,72
Широкое / Shirokoye	7,35	372,5	15,45	3,4	2,64
Мужимпаево / Muzhimpaevo	7,3	278,8	12,36	4,2	1,68
Писарское / Pisarskoye	6,82	429,6	12,36	4,6	3,44
Мокрое / Mokroye	6,64	485,2	16,48	7,4	3,2
Ситное / Sitnoye	6,47	300,6	10,3	3,4	2,24
Камышовое / Kamyshevoye	6,65	322,8	13,39	5,2	2,72
ПДК _{ХЛВ} / МРС _{НДВ}	6,8–8,3	1000–1500	5	7	
ПДК _{КБВ} / МРС _{СДВ}			30	10	
ПДК _{РБХЗ} / МРС _Ф	6,5–8,5	не нормируются / they are not standardized			

Перманганатная окисляемость вод находится в пределах от 10,3 мг О/л (оз. Ситное) до 22,6 мг О/л (оз. Бисембаево). Высокий уровень перманганатной окисляемости указывает на загрязнение воды легкоокисляемыми органическими веществами вследствие как антропогенного воздействия (например, сток с полей, выпас и водопой скота), так и естественных процессов (сток с заболоченной водосборной территории, процессы сапротелеобразования). Такие воды пригодны только для хозяйственно-бытовых нужд, поскольку показатель отражает присутствие в воде как органических загрязнителей, так и окисляемых неорганических соединений (соли Fe^{2+} , нитриты, сероводород).

Жесткость, являющаяся ключевым параметром природной воды, обусловлена преимущественно присутствием катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Данные исследований свидетельствуют о том, что вода в большинстве озер относится к категории умеренно жесткой (от 3,4 до 5,4 мг-экв/л) и лишь вода в оз. Мокрое относится к категории жесткой (7,4 мг-экв/л). Преобладающим типом жесткости является карбонатная (табл. 5).

В ходе проведенного исследования обнаружен кадмий (Cd) в воде оз. Караката в количестве 0,3 мкг/л (не превышает ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ}, ПДК_{РБХЗ}), а также в воде оз. Колесникова Балка – 1,2 мкг/л, что превышает ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ} в 1,2 раза. В большинстве озер в следовых количествах (менее 5 мкг/л) обнаружены никель (Ni) и хром (менее 2,5 мкг/л). Лишь в воде оз. Мокрое валовое содержание Cr составило

32 мкг/л, однако данная величина не превышает ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ}, ПДК_{РБХЗ} (табл. 6).

Наиболее неблагоприятная экологическая обстановка в воде исследованных озер складывается по содержанию марганца (Mn). Валовое содержание данного элемента в воде оз. Мокрое составляет более 10 000 мкг/л, что в 100 раз превышает ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ} и в 1000 раз – ПДК_{РБХЗ}. Также существенное превышение ПДК по марганцу установлено в водах озер Колесникова Балка – 422 мкг/л (в 4,2 раза выше ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ} и в 42,2 раза выше ПДК_{РБХЗ}), Ситное – 968 мкг/л (в 9,7 раза выше ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ}), Камышовое – 659 мкг/л (в 6,6 раза выше ПДК_{ХЛВ}, ПДК_{КБВ}).

На сегодняшний день в официальных источниках нет достоверных сведений об аномальных зонах в почвах и подстилающих горных породах региона, содержащих значительные количества марганца. Также на территории отсутствуют техногенные источники поступления марганца в объекты окружающей среды. Поэтому характер кумулятивного накопления элемента можно обосновать следующими причинами. На основании сведений о гидрогеологической изученности известно, что территория Павлоградского МР в гидрогеологическом отношении приурочена к толще мезозойско-кайнозойских отложений (верхнемеловой-миоценовый водоносный комплекс), характеризующихся залеганием соленых вод с высокой минерализацией и увеличенной концентрацией железа, марганца, нитратов [Зылева и др., 2020]. Этим может быть обусловлен радиальный тип миграции марганца в результате

Таблица 6. Валовое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в водоемах Полтавского муниципального района Омской области, мкг/л

Table 6. Gross content of heavy metals and trace elements in the water bodies of the Poltavsky District of the Omsk Region, mcg/L

Наименование озера Lake	Элементы / Elements							
	Pb	Cd	Cu	Ni	Cr	Mn	Fe ²⁺	Fe ³⁺
Караката / Karakata	–	0,3 ± 0,1	–	< 5,0	< 2,5	7,0 ± 1,0	–	–
Колесникова Балка Kolesnikova Balka	–	1,2 ± 0,2	–	5,5 ± 0,2	< 2,5	422 ± 68	100	100
Бисембаево / Bisembaevo	–	–	–	1,5 ± 0,3	< 2,5	7 ± 1	–	–
Широкое / Shirokoye	–	–	–	< 5,0	< 2,5	3 ± 1	40	60
Мужимпаево / Muzhimpaevo	–	–	–	< 5,0	< 2,5	10 ± 2	–	–
Писарское / Pisarskoye	–	–	–	< 5	< 2,5	17 ± 3	–	–
Мокрое / Mokroye	–	–	–	< 5	32 ± 6,4	>10000	100	100
Ситное / Sitnoye	–	–	–	< 5	< 2,5	968 ± 155	–	–
Камышовое / Kamyshovoye	–	–	–	< 5	< 2,5	659 ± 105	–	–
ПДК _{ХПВ} , ПДК _{КБВ} МРС _{НДВ} , МРС _{СДВ}	10	1	1000	20	50	100	300	
ПДК _{РБХЗ} / МРС _{FI}	6	5	1	10	70/20**	10	100	
Кларк речной воды* Clark of river water*	1	0,2	7	2,5	1	10	40	

Примечание. *Кларк речной воды [Архипов и др., 1990]; **Cr³⁺/Cr⁶⁺.

Note. *Clark of river water [Arkhipov et al., 1990]; **Cr³⁺/Cr⁶⁺.

поднятия грунтовых вод (что характерно для региона). Кроме того, сапропели, которыми повсеместно богаты озера Павлоградского МР, относятся к кремнеземистому типу и в своем составе кроме макроэлементов в минеральной компоненте содержат микроэлементы (мг/кг): марганец (117–873), хром (4,03–39,8), никель (9,36–25,6), цинк (23,4–75,4), кадмий (0,20–0,82), молибден (0,29–1,37), кобальт (3,52–13,1), медь (8,36–18,7) и в следовых количествах селен, олово, стронций, иттрий, рубидий, титан, бром, хлор, цезий, бериллий, скандий, свинец, вольфрам [Плаксин и др., 2012]. Накопление сапропелевых отложений является характерной чертой малых озер умеренных широт, в том числе юга Западной Сибири, где физико-географические условия благоприятны для сапропелеобразования [Мальцев, 2017; Мальцев и др., 2019]. При усилении деструкции органического вещества в верхнем слое отложений понижается их pH и растворяется часть карбонатов Mn. При этом Mn (II) поступает в поровый раствор, откуда переходит в воду [Мартынова, 2012].

Изменение окислительно-восстановительного потенциала, pH, солевого состава может оказать влияние на радиальную миграцию марганца в системе «донные отложения – поровый раствор – вода – донные отложения». Установлено, что в зависимости от гидрологического сезона в нем могут преобладать либо

окислительные (Eh > 0), либо восстановительные (Eh < 0) условия, которые определяют форму нахождения металлов [Давыдова и др., 2016]. Окислительные условия в водной экосистеме преобладают в весенний период, когда наблюдается повышенное содержание растворенного кислорода в воде. В летне-осеннее время за счет понижения концентрации растворенного кислорода и его интенсивного расходования на биохимические процессы в поверхностном слое донных отложений могут устанавливаться восстановительные условия. Рядом авторов достоверно установлено, что при повышении pH водной среды до 8,15 в осенний период возрастает миграция и накопление большинства металлов из воды в донные отложения [Коровина и др., 2016]. И напротив, в водных экосистемах с уменьшением pH среды происходит десорбция катионных форм металлов с поверхности твердых частиц взвешенных веществ или донных отложений и поступление их в воду. При pH < 8 даже в случае высоких концентраций Mn его осаждение из раствора происходит крайне медленно и только при участии Mn-окисляющих микроорганизмов [Мартынова, 2012]. Помимо влияния pH на распределение металлов между компонентами в водных экосистемах следует рассматривать влияние гидрокарбонат-ионов природной воды. Последние характеризуют карбонатную жесткость воды.

Согласно [Государственная..., 2008], процессу заболачивания способствует неглубокое залегание плотных неогеновых глин и затрудненный сток поверхностных и грунтовых вод в котловинах мелких озер. Таким образом, можно предположить, что аномально высокое содержание марганца в воде исследованных озер – это следствие эвтрофирования и заморных явлений. Также обогащение сапропеля марганцем может быть связано с растениями-сапропелеобразователями, которые, отмирая, образуют органогенный осадок, обогащая его элементом, накопленным при жизни [Мальцев и др., 2014].

Выводы

Вода в исследованных водоемах на территории Полтавского МР Омской области по соотношению основных катионов и анионов относится к трем классам (сульфатному, хлоридному, гидрокарбонатному) и трем группам (натриевая, магниевая, кальциевая). Минерализация находится в пределах 278,8–1070,0 мг/л. По сумме солей вода водоемов является пресной. Преобладающий тип жесткости – карбонатная; вода в водоемах относится к жесткой и умеренно жесткой (3,4–7,4 мг-экв/л).

Физико-химические показатели воды в исследованных водоемах Полтавского МР Омской области свидетельствуют о серьезном экологическом неблагополучии ряда водных объектов. По показателю перманганатной окисляемости по Кубелю вода во всех озерах является загрязненной (10,3–22,6 мг О/л) вследствие как антропогенного воздействия (например, сток с полей, выпас и водопой скота), так и естественных процессов (сток с заболоченной водосборной территории, процессы сапропелеобразования). Присутствие значительных количеств ионов аммония в воде озер Караката, Колесникова Балка, Мокрое, Ситное, Камышовое свидетельствует как об аллохтонном поступлении соединений азота извне (попадание органических загрязнителей (фекальные стоки, органические удобрения и др.)), так и об автохтонном образовании ионов аммония непосредственно в самом водоеме в процессе сапропелеобразования, что характерно для водоемов юга Западной Сибири. Необходимо уделить особое внимание водоемам, в которых зафиксировано повышенное содержание ионов аммония на фоне стабильных показателей NO_3^- и NO_2^- . Данная ситуация требует принятия превентивных мер во избежание негативных последствий для экосистемы.

Наиболее неблагоприятная экологическая обстановка складывается по содержанию в водах исследованных озер марганца. Валовое содержание марганца в воде оз. Мокрое – более 10,0 мг/л, что в 100 раз превышает $\text{ПДК}_{\text{ХПВ}}$ и $\text{ПДК}_{\text{КБВ}}$ и в 1000 раз $\text{ПДК}_{\text{РБХЗ}}$. Также существенное превышение ПДК по марганцу установлено в водах озер Колесникова Балка, Ситное, Камышовое. Аномально высокое содержание марганца в воде исследованных озер, вероятнее всего, обусловлено несколькими процессами: 1) эвтрофирование и заморные явления, включая процессы сапропелеобразования; 2) радиальная миграция марганца в системе «донные отложения – поровый раствор – вода – донные отложения» в результате сезонных изменений окислительно-восстановительных условий, pH; 3) поднятие солоноватых грунтовых вод с высокой минерализацией и увеличенной концентрацией железа, марганца, нитратов.

Присутствие в воде озера Колесникова Балка кадмия в количестве 0,0012 мг/л ($1,2 \text{ ПДК}_{\text{ХПВ, КБВ}}$) может быть обусловлено, как и в случае марганца, радиальной миграцией элемента в системе «донные отложения – поровый раствор – вода» в результате сезонных изменений окислительно-восстановительных условий, pH.

Литература

- Агбалян Е. В., Шинкарук Е. В. Гидрохимические показатели качества природных вод малых озер бассейна реки Надым // Успехи современного естествознания. 2015. № 11-2. С. 186–190.
- Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 446 с.
- Архипов А. Я., Бугров В. А., Воробьев С. А., Гершман Д. М., Григорян С. В., Киятовский Е. М., Матвеев А. А., Миляев С. А., Николаев В. А., Перельман А. И., Соловов А. П., Шваров Ю. В., Юфа Б. Я., Ярошевский А. А. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / Ред. А. П. Соловов. М.: Недра, 1990. 335 с.
- Баженова О. П. Оценка экологического состояния озера Ленево (Омская обл.) // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskogo-sostoyaniya-ozera-lenevo-omskaya-obl> (дата обращения: 02.05.2025).
- Баженова О. П. Фитопланктон и экологическое состояние озер лесной зоны Омского Прииртышья // Сибирский экологический журнал. 2017. Т. 24, № 3. С. 276–286. doi: 10.15372/SEJ20170305
- Баженова О. П., Герман Л. В., Кренц О. О., Шаховал В. Е., Вахрушев А. А. Экологическое состояние и рекреационная ценность разнотипных озер Омской области // Омский научный вестник. 2012. № 1(108). С. 213–216.
- Балобаненко А. А. Геохимические особенности подземных вод хозяйственно-питьевого назначения

юга Западно-Сибирского артезианского бассейна: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск, 2018. 297 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 [Электронный ресурс]. Объяснительная записка. Серия Западно-Сибирская, подсерия Омско-Кулундинская. Лист N-42-XVIII (Полтавка) / ООО «Омская геологоразведочная экспедиция». Омск, 2008. 117 с. URL: <https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/n-42-xviii-poltavka-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rf-izdanie-vtoro.pdf> (дата обращения: 04.06.2026).

Давыдова О. А., Коровина Е. В., Ваганова Е. С., Гусева И. Т., Красун Б. А., Исаева М. А., Марцева Т. Ю., Мулюкова В. В., Климов Е. С., Бузаева М. В. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах // Вестник ЮУрГУ. Сер. Химия. 2016. Т. 8, № 2. С. 40–50. doi: 10.14529/chem160205

Есипова С. А., Смагулов Б. К., Кулагина Е. В., Мезенцева О. В., Карасев И. Е. География Омской области [Эл. изд.]. Омск: ОмГТУ, 2017. 103 с. URL: <https://rucont.ru/efd/664464> (дата обращения: 10.06.2026).

Зылева Л. И., Коркунов К. В., Козырев В. Е. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Западно-Сибирская. Лист N-43 – Омск. Объяснительная записка / Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», ООО «ГЕОТЭКС». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2020. 172 с.

Коровина Е. В., Марцева Т. Ю., Мулюкова В. В., Исаева М. А., Гусева И. Т. Физико-химические аспекты миграции тяжелых металлов и нефтепродуктов в системе вода – донные отложения // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 15–4. С. 8–10. doi: 10.18411/ij2016-6-4-03

Королев А. Н., Лейнвебер К. Ю. Сезонная динамика гидрохимических показателей озера Тенис Омской области // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: Мат-лы III Междунар. школы-семинара молодых исследователей / Под ред. В. А. Боева, А. И. Сысо, В. Ю. Хорошавина (Тюмень, 23–28 апреля 2018 г.). Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2018. С. 172–175.

Королев А. Н., Тымань М. А. Влияния солевого состава озер Камышловского лога на химический состав прилегающих почв Марьяновского района Омской области // Всемирный день охраны окружающей среды (Экологические чтения-2017): Мат-лы междунар. науч.-практ. конференции (Омск, 3–5 июня 2017 г.). Омск: ЛИТЕРА, 2017. С. 161–165.

Королев А. Н., Тымань М. А. Озерно-почвенный комплекс Камышловского лога как элементарная ландшафтно-геохимическая система // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: Мат-лы XII Междунар. ландшафтной конференции (Тюмень-Тобольск, 22–25 августа 2017 г.), в 3 т. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2017. С. 290–294.

Кренц О. О., Баженова О. П. Фитопланктон и современное экологическое состояние озера Ик (Омская область) // Тобольск научный – 2017: Мат-лы XVI Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ.

конференции (Тобольск, 16–17 ноября 2017 г.). Тобольск: Аксиома, 2017. С. 108–111.

Лизунов В. В. Географическое положение и природные ресурсы Омской области // Бюллетень ЭКО-КУЛЬТ. Сетевое издание по вопросам экологической культуры. 2013. URL: https://omskmark.moy.su/publ/bulletin_ecocult/ecopolicy_state/2013_lizunov_v_v_natural_resources_omsk_oblast_review_1/58-1-0-702 (дата обращения: 02.06.2026).

Лозовик П. А., Рыжаков А. В., Сабылина А. В. Процессы трансформации, круговорота и образования веществ в природных водах // Труды Карельского научного центра РАН. 2011. № 4. С. 21–28.

Макаренко Е. П. Рекреационно-экологическая оценка водных объектов (на примере Томского района) // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 375. С. 179–182.

Мальцев А. Е. Геохимия голоценовых разрезов сапропелей малых озер юга Западной Сибири и Восточного Прибайкалья: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2017. 23 с.

Мальцев А. Е., Леонова Г. А., Бобров В. А., Кривоногов С. К. Геохимические особенности голоценового разреза сапропеля озера Минзелинское (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325, № 1. С. 83–93.

Мальцев А. Е., Леонова Г. А., Бобров В. А., Кривоногов С. К. Геохимия сапропелей голоценовых разрезов из малых озер юга Западной Сибири и Восточного Прибайкалья / Институт геологии и минералогии СО РАН; науч. ред. В. А. Бычинский, Л. М. Кондратьева. Новосибирск: ГЕО, 2019. 443 с.

Мартынова М. В. Формы нахождения марганца, их содержание и трансформация в пресноводных отложениях (аналитический обзор) // Экологическая химия. 2012. Т. 21(1). С. 38–52.

Матевосян А. К. Дополнительные информативные параметры к формуле Курлова // Гидрогеохимия. НАН Армении. 2021. Т. 121, № 3. С. 208–218.

Невенчанная Н. М. Влияние солевого состава озер на почвенный покров территории Камышловского лога Омской области // Молодой ученый. 2014. № 7. С. 258–262.

Общее состояние минерально-сырьевых ресурсов (полезных ископаемых) Омской области на 01 января 2011 года [Электронный ресурс]. URL: <https://web.archive.org/web/20111126210930/http://omsktfti.ru/mineralno-sirevieresursi.html> (дата обращения: 04.03.2025).

Омская область / Сост. А. Юдин; вед. ред. К. Ско-робогатько. М.: Авангард, 2005. 176 с.

Перечень озер, расположенных на территории Омской области // Федеральное агентство по недропользованию. Омский филиал ФБУ «ТФГИ по Сибирскому федеральному округу» [Электронный ресурс]. URL: https://omsktfti.ru/?option=com_content&view=article&id=58:voda4&catid=102&Itemid=351 (дата обращения: 04.03.2025).

Плаксин Г. В., Чернышев А. К., Зайнчковский В. И., Левицкий В. А., Кривонос О. И., Скачков Д. В. Использование сапропелей и продуктов их переработки в различных отраслях экономики // Болота и биосфера: Мат-лы VIII Всерос. с междунар. участием

науч. школы (10–15 сентября 2012 г.). Томск, 2012. С. 104–108.

Приказ Росрыболовства Минсельхоза Российской Федерации от 26.05.2025 г. N 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1312976080> (дата обращения: 04.06.2026).

Проблемы экологии Омской области [Электронный ресурс]. URL: <http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/problemy-ekologii-omskoj-oblasti/> (дата обращения: 15.05.2025).

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 3. Нижний Иртыш и Нижняя Обь / Под ред. Г. Д. Эйрих. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 432 с.

Руфова А. А., Татаринова А. В. Антропогенное влияние на гидрохимическое и гидробиологическое состояние поверхностных вод северных городов (на примере г. Якутска) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 535. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20468> (дата обращения: 04.03.2025).

СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача России от 28.01.2021. URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/486051/modid/97> (дата обращения: 07.04.2025).

Храмцов И. Ф., Бойко В. С., Юшкевич Л. В., Воронкова Н. А., Тимохин А. Ю., Балабанова Н. Ф., Чибис В. В., Ледовский Е. Н., Доронин В. Г., Мансапова А. И., Поползухин П. В., Николаев П. Н., Белан И. А., Василевский В. Д., Чекусов М. С., Кем А. А., Бушухина Л. Л. Система адаптивного земледелия Омской области / ФГБНУ «Омский АНЦ». Омск: ИП Макшеевой Е. А., 2020. 522 с.

Фоменко А. И. Региональная специфика озерных вод // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-1. С. 90–94.

Экологический паспорт Омской области / Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.archive.org/web/20200822060309/http://oldmpr.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/pravaya-kolonka/ecopasport.html> (дата обращения: 29.05.2026).

References

Agbalyan E. V., Shinkaruk E. V. Hydrochemical indicators of water quality in small lakes of the Nadym River basin. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*. 2015;11-2: 186–190. (In Russ.)

Alekin O. A. Fundamentals of hydrochemistry. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1970. 446 p. (In Russ.)

Arkhipov A. Ya., Bugrov V. A., Vorob'ev S. A., Gershtman D. M., Grigoryan S. V., Kiyatovskii E. M., Mat-

veev A. A., Milyaev S. A., Nikolaev V. A., Perel'man A. I., Solovov A. P., Shvarov Yu. V., Yufa B. Ya., Yaroshevskii A. A. Handbook of geochemical prospecting for minerals. Moscow: Nedra; 1990. 335 p. (In Russ.)

Balobanenko A. A. Geochemical features of groundwater for economic and drinking purposes in the south of the West Siberian Artesian basin: PhD (Cand. of Geol.-Miner.) thesis. Tomsk; 2018. 297 p. (In Russ.)

Bazhenova O. P. Assessment of the ecological state of Lake Lenyovo (Omsk Region). *Ehlektroni nauchno-metodicheskii zhurnal Omskogo GAU = Electronic Scientific and Methodological Journal of Omsk SAU*. 2015;2. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskogo-sostoyaniya-ozera-lenevo-omskaya-obl> (accessed: 02.05.2025).

Bazhenova O. P. Phytoplankton and ecological status of forest lakes in the Omsk Priirtyshye. *Contemporary Problems of Ecology*. 2017;10(3):240–249. doi: 10.1134/S1995425517030027

Bazhenova O. P., German L. V., Krents O. O., Shakhovai V. E., Vakhrushev A. A. Ecological state and recreational value of polytypic lakes in the Omsk Region. *Omskii nauchnyi vestnik = Omsk Scientific Bulletin*. 2012;1(108):213–216. (In Russ.)

Davydova O. A., Korovina E. V., Vaganova E. S., Guseva I. T., Krasun B. A., Isaeva M. A., Martseva T. Yu., Mulyukova V. V., Klimov E. S., Buzaeva M. V. Physical-chemistry aspects of migratory processes of heavy metals in natural aqueous systems. *Vestnik YuUrGU. Ser. Khimiya = Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2016;8(2):40–50. (In Russ.). doi: 10.14529/chem160205

Eirikh G. D. (ed.). Surface water resources of the USSR: Hydrological study. Vol. 15. Altai and Western Siberia. Iss. 3. Nizhnii Irtysh and Nizhnyaya Ob. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1964. 432 p. (In Russ.)

Environmental passport of the Omsk Region. *Ministerstvo prirodnikh resursov i ehkologii Omskoi oblasti = Ministry of Natural Resources and Ecology of the Omsk Region*. (In Russ.). URL: <https://web.archive.org/web/20200822060309/http://oldmpr.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/pravaya-kolonka/ecopasport.html> (accessed: 29.05.2026).

Environmental problems of the Omsk Region. (In Russ.). URL: <http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/problemy-ekologii-omskoj-oblasti/> (accessed: 15.05.2025).

Esipova S. A., Smagulov B. K., Kulagina E. V., Mezentseva O. V., Karasev I. E. Geography of the Omsk Region [Electronic edition]. Omsk: OmSTU; 2017. 103 p. (In Russ.). URL: <https://rucont.ru/efd/664464> (accessed: 10.06.2026).

Fomenko A. I. Regional features of lake waters. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Studies*. 2013;10-1:90–94. (In Russ.)

Khrantsov I. F., Boiko V. S., Yushkevich L. V., Voronkova N. A., Timokhin A. Yu., Balabanova N. F., Chibis V. V., Ledovskii E. N., Doronin V. G., Mansapova A. I., Popolzukhin P. V., Nikolaev P. N., Belan I. A., Vasilevskii V. D., Chekusov M. S., Kем A. A., Bushukhina L. L. The system of adaptive agriculture in the

Omsk Region. Omsk: IP Maksheeva E. A.; 2020. 522 p. (In Russ.)

Korolev A. N., Leinveber K. Yu. Seasonal dynamics of hydrochemical parameters of Lake Tenis in the Omsk Region. *Biogeokhimiya khimicheskikh ehlementov i soedinenii v prirodnykh sredakh: Mat-ly III Mezhdunar. shkoly-seminara molodykh issledovatelei* (Tyumen', 23–28 aprelya 2018 g.) = *Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments: Proceed. of the III Int. school-seminar for young researchers* (Tyumen, April 23–28, 2018). Tyumen': TyumGU; 2018. P. 172–175. (In Russ.)

Korolev A. N., Tyman' M. A. Impact of the salt composition of lakes of the Kamyshlovsky Log on the chemical composition of the adjacent soils of the Maryanovsk District of the Omsk Region. *Vsemirnyi den' okhrany okruzhayushchei sredy (Ehkologicheskoe chteniya-2017): Mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konferentsii* (Omsk, 3–5 iyunya 2017 g.) = *World Environment Day (Environmental readings – 2017): Proceed. of the int. scientific and practical conf.* (Omsk, June 3–5, 2017). Omsk: LITERA; 2017. P. 161–165. (In Russ.)

Korolev A. N., Tyman' M. A. Lake-soil complex of the Kamyshlovsky Log as an elementary landscape-geochemical system. *Landshaftovedenie: teoriya, metody, landshaftno-ehkologicheskoe obespechenie prirodnopol'zovaniya i ustoychivogo razvitiya-2017: Mat-ly XII Mezhdunar. landshaftnoi konferentsii* (Tyumen'-Tobol'sk, 22–25 avgusta 2017 g.) = *Landscape science: theory, methods, and landscape-ecological support for nature management and sustainable development: Proceed. of the XII int. landscape conf.* (Tyumen–Tobolsk, August 22–25, 2017). Tyumen': TyumGU; 2017. P. 290–294. (In Russ.)

Korovina E. V., Martseva T. Yu., Mulyukova V. V., Isaeva M. A., Guseva I. T. Physical and chemical aspects of migration of heavy metals and oil products in the water – bottom sediment system. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya = Trends in the Development of Science and Education*. 2016;15(4):8–10. (In Russ.). doi: 10.18411/lj2016-6-4-03

Krents O. O., Bazhenova O. P. Phytoplankton and the current ecological state of Lake Ik (Omsk Region). *Tobol'sk nauchnyi – 2017: Mat-ly XVI Vseros. (s mezhdunar. uchastiem) nauch.-prakt. konferentsii* (Tobol'sk, 16–17 noyabrya 2017 g.) = *Scientific Tobolsk – 2017: Proceed. of the XVI All-Russ. scientific and practical conf. (with int. part.)* (Tobolsk, Nov. 16–17, 2017). Tobol'sk: Aksioma; 2017. P. 108–111. (In Russ.)

List of lakes located in the Omsk Region. *Federal'noe agentstvo po nedropol'zovaniyu. Omskii filial FBU «TFGI po Sibirskomu federal'nomu okrugu» = Federal Agency for Subsoil Use. Omsk Branch of the FBI Territorial Fund of Geological Information for the Siberian Federal District*. (In Russ.). URL: https://omsktfti.ru/?option=com_content&view=article&id=58:voda4&catid=102&Itemid=351 (accessed: 04.03.2025).

Lizunov V. V. Geographical location and natural resources of the Omsk Region. *Byulleten' EhKOKUL'T. Setevoe izdanie po voprosam ehkologicheskoi kul'tury = Bulletin of Ecocult. Online journal on environmental culture*. 2013. (In Russ.). URL: https://omskmark.moy.su/publ/bulletin_ecocult/ecopolicy_state/2013_

[lizunov_v_v_natural_resources_omsk_oblast_review_1/58-1-0-702](#) (accessed: 02.06.2026).

Lozovik P. A., Ryzhakov A. V., Sabylina A. V. Processes of transformation, circulation and formation of substances in natural waters. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2011;4:21–28. (In Russ.)

Makarenko E. P. Recreational and ecological assessment of water bodies (using the example of the Tomsk Region). *Vestnik Tomskogo gos. universiteta = Tomsk State University Journal*. 2013;375:179–182. (In Russ.)

Mal'tsev A. E. Geochemistry of Holocene sections of sapropels of small lakes in the South of Western Siberia and Eastern Baikal region: DSc (Cand. of Geol.-Min.) thesis. Novosibirsk; 2017. 23 p. (In Russ.)

Mal'tsev A. E., Leonova G. A., Bobrov V. A., Krivonogov S. K. Geochemical features of the Holocene sapropel section of Lake Minzelinskoye (Western Siberia). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Tomsk Polytechnic University*. 2014;325(1):83–93. (In Russ.)

Mal'tsev A. E., Leonova G. A., Bobrov V. A., Krivonogov S. K. Geochemistry of the Holocene sapropels from small lakes of the southern Western Siberia and eastern Baikal regions. Novosibirsk: GEO; 2019. 443 p. (In Russ.)

Martynova M. V. Manganese forms, their contents, and transformation in freshwater sediments (an analytical review). *Ekologicheskaya khimiya = Environmental Chemistry*. 2012;21(1):38–52. (In Russ.)

Matevosyan A. K. Additional informative parameters to Kurlov's formula. *Gidrogeokhimiya. NAN Armenii = Hydrogeochemistry. NAS of Armenia*. 2021;121(3):208–218. (In Russ.)

Nevenchannaya N. M. The influence of the salt composition of lakes on the soil cover of the Kamyshlovsky Log in the Omsk Region. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*. 2014;7:258–262. (In Russ.)

Order No. 296 of the Federal Agency for Fishery (Rosrybolovstvo) of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated May 26, 2025 'On approval of water quality standards for water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of pollutants in the waters of water bodies of fisheries significance'. (In Russ.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1312976080> (accessed: 04.06.2026).

Overall state of mineral resources (mineral deposits) in the Omsk Region as of January 1, 2011. (In Russ.). URL: <https://web.archive.org/web/20111126210930/http://omsktfti.ru/mineralno-sirevieresursi.html> (accessed: 04.03.2025).

Plaksin G. V., Chernyshev A. K., Zainchkovskii V. I., Levitskii V. A., Krivonos O. I., Skachkov D. V. The use of sapropels and their processed products in various sectors of the economy. *Bolota i biosfera: Mat-ly VIII Vseros. s mezhdunar. uchastiem nauch. shkoly* (10–15 sentyabrya 2012 g.) = *Swamps and the biosphere: Proceed. of the VIII All-Russ. scientific school with int. part. (Sept. 10–15, 2012)*. Tomsk; 2012. P. 104–108. (In Russ.)

Rufova A. A., Tatarinova A. V. Anthropogenic impact on the hydrochemical and hydrobiological state of surface waters of northern cities (on the example

of Yakutsk). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = *Modern Problems of Science and Education*. 2015;4:535. (In Russ.). URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20468> (accessed: 04.03.2025).

SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and/or harmlessness of environmental factors for humans. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of Russia dated January 28, 2021. (In Russ.). URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/486051/modid/97> (accessed: 07.04.2025).

State Geological Map of the Russian Federation, scale of 1:200,000 [website]. An explanatory note.

The West Siberian series, the Omsko-Kulundinskaya sub-series. Sheet N-42-XVIII (Poltavka). Omsk; 2008. 117 p. (In Russ.). URL: <https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/n-42-xviii-poltavka-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rf-izdanie-vtoro.pdf> (accessed: 04.06.2026).

Yudin A. (comp.), Skorobogat'ko K. (ed.). Omsk Region. Moscow: Avangard; 2005. 176 p. (In Russ.)

Zyleva L. I., Korkunov K. V., Kozyrev V. E. et al. The State Geological Map of the Russian Federation on a scale of 1:1,000,000. The 3rd generation. The West Siberian series. Sheet N-43 – Omsk. An explanatory note. St. Petersburg: VSEGEI; 2020. 172 p. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 27.04.2026; принята к публикации / accepted: 07.08.2026.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Королёв Александр Николаевич

канд. биол. наук, доцент кафедры «Техносферная и экологическая безопасность»

e-mail: korolev66.66@mail.ru

Ловинецкая Светлана Борисовна

канд. биол. наук, доцент кафедры «Техносферная и экологическая безопасность»

e-mail: s.lovinetskaya@yandex.ru

CONTRIBUTORS:

Korolev, Alexander

Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor

Lovinetskaya, Svetlana

Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor