

Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 42–50.
Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2023; 4 (13): 42–50 (In Russ.)

Научная статья
УДК 504.06
doi 10.54398/1818507X_2023_4_42

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ВОДОТОКОВ АГЛОМЕРАТОВ НА ПРИМЕРЕ РУКАВА КУТУМ ГОРОДА АСТРАХАНИ НА ОСНОВЕ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

*Крыжановская Галина Викторовна^{1✉}, Старков Егор Владимирович²,
Шереметов Расул Хусаинович³*

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия
GalaJim@mail.ru[✉]

Аннотация. Был проведён геоэкологический мониторинг рукава Кутум в черте г. Астрахани с применением лабораторных методов химического анализа *in vitro*. Анализ содержания тяжёлых металлов в поверхностных водах исследуемого водотока включал в себя измерение концентраций марганца, свинца, железа, меди, цинка, кадмия, никеля в соответствии с методикой выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах природных вод. Лабораторные исследования показали изменение гидрохимических характеристик воды, обусловленное как природными, так и антропогенными факторами. Определены приоритетные поллютанты из числа исследованных в природной воде. Разработана серия тематических оценочных картосхем, созданная с использованием ГИС-технологий, отображающая количественные и качественные характеристики водотока в пространственно-временном выражении. Определена потребность в проведении комплексного геоэкологического мониторинга состояния водотоков, как функционирующих аквальных ландшафтных комплексов с применением биологических и химических методов исследования.

Ключевые слова: аквальные комплексы, урбанизированная территория, геохимический анализ, лабораторные исследования, экологический мониторинг, антропогенная нагрузка, методы анализа, качество поверхностных вод

Для цитирования: Крыжановская Г. В., Старков Е. В., Шереметов Р. Х. Картографирование геоэкологической ситуации водотоков агромератов на примере рукава Кутум города Астрахань на основе химического анализа поверхностных вод // Естественные науки. 2023. № 4 (13). С. 42–50. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_4_42.

MAPPING OF THE GEOECOLOGICAL SITUATION OF AGGLOMERATE WATERCOURSES ON THE EXAMPLE OF THE KUTUM BRANCH OF THE CITY OF ASTRAKHAN BASED ON CHEMICAL ANALYSIS OF SURFACE WATERS

Kryzhanovskaya Galina V.^{1✉}, *Starkov Egor V.*², *Sheremetov Rasul Kh.*³
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
GalaJim@mail.ru[✉]

Abstract. Geoecological monitoring of the Kutum branch in the city limits of Astrakhan using laboratory methods of chemical analysis in vitro was carried out. The analysis of the content of heavy metals in the surface waters of the studied watercourse included the measurement of concentrations of manganese, lead, iron, copper, zinc, cadmium, nickel in accordance with the methodology for measuring the mass concentration of elements in samples of natural waters. Laboratory studies have shown a change in the hydrochemical characteristics of water due to both natural and anthropogenic factors. Priority pollutants have been identified from among those studied in natural water. A series of thematic evaluation cartographies has been developed, created using GIS technologies, displaying quantitative and qualitative characteristics of a watercourse in spatio-temporal terms. The need for comprehensive geoecological monitoring of the condition of watercourses as functioning aquatic landscape systems has been determined.

Keywords: aquatic complexes, urbanized territory, geochemical analysis, laboratory studies, environmental monitoring, anthropogenic load, analysis methods, surface water quality

For citation: Kryzhanovskaya G. V., Starkov E. V., Sheremetov R. Kh. Mapping of the geoecological situation of agglomerate watercourses on the example of the Kutum branch of the city of Astrakhan based on chemical analysis of surface waters. *Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2023; 4 (13): 42–50. https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_4_42.

В процессе трансформации городской среды совокупность источников антропогенных воздействий изменяет все компоненты природных геосистем. Это приводит к необходимости проведения мониторинга техногенного влияния на составляющие природного комплекса и выявлению неблагоприятных геоэкологических ситуаций в городах [1; 2].

Аквальные комплексы селитебных территорий, являясь, непростой системой взаимосвязанных между собой элементов, формируют среду для благоприятного существования населения городов [3; 4].

Внутригородские аквальные комплексы, будучи неотъемлемым и важнейшим элементом развитой социокультурной инфраструктуры города, являются одним из компонентов природно-техногенной системы, основу которой составляет урболандшафт, переживший глубинные изменения под воздействием активного антропогенеза. Наличие водных объектов в урболандшафте значимо повышает рекреационные возможности городской среды, характеризующейся постоянной перегрузкой урбанизированными и индустриальными признаками. Для успешного решения проблем рациональной эксплуатации биологических ресурсов водоёмов всех типов и обеспечения потребителя чистой

водой необходим геоэкологический контроль качества аквальных комплексов урбосреды [5–8].

В качестве объекта исследования выбран один из крупных водотоков в городской черте — рукав Кутум, представляющий собой культурно-историческую, рекреационную и хозяйственной бытовую ценность.

Практическая значимость данного исследования заключается в геохимической оценке качества поверхностных вод и разработке рекомендаций по улучшению геоэкологического состояния аквального комплекса урбосреды в условиях разнопланового использования.

Для организации мониторинга водотока и снижения негативного воздействия на качество его вод, была проведена оценка величины антропогенной нагрузки на аквальный комплекс и изучение её пространственно-временной изменчивости химическими методами анализа.

Анализ уровня антропогенной нагрузки на отдельные пункты отбора проб поверхностных вод рукава Кутум позволил определить пространственный рисунок остроты геоэкологической ситуации.

Исследуемые водные образцы отбирались в соответствии со стандартными методиками химического анализа поверхностных вод селитебных территорий в точках отбора, расположенных вблизи промышленных и хозяйственных объектов, а также объектов коммунально-бытового хозяйства.

В данный момент в водоёме имеются загрязнения как природного, так и техногенного характера. Поступление антропогенных взвесей в водоток является путём распространения загрязнений на урбанизированной территории, вынос взвесей с которой многократно превышает их объём, поступающий в водоток из природных ландшафтов той же площади.

Анализ содержания тяжёлых металлов в исследуемой воде включал в себя измерение концентраций марганца, свинца, хрома, бария, железа, меди, цинка, кадмия, никеля в соответствии с методикой выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах природных вод в течение 2022 г. Пробы исследуемой воды отбирались ежедневно и исследовались *in vitro* в лаборатории университета (табл.).

Лабораторные исследования показали, что содержание магния в створах сверх установленной нормы, и превышает ПДК в некоторых точках отбора проб почти в два раза, варьирование превышения ПДК по пунктам отбора проб остаётся на неизменном уровне. Количество марганца в воде постоянно варьируется и изменяется в зависимости от сезона. Летом содержание тяжёлых металлов в водоёмах больше, что связано с застоем воды из-за слабого течения. Весной и осенью их концентрация снижается.

Уровень железа в водоёме имеет сезонный характер. Самые высокие концентрации наблюдались летом из-за стагнации вод, а вот весной и осенью уровень этого элемента заметно снижался по причине перемешивания водных масс. Значительное превышение ПДК по данному металлу было зафиксировано лишь в двух точках отбора проб, расположенных вблизи частного сектора.

Таблица — Анализ содержания тяжёлых металлов в воде рукава Кутум

Створы	Mg, мг/л (ПДК 0,1 мг/л)	Pb, мг/л (ПДК 0,03 мг/л)	Fe, мг/л (ПДК 0,3 мг/л)	Cu, мг/л (ПДК 1,0 мг/л)	Zn ²⁺ , мг/л (ПДК 5,0 мг/л)	Cd, мг/л (ПДК 0,001 мг/л)	Ni, мг/л (ПДК 0,1 мг/л)
Весна 2022 г. (усредненный показатель)							
Створ 1. Петровская набережная (стрелка у ЗАГСа)	0,201	0,06	0,32	3,37	7,17	0,0021	0,101
Створ 2. Коммерческий мост по ул. Красная Набережная	0,312	0,09	0,29	2,74	7,23	0,0031	0,141
Створ 3. Сапожниковский мост по ул. Красная Набережная	0,211	0,102	0,31	3,26	7,29	0,0038	0,217
Створ 4. Красный мост по ул. Красная Набережная	0,427	0,132	0,17	3,72	7,59	0,0046	0,298
Створ 5. Ямгурчевский мост по ул. Красная Набережная	0,324	0,09	0,29	2,18	8,39	0,0041	0,362
Створ 6. Мост по ул. Магнитогорская	0,297	0,07	0,39	3,11	9,13	0,0023	0,254
Створ 7. В районе ул. 2-я Камышовая	0,198	0,02	0,42	3,08	10,28	0,0029	0,153
Створ 8. По ул. Хасьяновой (район слияния рукава Кутум и ерика Казачий)	0,234	0,02	0,64	4,21	10,56	0,0032	0,211
Осень 2022 г. (усредненный показатель)							
Створ 1. Петровская набережная (стрелка у ЗАГСа)	0,191	0,07	0,298	3,34	7,69	0,0017	0,109
Створ 2. Коммерческий мост по ул. Красная Набережная	0,282	0,08	0,32	2,56	7,63	0,0026	0,127
Створ 3. Сапожниковский мост по ул. Красная Набережная	0,211	0,09	0,37	3,17	7,34	0,0033	0,119
Створ 4. Красный мост по ул. Красная Набережная	0,356	0,112	0,21	3,63	7,62	0,0028	0,221
Створ 5. Ямгурчевский мост по ул. Красная Набережная	0,381	0,09	0,26	2,12	8,41	0,0032	0,268
Створ 6. Мост по ул. Магнитогорская	0,312	0,09	0,31	3,78	9,29	0,0021	0,213

Створы	Mg, мг/л (ПДК 0,1 мг/л)	Pb, мг/л (ПДК 0,03 мг/л)	Fe, мг/л (ПДК 0,3 мг/л)	Cu, мг/л (ПДК 1,0 мг/л)	Zn ²⁺ , мг/л (ПДК 5,0 мг/л)	Cd, мг/л (ПДК 0,001 мг/л)	Ni, мг/л (ПДК 0,1 мг/л)
Створ 7. В районе ул. 2-я Камышловая	0,213	0,04	0,44	3,63	10,21	0,0025	0,179
Створ 8. По ул. Хасьяновой (район слияния рукава Кутум и ерика Казачий)	0,274	0,02	0,59	4,18	10,32	0,0037	0,195
Лето 2022 г. (усредненный показатель)							
Створ 1. Петровская набережная (стрелка у ЗАГСа)	0,174	0,09	0,28	2,75	8,11	0,0020	0,103
Створ 2. Коммерческий мост по ул. Красная Набережная	0,215	0,101	0,27	2,98	8,31	0,0026	0,123
Створ 3. Сапожниковский мост по ул. Красная Набережная	0,201	0,119	0,33	3,02	8,21	0,0035	0,148
Створ 4. Красный мост по ул. Красная Набережная	0,401	0,121	0,25	3,34	8,19	0,0041	0,215
Створ 5. Ямгурчевский мост по ул. Красная Набережная	0,301	0,103	0,19	2,67	8,41	0,0038	0,313
Створ 6. Мост по ул. Магнитогорская	0,263	0,09	0,36	3,32	9,27	0,0022	0,227
Створ 7. В районе ул. 2-я Камышловая	0,199	0,03	0,46	3,59	10,58	0,0031	0,162
Створ 8. По ул. Хасьяновой (район слияния рукава Кутум и ерика Казачий)	0,143	0,03	0,61	4,01	10,66	0,0039	0,218

Из всех анализируемых ионов металлов лишь свинец имеет стабильно низкие концентрации и характеризуется единичными случаями превышения ПДК. В речных водах объекта исследования концентрация свинца колеблется от сотых долей до 0,15 мг/дм³. Даже в некоторых створах, прилегающих к районам расположения мостов, концентрация его редко достигала 0,15 мг/дм³. Учитывая суммарное содержание свинца в створах превышение ПДК составило три единицы.

Превышение ПДК меди и цинка в два раза в поверхностном водном объекте фиксируется в течение всего периода исследования, что свидетельствует о непрерывном загрязнении водоёма.

Для более наглядного представления результатов полученных исследований, была разработана серия тематических оценочных картосхем, созданная с использованием ГИС-технологий, отображающая количественные и качественные характеристики водотока в пространственно-временном выражении (рис. 1, 2).

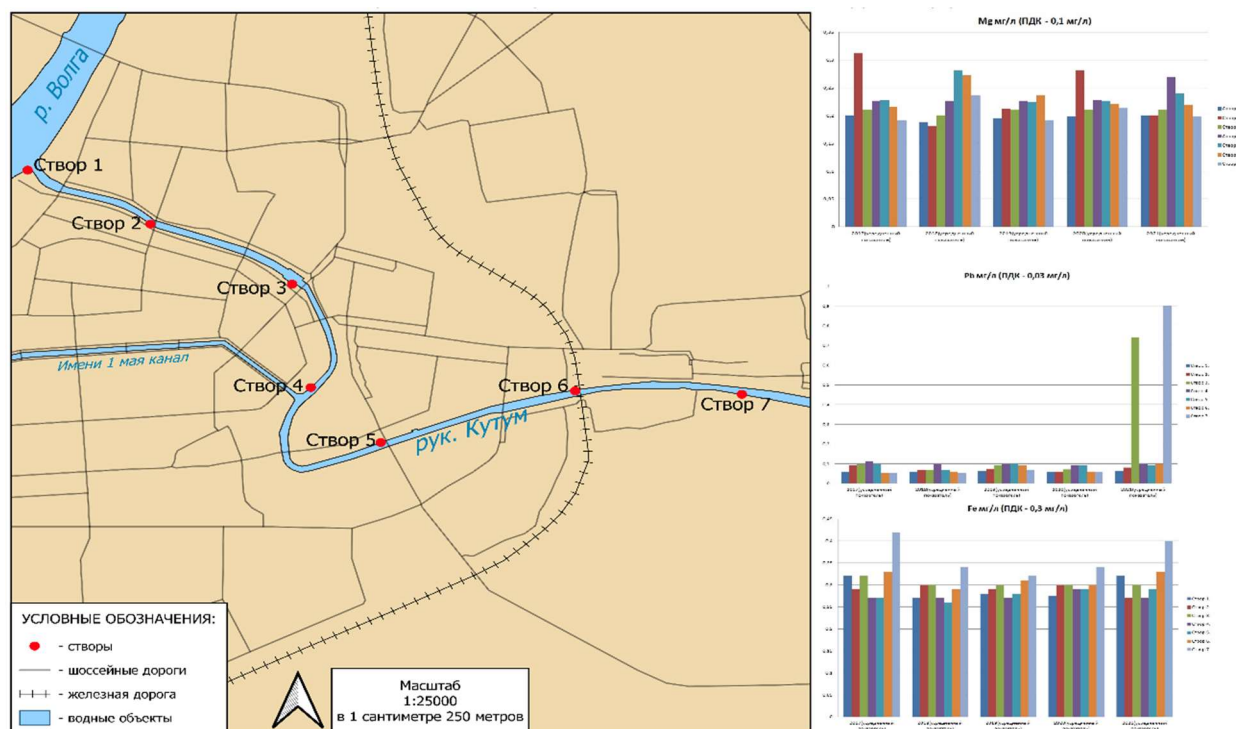


Рисунок 1 — Картосхема анализа содержания тяжёлых металлов в воде рукава Кутум (Mg, Pb, Fe)

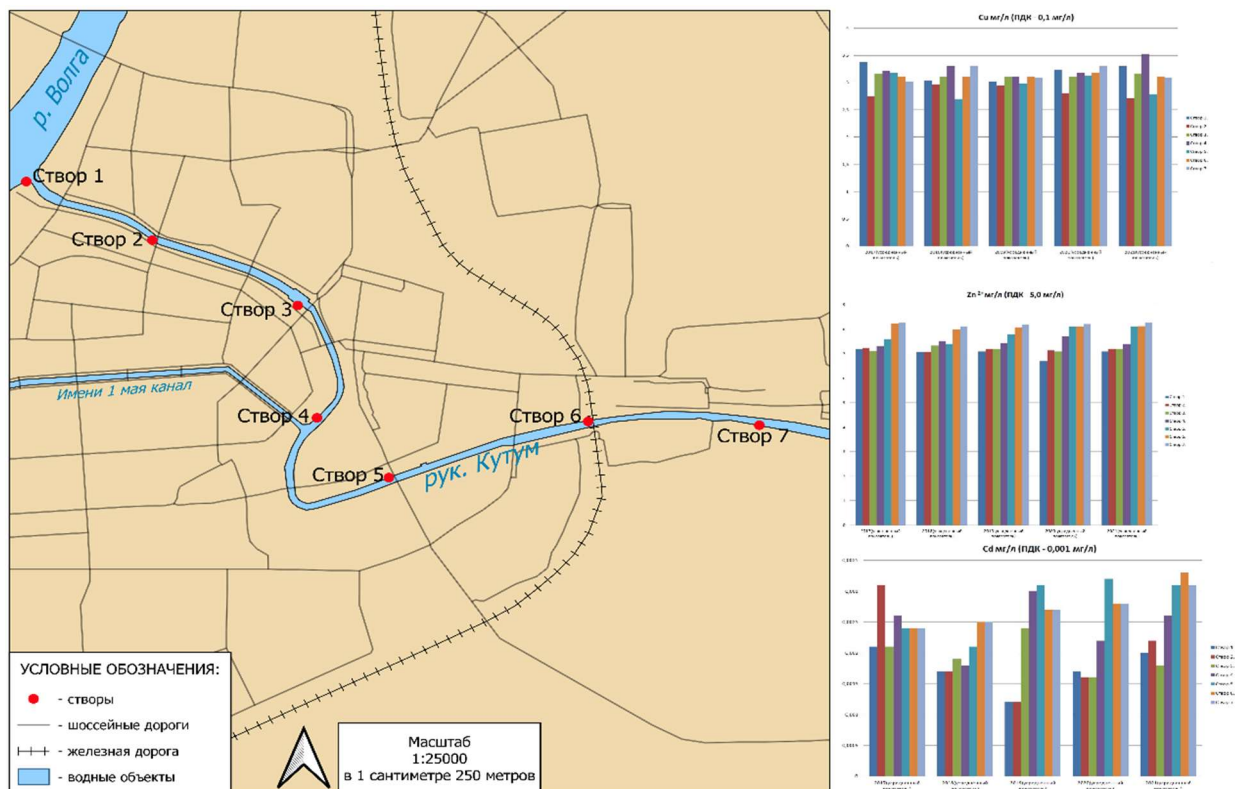


Рисунок 2 — Картосхема анализа содержания тяжёлых металлов в воде рукава Кутум (Cu, Zn, Cd)

Выявленная экологическая проблема высокого содержания загрязняющих веществ в водоёме требует детального изучения причин её возникновения и разработки путей решения, так как данный водоём — один из важнейших источников водных ресурсов для населения и его следует поддерживать в удовлетворительном состоянии.

Совокупный метод анализа качества поверхностных вод урбанизированных территорий и применением ГИС-технологий позволил нам получить достоверную оценку качества поверхностных вод водотока, имеющего культурно эстетическую, рекреационную и хозяйственно-бытовую ценность.

При стремительно возрастающей урбанизации важен контроль качества воды, и он должен стать первостепенной задачей. Поэтому крайне важными являются региональные мероприятия по сохранению водных объектов городской среды, принятие специальных программ по возрождению и восстановлению внутренних водоемов. Поэтому необходимо проведение комплексного геоэкологического мониторинга состояния водотоков как функционирующих аквальных ландшафтных комплексов с применением биологических методов с применением тест-организмов по трофической цепи и химических исследований.

Применение совокупных методов мониторинга в исследовании показателей качества воды исследуемых водных объектов вызвано необходимостью совершенствования системы этих показателей и системы управления, что позволяет наилучшим образом организовать процесс принятия решений на всех

уровнях в системе управления качеством воды и планомерно снижать вредное воздействие на водные объекты.

Список литературы

1. Крыжановская, Г. В. Применение ГИС-технологий для мониторинга и прогнозирования состояния водных объектов (на примере рукава Кутум) / Г. В. Крыжановская, И. С. Шарова, М. С. Безуглова, И. В. Бузякова // *Естественные и технические науки*. — 2023. — № 1 (176). — С. 104–107. — doi 10.25633/ETN.2023.01.10.
2. Кондрашин, Р. В. Геоинформационное эколого-географическое картографирование на примере водных объектов / Р. В. Кондрашин, Г. В. Крыжановская // *Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения* / сост. Е. А. Колчин. — Астрахань : Астраханский гос. ун-т, 2022. — С. 109–112.
3. Крыжановская, Г. В. Влияние техногенного загрязнения на внутригородские водоемы г. Астрахани / Г. В. Крыжановская, И. С. Шарова, М. С. Безуглова, И. В. Бузякова // *Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли* — 2022. — Москва : Национальный исследовательский Московский гос. строит. ун-т, 2022. — С. 194–200.
4. Шарова, И. С. Методы изучения геоэкологических особенностей территории с помощью геоинформационных систем / И. С. Шарова, Г. В. Крыжановская, М. С. Безуглова // *Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы*. — Астрахань : Астраханский университет, 2021. — С. 146–151.
5. Geoinformation methods of geoecological features of the territory study / M. S. Bezuglova, I. S. Sharova, G. V. Kryzhanovskaya [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — Krasnoyarsk : IOP Publ. Ltd, 2021. — Vol. 677. — P. 32086. — doi 10.1088/1755-1315/677/3/032086.
6. Karr, J. R. Biological Integrity: A Long-Neglected Aspect of Water Resource Management / J. R. Karr // *Ecological Applications*. — Feb., 1991. — Vol. 1, № 1. — P. 66–84.
7. Odume, O. N. Ecosystem Approach to Managing Water Quality. — URL: <http://dx.doi.org/10.5772/65707>.
8. Smith, P. REVIEW: The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality / P. Smith, M. R. Ashmore, H. I. J. Black, P. J. Burgess, C. D. Evans, T. A. Quine, A. M. Thomson, K. Hicks, H. G. Orr. — URL: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12016>.

References

1. Kryzhanovskaya, G. V., Sharova, I. S., Bezuglova, M. S., Buzyakova, I. V. *Primenenie GIS-tekhnologiy dlya monitoringa i prognozirovaniya sostoyaniya vodnykh obektov (na primere rukava Kutum)*. *Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki = Natural and technical sciences*. 2023; 1(176): 104–107. doi 10.25633/ETN.2023.01.10.
2. Kondrashin, R. V., Kryzhanovskaya, G. V. *Geoinformatsionnoe ekologo-geograficheskoe kartografirovaniye na primere vodnykh obektov*. *Sovremennyye issledovaniya v naukakh o Zemle: retrospektiva, aktualnyye trendy i perspektivy vnedreniya = Modern research in Earth Sciences: a retrospective, current trends and prospects for implementation*. Compiled by E. A. Kolchin. Astrakhan: Astrakhan State University; 2022: 109–112.
3. Kryzhanovskaya, G. V., Sharova, I. S., Bezuglova, M. S., Buzyakova, I. V. *Vliyanie tekhnogenogo zagryazneniya na vnutrigorodskie vodoemy g. Astrakhani*. *Geoekologicheskyye problemy tekhnogenogo etapa istorii Zemli — 2022 = Geoecological problems of the technogenic stage of the Earth's history — 2022*. Moscow: National Research Moscow State University of Civil Engineering; 2022: 194–200.
4. Sharova, I. S., Kryzhanovskaya, G. V., Bezuglova, M. S. *Metody izucheniya geoekologicheskikh osobennostey territorii s pomoshchyu geoinformatsionnykh system*.

Yestestvennye nauki: aktualnye voprosy i sotsialnye vyzovy = Natural Sciences: Current issues and social challenges. Astrakhan: Astrakhan State University; 2021: 146–151.

5. Bezuglova, M. S., Sharova, I. S., Kryzhanovskaya, G. V. [et al.]. Geoinformation methods of geocological features of the territory study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk: IOP Publ. Ltd, 2021; 677: 32086. doi 10.1088/1755-1315/677/3/032086.

6. Karr, J. R. Biological Integrity: A Long-Neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecological Applications*. 1991, Feb.; 1(1): 66–84.

7. Odume, O. N. Ecosystem Approach to Managing Water Quality. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/65707>.

8. Smith, P., Ashmore, M. R., Black, H. I. J., Burgess, P. J., Evans, C. D., Quine, T. A., Thomson, A. M., Hicks, K., Orr, H. G. REVIEW: The role of ecosystems and their management in regulating climate, and soil, water and air quality. Available at: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12016>.

Информация об авторах

Крыжановская Г. В. — кандидат географических наук, доцент;

Старков Е. В. — студент;

Шереметов Р. Х. — студент.

Information about the authors

Kryzhanovskaya G. V. — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor;

Starkov E. V. — student;

Sheremetov R. H. — student.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.10.2023; одобрена после рецензирования 21.11.2023; принята к публикации 24.11.2023.

The article was submitted 16.10.2023; approved after reviewing 21.11.2023; accepted for publication 24.11.2023.