

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ/ANALYTICAL CHEMISTRY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.71>

ВЕСЕННИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭВТРОФИЦИРОВАННОГО ВОДОЕМА НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КАПУСТИХА МУРАВЬЕВСКОГО ПАРКА УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОПРОСВЕЩЕНИЯ

Научная статья

Чагарова О.В.<sup>1,\*</sup>, Косицына О.А.<sup>2</sup>, Суняйкина Е.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0006-2253-470X;

<sup>2</sup> ORCID : 0009-0000-9712-3231;

<sup>1, 2, 3</sup> Благовещенский государственный педагогический университет, Благовещенск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (olga\_chagarova.bgpu[at]mail.ru)

**Аннотация**

Представлены результаты исследования химического состава воды озера Капустиха парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский. Изучаемый объект находится на территории Муравьевского заказника — объекта Рамсарской конвенции. Физико-химический анализ проб воды проводили в период апрель–май 2025 г. Концентрацию ионов определяли методом капиллярного электрофореза, pH и УЭП потенциометрическим методом. Результаты исследования показали, что озеро загрязнено ионами аммония, нитратами и фосфатами, что свидетельствует об эвтрофикации водоема и весенним пожаром. По данным удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ) индекс качества воды составил 12,29; по содержанию аммония, нитратов и фосфатов вода отнесена к 5-му классу — «Экстремально грязная». Содержание других ионов не превышает предельно допустимую концентрацию.

**Ключевые слова:** поверхность воды, анионы, катионы, озеро Капустиха, Рамсарская конвенция.

SPRING CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF EUTROPHICATED WATER BODIES, ON THE EXAMPLE OF LAKE KAPUSTIKHA IN MURAVYOV PARK FOR SUSTAINABLE NATURE USE AND ENVIRONMENTAL EDUCATION

Research article

Chagarova O.V.<sup>1,\*</sup>, Kositsina O.A.<sup>2</sup>, Sunyaikina Y.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0006-2253-470X;

<sup>2</sup> ORCID : 0009-0000-9712-3231;

<sup>1, 2, 3</sup> Blagoveshchensk State Pedagogical University, Blagoveshchensk, Russian Federation

\* Corresponding author (olga\_chagarova.bgpu[at]mail.ru)

**Abstract**

The results of a study of the chemical composition of the water in Lake Kapustikha in the Muravyevsky Park of Sustainable Nature Use and Environmental Education are presented. The studied object is located in the Muravyevsky Nature Reserve, a Ramsar Convention site. Physical and chemical analysis of water samples was carried out in April–May 2025. The concentration of ions was determined by capillary electrophoresis, and pH and SEC by potentiometric methods. The results of the research showed that the lake is polluted with ammonium ions, nitrates and phosphates, which indicates eutrophication of the reservoir and spring fires. According to the specific combinatorial index of water pollution (SCIWP), the water quality index was 12.29; based on the content of ammonium, nitrates and phosphates, the water was classified as class 5 — ‘Extremely dirty’. The content of other ions does not exceed the maximum permissible concentration.

**Keywords:** surface waters, anions, cations, Lake Kapustikha, Ramsar Convention.

**Введение**

Водно-болотные экосистемы выступают в роли буферов на пути миграции поллютантов из воздушной и водной сред [1], эффективно накапливают тяжёлые металлы, поэтому вопросы сохранения водно-болотных экосистем являются актуальными.

Научный интерес представляют водно-болотные угодья Муравьевского парка устойчивого природопользования и экопросвещения расположенные в пойме реки Амур не только своим трансграничным положением, но и местом гнездования краснокнижных птиц. Парк располагается в южной части Зейско-Буреинской равнины, охраняемой Рамсарской конвенцией, в 100 км ниже по течению реки Амур от устья реки Зея, в междуречье рек Амур, Гильчин и Аргузиха [2], [3].

Муравьевский парк устойчивого природопользования и экопросвещения (Амурская область, Тамбовский муниципальный округ) — первая в России особо используемая природная территория, основанная в 1996 году с целью комплексного решения важных экологических задач: защиты естественной среды обитания представителей флоры и фауны, находящихся под угрозой исчезновения, развития системы экологического образования населения и внедрения рациональных методов использования природных ресурсов.

Территория парка включает в себя пахотные земли и участки влажной поймы реки Амур с преобладанием заболоченных участков, кочкарных, осоковых и тростниковых болот. На территории парка расположено множество старичных озер, среди которых особенно выделяется Капустиха. Озеро является кормовой базой для многих

краснокнижных птиц, поэтому изучение химизма процессов эвтрофикации водоема является важным для сохранения численности обитателей природного парка [4], [5].

Целью настоящей работы является исследование химического состава воды озера Капустиха в весенний период.

### **Методы и принципы исследования**

Озеро Капустиха, расположенное в зоне центральной усадьбы парка, со всех сторон окружено зарослями камыша. По классификации Иванова (1948), озеро относится к группе очень малых озер, имея площадь 0,089 км<sup>2</sup>.

Отбор проб воды проводили в весенний период 2025 года при помощи пробоотборника и обрабатывали по общепринятым методикам (ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб») [6]. Пробы отбирали в полимерные емкости и направляли на анализ.

Физико-химические показатели озерной воды определяли в эколого-химической лаборатории «Благовещенского государственного педагогического университета» по следующим методикам:

- методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 205» катионный состав по ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 [7], анионный состав по ПНД Ф 14.1:2:3:4.282-18 [8];
- водородный показатель по РД 52.24.495-2017 [9];
- УКИЗВ рассчитывали по РД 52.24.643-2002 [10].

### **Основные результаты**

Интенсивность процессов эвтрофикации зависит от многих факторов, прежде всего, от интенсивности хозяйственной деятельности человека. Озеро Капустиха можно рассматривать в качестве эталона, т.к. оно расположено на значительном удалении от земель сельхозназначения.

Для оценки химико-экологического состояния вод изучали концентрации катионов и анионов, величину pH и УЭП. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты определения основных показателей качества поверхностных вод озера Капустиха в весенний период 2025

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.71.1>

Параметр	Апрель	Май	ПДК*
pH	5,7	6,1	6,5-8,5
УЭП	150	217	-
<i>Анионы, мг/дм<sup>3</sup></i>			
Cl <sup>-</sup>	0,184	2,583	0,50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,241	0,000	0,08
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,109	2,699	100,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14,780	0,000	9,00
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,019	0,906	0,20
<i>Катионы, мг/дм<sup>3</sup></i>			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,000	1,826	0,50
K <sup>+</sup>	0,000	0,000	50,00
Na <sup>+</sup>	3,302	0,000	120,00
Li <sup>+</sup>	0,000	0,000	0,08
Mg <sup>2+</sup>	0,000	3,015	40,00
Ba <sup>2+</sup>	0,513	0,000	0,74
Ca <sup>2+</sup>	0,598	8,162	180,00

Примечание: \* – согласно приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года № 552

### **Обсуждение**

Весной на территории парка произошел крупный пожар, который уничтожил не только растительность, но и животных. Пожары, вызывая повреждение и гибель насаждений, приводят к изменению биотического баланса, усиливая разложение органического вещества вследствие трансформации влажности и температурного режима [11]. С поверхности почвы на гарях смываются продукты горения, при этом снижается мощность плодородного слоя, в водную среду в видезвесей выносятся растворенные вещества и твердые почвенные частицы, ухудшая качество воды вследствие химического и бактериологического загрязнения [12].

К приоритетным критериям качества воды, связанным с лесными пирогенными факторами, относятся: водородный показатель – величина pH, минерализация, содержание ионов кальция, магния, калия, сульфатов, аммонийного и нитратного азота, минерального фосфора [13].

Так, в пробах воды нами отмечено значительное повышение содержания хлорид-ионов с 0,184 мг/дм<sup>3</sup> до 2,583 мг/дм<sup>3</sup> во второй декаде мая 2025.

В процессе разрушения ледового покрова и повышения среднесуточных температур понижаются концентрации нитрит- и нитрат ионов.

Максимальное содержание сульфат-ионов выявлено в пробах воды в мае ( $2,699 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ), но не превышающее показателя ПДК ( $100,00 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ).

Значительное увеличение концентрации фосфатов ( $0,019$  и  $0,906 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ) наблюдается в мае 2025, что, вероятно, связано с прошедшими пожарами в пойме и смывами продуктов горения в воду.

Концентрация иона аммония колебалась в пределах  $0,000$ – $1,826 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , с повышением концентрации в мае до  $1,826 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , что, возможно, связано с развитием процессов разложения азотсодержащих веществ в составе донных отложений и смывами продуктов горения в озеро. В некоторых случаях ионы аммония могут образовываться в результате анаэробных процессов восстановления нитратов и нитритов [14].

Поступление ионов калия и натрия в природные воды происходит благодаря процессам выщелачивания и выветривания, антропогенному внесению со сточными водами и удобрениями [15]. Содержание ионов натрия незначительно и не превышает ПДК.

В пробах воды нами не обнаружены катионы лития и стронция. Магний не обнаруживается в пробах воды в апреле, в мае его концентрация не превышает значение ПДК и составляет  $3,015 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

Концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$  колебалась от  $0,598 \text{ мг}/\text{дм}^3$  (апрель) до  $8,162 \text{ мг}/\text{дм}^3$  в мае.

На основе показателя УКИЗВ поверхностные воды в зависимости от степени их загрязненности делятся на 5 классов [16]. Превышение ПДК ионов в воде озера Капустиха выявили по трем показателям ( $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Индекс качества воды озера Капустиха по УКИЗВ составил 12,29. Состояние воды в озере Капустиха по содержанию ионов  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{PO}_4^{3-}$  относится к 5-му классу и определяется как «Экстремально грязная».

Большое влияние на изменение химического состава воды озера оказал пожар, произошедший в начале мая 2025 года и приведший к повышению концентрации ионов кальция, фосфора, магния, хлорид- и сульфат-ионов, ионов аммония. Увеличение содержания ионов в мае не превышает значение ПДК, за исключением ионов аммония, нитрат- и фосфат-ионов.

### Заключение

1. Величина водородного показателя в апреле-мае 2025 ниже оптимального значения, что может свидетельствовать о снижении способности озера Капустиха к самоочищению и его эвтрофикации.

2. Прослеживается тенденция к увеличению содержания ионов (хлориды, сульфаты, ионы кальция, магния и аммония), что свидетельствует о росте общей минерализации водоема.

3. В апреле повышается концентрация нитрит-ионов, в мае — значительное превышение концентрации нитратов (на грани ПДК).

4. Увеличение минерализации, концентрации фосфатов, нитратов и ионов аммония свидетельствует об активных процессах эвтрофикации и дефиците кислорода.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Пакусина А.П. Химико-экологическая характеристика малых рек и водно-болотных угодий Амурской области / А.П. Пакусина, А.И. Таскаева, Т.В. Гуланова // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. — Севастополь: Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, 2024. — С. 223–224. — EDN TYIFQZ.
2. Государственное бюджетное учреждение Амурской области «Дирекция по охране и использованию животного мира и особо охраняемых природных территорий»: официальный сайт. — Благовещенск. — URL: <https://amuroopt.ru/oopt/zakazniki/muravevskiy/> (дата обращения: 03.02.2025).
3. Ахтямов М.Х. Муравьевский парк. Природные условия и растительность / М.Х. Ахтямов, Г.Ю. Морозова, Н.В. Болдовский [и др.]. — Владивосток : ДВО РАН, 2002. — 196 с.
4. Бассейн реки Гильчин: История. Водно-болотные угодья. Водные ресурсы. — Владивосток: Дальнаука, 2016. — 204 с
5. Pakusina A. P. Chemical and Ecological Characteristics of Lakes Located in the Muraviovka Park / A. P. Pakusina, T. P. Platonova, S. A. Lobarev, et al. // Asian Journal of Water, Environment and Pollution. — 2018. — 15(4). — P. 27-34. — DOI: 10.3233/AJW-180054
6. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб. — Введ. 2021-07-01.
7. ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000. Количественный химический анализ воды. Метод определения содержания катионов (аммония, калия, натрия и др.) методом пламенно-абсорбционной спектрометрии. — Утв. 2000-12-01.
8. ПНД Ф 14.1:2:3:4.282-18. Количественный химический анализ воды. Метод определения массовой концентрации анионов (хлорид-, нитрит-, сульфат-, нитрат-, фторид- и фосфат-ионов). — Утв. 2018-01-01.

9. РД 52.24.495-2017. Методика измерений водородного показателя (рН) в диапазоне 4–10 в пробах природных и сточных вод электрометрическим методом. — Утв. 2017-01-01.
10. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. — Утв. 2002-01-01.
11. Мартынюк А.А. К вопросу о влиянии лесных пожаров на экосистему озера Байкал: аналитический обзор / А.А. Мартынюк, И.Г. Трушина, Ю.А. Сергеева [и др.] // Лесохозяйственная информация. — 2024. — №2.

### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Pakusina A.P. Himiko-ekologicheskaya harakteristika malyh rek i vodno-bolotnyh ugodij Amurskoj oblasti [Chemical and ecological characteristics of small rivers and wetlands in the Amur region] / A.P. Pakusina, A.I. Taskaeva, T.V. Gulenova // Izuchenie vodnyh i nazemnyh ekosistem: istoriya i sovremennost': Tezisy dokladov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Study of aquatic and terrestrial ecosystems: history and modernity: Abstracts of the III International Scientific and Practical Conference]. — Sevastopol: A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, 2024. — P. 223–224. — EDN TYIFQZ. [in Russian]
2. Gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie Amurskoj oblasti «Direkciya po ohrane i ispol'zovaniyu zhivotnogo mira i osobu ohranyaemyh prirodnyh territorij» [State Budgetary Institution of the Amur Region “Directorate for the Protection and Use of Wildlife and Specially Protected Natural Areas”]: official website. — Blagoveshchensk. — URL: <https://amuroopt.ru/oopp/zakazniki/muravevskiy/> (accessed: 03.02.2025). [in Russian]
3. Ahtyamov M.Kh. Murav'evskij park. Prirodnye usloviya i rastitel'nost' [Muravyovsky Park. Natural Conditions and Vegetation] / M. Kh. Akhtyamov, G. Yu. Morozova, N. V. Boldovsky [et al.]. — Vladivostok: Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002. — 196 p. [in Russian]
4. Bassejn reki Gil'chin: Iстория. Vodno-bolotnye ugod'ya. Vodnye resursy [Gilchin River Basin: History. Wetlands. Water resources]. — Vladivostok: Dalnauka, 2016. — 204 p [in Russian]
5. Pakusina A. P. Chemical and Ecological Characteristics of Lakes Located in the Muraviovka Park / A. P. Pakusina, T. P. Platonova, S. A. Lobarev, et al. // Asian Journal of Water, Environment and Pollution. — 2018. — 15(4). — P. 27-34. — DOI: 10.3233/AJW-180054
6. GOST R 59024-2020. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob [State Standard R 59024-2020. Water. General requirements for sampling]. — Introduced 2021-07-01. [in Russian]
7. PND F 14.1:2:4.167-2000. Kolichestvennyj himicheskij analiz vody. Metod opredelenija soderzhaniya kationov (ammonija, kalija, natrija i dr.) metodom plamenno-absorbcionnoj spektrometrii [Federal Environmental Regulations 14.1:2:4.167-2000. Quantitative chemical analysis of water. Method for determining the content of cations (ammonium, potassium, sodium, etc.) by flame-absorption spectrometry]. — Approved 2000-12-01. [in Russian]
8. PND F 14.1:2:3:4.282-18. Kolichestvennyj himicheskij analiz vody. Metod opredelenija massovoj koncentracii anionov (hlorid-, nitrit-, sulfat-, nitrat-, fluorid- i fosfat-ionov) [Federal Environmental Regulations 14.1:2:3:4.282-18. Quantitative chemical analysis of water. Method for determining the mass concentration of anions (chloride, nitrite, sulfate, nitrate, fluoride and phosphate ions)]. — Approved 2018-01-01. [in Russian]
9. RD 52.24.495-2017. Metodika izmerenij vodorodnogo pokazatela (pH) v diapazone 4–10 v probah prirodnyh i stochnyh vod jelektrometricheskim metodom [Guidelines 52.24.495-2017. Procedure for measuring hydrogen index (pH) in the range of 4–10 in samples of natural and waste water by electrometric method]. — Approved 2017-01-01. [in Russian]
10. RD 52.24.643-2002. Metod kompleksnoj ocenki stepeni zagrjaznennosti poverhnostnyh vod po gidrohimicheskim pokazateljam [Guidelines 52.24.643-2002. Method for integrated assessment of the pollution level of surface waters based on hydrochemical indicators]. — Approved 2002-01-01. [in Russian]
11. Martynyuk A.A. K voprosu o vliyanii lesnyh pozharov na ekosistemuy ozera Bajkal: analiticheskij obzor [On the Issue of the Impact of Forest Fires on the Ecosystem of Lake Baikal: An Analytical Review] / A.A. Martynyuk, I.G. Trushina, Yu.A. Sergeeva [et al.] // Lesochozyajstvennaya informaciya [Forestry Information]. — 2024. — No. 2. [in Russian]