

Уравнения изменения содержания главных ионов от величины минерализации гидростов низовьев Амударьи, коллекторов и локальных малых озер

Поступила 29.09.2024 г. / Принята к публикации 15.12.2024 г.

Баллиев Ажинияз Ибрагимович, Чембарисов Эльмир Исмаилович

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация

Отмечается, что высыхание Аральского моря стало масштабной техногенной экологической и гуманитарной катастрофой. Эта катастрофа привела к региональному экологическому кризису и серьезным последствиям для экосистемных услуг, в том числе для водопользования. Это требует разработки эффективных механизмов регулирования водопользования и водопотребления. В исследовании использованы данные химического анализа воды низовья реки Амударья, магистральных коллекторов, и малых локальных озер в Республике Каракалпакстан за 2022–2023 гг. и более ранний период. Цель исследования заключалась в анализе химического состава поверхностных вод Республики Каракалпакстан и выводе эмпирических зависимостей для оценки содержания главных ионов (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) в зависимости от величины минерализации. Анализ химического состава речной воды показал, что при движении речной воды от верховий к низовьям преобладающий химический состав изменяется с гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевого на хлоридно-сульфатно-магниевый-кальциево-натриевый. Полученные уравнения имеют тесную связь с исходными данными (коэффициенты детерминации $R^2 = 0,80...0,94$).

Ключевые слова:

Амударья, магистральные коллектора, малые локальные озера, главные ионы, минерализация, Аральское море, Центральная Азия, экология, экосистемные услуги

Research article

The equations of change in the content of main ions from the mineralization value of the hydroposts of the lower reaches of the Amu Darya River, canals and local small lakes

Received on September 29, 2024 / Accepted on December 15, 2024

Balliev Azhiniyaz Ibragimovich, Chembarisov Elmir Ismailovich

Scientific research Institute of irrigation and water problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract

It is noted that the drying of the Aral Sea has become a large-scale man-made environmental and humanitarian disaster. This disaster led to a regional environmental crisis and serious consequences for ecosystem services, including water use. This requires the development of effective mechanisms for regulating water use and water consumption. The study used data from chemical analysis of the water of the lower reaches of the Amu Darya River, main reservoirs, and small local lakes in the Republic of Karakalpakstan for 2022–2023, and an earlier retrospective period. The research objective consisted in the analysis of the chemical composition of a surface water of the Republic of Karakalpakstan and a conclusion of empirical dependences for assessment of maintenance of the main ions (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) depending on mineralization size. Analysis of the chemical composition of river water showed that when river water moves from the upper to the lower reaches, the predominant chemical composition changes from hydrocarbonate-sulfate-calcium-sodium to chloride-sulfate-magnesium-calcium-sodium. The obtained equations have a close relationship with the initial data (coefficients of determination $R^2 = 0.80... 0.94$).

Keywords:

Amu-Darya, main canals, small local lakes, main ions, mineralization, Aral Sea, Central Asia, ecology, ecosystem services

Введение. Аральское море, расположенное в Центральной Азии, претерпело значительные изменения площади поверхности из-за совокупного воздействия изменения климата и деятельности человека. Это сокращение привело к региональному экологическому кризису и серьезным последствиям для экосистемных услуг [1]. Высыхание Аральского моря в настоящее время вызывает комплекс негативных процессов в этом регионе: изменение экосистемы самого моря, усиление континентальности климата, опустынивание и деградацию пастбищ и орошаемых земель, загрязнение и истощение имеющихся водных ресурсов. Аральское море стало масштабной техногенной экологической и гуманитарной катастрофой. Его современная регрессия была вызвана в первую очередь нерациональным использованием водных ресурсов для орошения. Однако, некоторые ученые полагают, что подобное могло происходить в прошлом из-за изменчивости стоков Амударьи и Сырдарьи [2]. В то же время высыхание Аральского моря усугубляется изменением климата и увеличением фактической эвапотранспирации [3].

Анализ существующих материалов показал, что при этом изменились магистральные коллектора и лимнические экосистемы (озера и различные водоемы) из-за непоступления в них речного стока в отдельные годы. В некоторых водоемах изменился источник питания. Часто вместо поступления речного стока р. Амударьи, в них стали попадать коллекторно-дренажные стоки с орошаемых территорий. В связи с этим возникла необходимость изучения не только гидрологических, но и гидрохимических характеристик магистральных коллекторов и различных водоемов отмеченного региона [4–13].

Цель исследования заключалась в анализе химического состава поверхностных вод Республики Каракалпакстан и выводе эмпирических зависимостей для оценки содержания главных ионов.

Научно-практическая значимость результатов работы заключается в том, что полученные эмпирические зависимости позволяют оценить содержание главных ионов по известной величине минерализации. Это может быть полезным при отсутствии у исследователя возможности оценить концентрации анионов и катионов. При наличии цифрового тестера TDS-метра для оценки общего количества растворенных в воде солей.

Длительный период стремление к экономическому развитию, нерациональное водопользование и отсутствие эффективных механизмов регулирования привели к экологической катастрофе с Аральским морем [14, 15]. В тоже время

наблюдается значительное ухудшение качества и состояния водных ресурсов в бассейне Амударьи [17]. Будущее этой реки и Аральского моря во многом зависит от изменения характера использования трансграничных водных ресурсов всеми государствами региона (Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана и Афганистана), а также от роста водопотребления. Между отмеченными странами существует ряд соглашений, которые на практике определяют только порядок ежегодных правил использования водных ресурсов этих стран между собой и очень слабо затрагивают будущие возможные изменения.

Материалы и методы исследования. В настоящем исследовании была использована база данных Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (Республики Узбекистан) по исследованиям изменения водного и гидрохимического режима речных и коллекторно-дренажных вод бассейна Аральского моря. Различные гидрологические и гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод Республики Каракалпакстан в прошедшие годы изучались многими авторами: А.У. Усмановым, Э.И. Чембарисовым, Б.А. Бахритдиновым, Ч.А. Абдировым, М.А. Якубовым, Б.Е. Аденбаевым, Ф. Х. Хикматовым и др. [4–5, 12, 13]. Среди исследованных гидрологических и гидрохимических характеристик озер дельты Амударьи следует отметить работы Ч.А. Абдирова, Д. Ешимбаева, Б.Е. Аденбаева, С.Б. Калабаева, А.Р. Курбанова, С.Б. Калабаева, Д.Н. Жангабаева и др. [4–6, 8–10].

Перечисленные исследования, несомненно, представляют как практическую, так и научную ценность. В дополнение к результатам перечисленных публикаций, авторами настоящего исследования была составлена карта [16], в которой показаны изученные гидрологические и гидрохимические характеристики озерных экосистем Республики Каракалпакстан с подводящими к ним водотоками. В приведенных публикациях авторов, в основном, приведены гидрологические и гидрохимические данные по коллекторным водам Южного Приаралья за прошедшие годы, поэтому перед нами стояла задача выполнить анализ гидрохимической ситуации за период 2022–2023 гг.

В исследовании использованы данные гидрохимического анализа низовья реки Амударьи, магистральных коллекторов КС-1, КС-3, КС-4, ККС, и малых локальных озер (Судочье, Междуречье, Каратерень (восточный), Жилтырбас) за 2022–2023 гг. Путем статистической обработки этих данных получены уравнения зависимости

содержания ΣU главных ионов (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) от величины минерализации M .

Обработка данных и графическое оформление результатов исследования выполнены в электронных таблицах Microsoft Office Excel (ver. 16.10 Build 180124 (2018)).

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ химического состава речной воды. Проведен анализ изменения качества воды в низовьях р. Амударья, сток которой используется для орошения сельскохозяйственных культур. В низовьях реки у гидропоста г. Нукус (кишл. Саманбай) среди анионов преобладает сульфат-ион SO_4^{2-} , на втором месте – хлорид-ион Cl^- , на третьем месте –

гидрокарбонат-ион HCO_3^- . В пробах воды у гидропоста кишл. Кызылджар среди анионов преобладает сульфат-ион SO_4^{2-} , на втором месте – хлорид-ион Cl^- , содержание гидрокарбонат-иона HCO_3^- было незначительным. Можно установить, что при движении речной воды от верховий к низовьям преобладающий химический состав изменяется с гидрокарбонатно-сульфатного–кальцево-натриевого (ГС–КН) на хлоридно-сульфатный–магниево-кальцево-натриевый (ХС–МКН). В результате математической обработки данных получены математические зависимости содержания главных ионов от величины минерализации воды (рисунок 1).

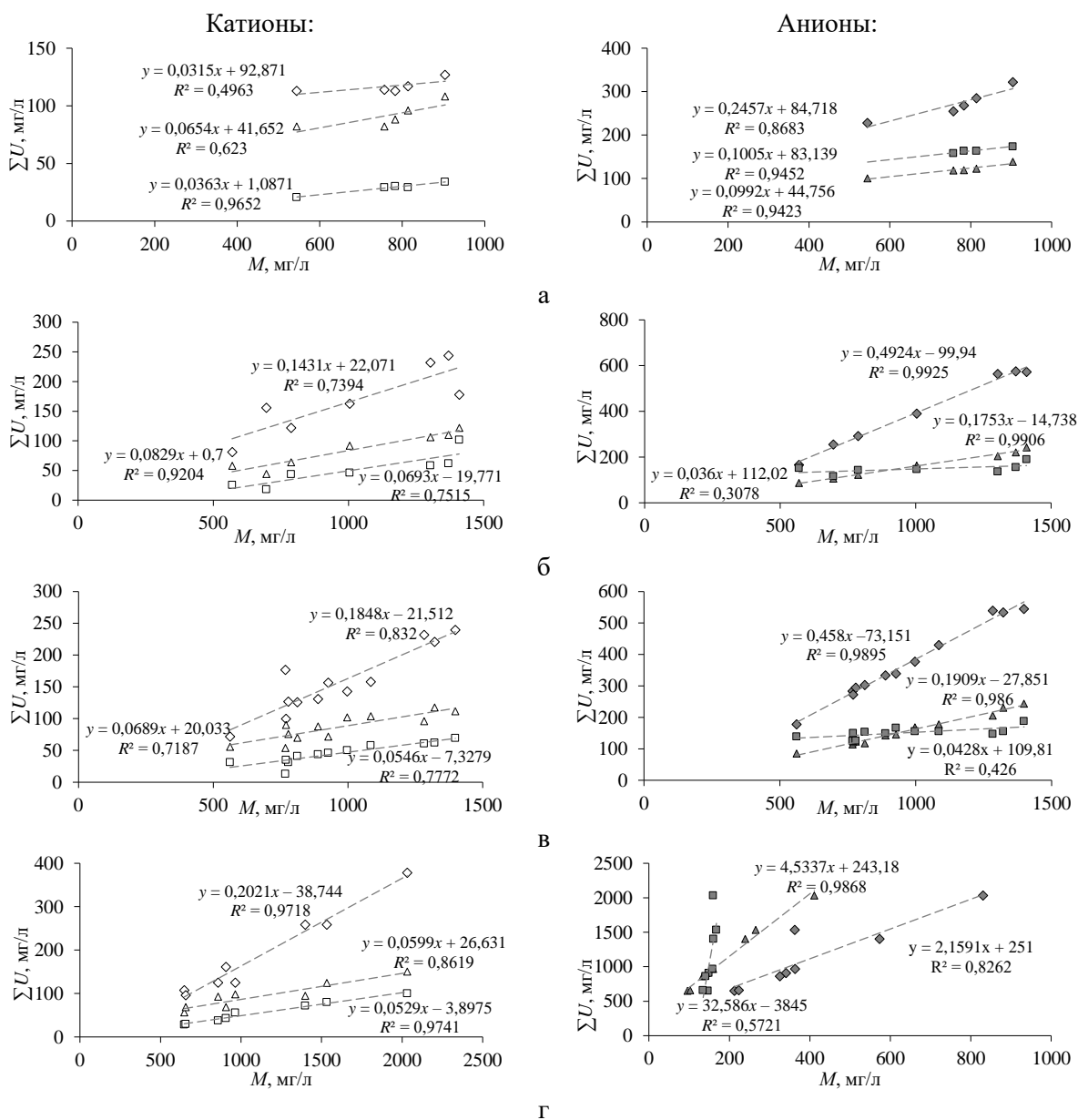


Рисунок 1 – Графики зависимости содержания ΣU главных ионов от величины минерализации M воды на гидропостах низовьев р. Амударья за 2022 год: а – Туямуюн; б – Кипчак; в – Саманбай; г – Кызылджар; \diamond – Na^+ ; \triangle – Ca^{2+} ; \square – Mg^{2+} ; \blacklozenge – SO_4^{2-} ; \blacktriangle – Cl^- ; \blacksquare – HCO_3^- ; --- эмпирическая кривая

По приведенным уравнениям можно определить содержание $y = \Sigma U$ отдельных ионов при известной величине минерализации $x = M$ воды. Анализ проб воды, показал, что величину минерализации воды в основном определяют анионы, так как их концентрация выше, чем катионов. Поэтому связь анионов с величиной минерализации более тесная (коэффициент детерминации R^2 у анионов больше чем у катионов). Коэффициенты детерминации у анионов находятся в диапазоне 0,30...0,99 с медианным значением $R_1^2 = 0,94$. Коэффициенты детерминации у катионов находятся в диапазоне 0,49...0,97 с медианным значением $R_2^2 = 0,80$. Таким образом по данным исследования $R_1^2 > R_2^2$.

Анализ химического состава воды из магистральных коллекторов. Были проанализированы данные концентрации главных ионов ΣU и величина минерализации M для воды магистральных коллекторов КС-1, КС-3, КС-4, ККС. Результаты приведены на рисунке 2. В воде магистральных коллекторов КС-1, КС-3, КС-4 и ККС среди анионов преобладает сульфат-ион SO_4^{2-} , на втором месте – хлорид-ион Cl^- , на третьем месте – гидрокарбонат-ион HCO_3^- . Однако преобладающий химический состав вод был хлоридно-сульфатный–магниево-кальциево-натриевый (ХС–МКН). Анализ проб воды и полученных зависимостей показывает, что связь данных средняя. Коэффициенты детерминации у анионов находятся в диапазоне 0,18...0,96 с медианным значением $R_1^2 = 0,485$. Коэффициенты детерминации у катионов находятся в диапазоне 0,22...0,88 с медианным значением $R_2^2 = 0,485$. Таким образом по данным исследования $R_1^2 \approx R_2^2$. Наибольшая нестабильность связи у гидрокарбонат-иона HCO_3^- (коэффициент детерминации в диапазоне 0,18...0,40), а наиболее выраженная связь у хлорид-иона Cl^- (0,46...0,96). У катионов наиболее выраженная связь у натрий-иона Na^+ (0,47...0,88), наименее – у магний-иона Mg^{2+} (0,27...0,47). Это выражается в названии вод. Такую лабильность можно объяснить тем, что на коллекторных сток существенное влияние оказывает мелиорация. На полях кроме орошения также применяется капитальная промывка. В некоторых районах капитальная промывка засоленных почв требуется два раза в год.

Анализ химического состава озерных вод. Результаты анализов воды малых локальных озер Судочье, Междуречье, Каратерень,

Жилтырбас приведены на рисунке 3. Среди анионов преобладает сульфат-ион SO_4^{2-} , на втором месте – хлорид-ион Cl^- , на третьем месте – гидрокарбонат-ион HCO_3^- . При этом преобладающий химический состав хлоридно-сульфатный–магниево-кальциево-натриевый (ХС–МКН). Анализ проб воды и полученных зависимостей показывает, что связь данных средняя. Коэффициенты детерминации у анионов находятся в диапазоне 0,10...0,96 с медианным значением $R_1^2 = 0,53$. Коэффициенты детерминации у катионов находятся в диапазоне 0,10...0,91 с медианным значением $R_2^2 = 0,545$. Таким образом по данным исследования $R_1^2 \approx R_2^2$. Наибольшая нестабильность связи у гидрокарбонат-иона HCO_3^- (коэффициент детерминации в диапазоне 0,10...0,42), а наиболее выраженная связь у сульфат-иона SO_4^{2-} (0,35...0,90). У катионов наиболее выраженная связь у магний-иона Mg^{2+} (0,44...0,75), наименее – у кальций-иона Ca^{2+} (0,10...0,57). Такую лабильность можно объяснить тем, что локальные озера имеют сток с ограниченных водосборов, существенное влияние на который оказывают местные условия.

Выводы

Анализ химического состава речной воды показал, что при движении речной воды от верховий к низовьям преобладающий химический состав изменяется с гидрокарбонатно-сульфатного–кальциево-натриевого (ГС–КН) на хлоридно-сульфатный–магниево-кальциево-натриевый (ХС–МКН). Полученные уравнения имеют тесную связь с исходными данными (коэффициенты детерминации $R^2 = 0,80...0,94$). Анализ химического состава воды из магистральных коллекторов показал, что связь данных средняя ($R^2 \approx 0,5$), преобладающий химический состав вод был хлоридно-сульфатный–магниево-кальциево-натриевый (ХС–МКН). Лабильность концентраций некоторых ионов, например, HCO_3^- и Mg^{2+} можно объяснить тем, что на коллекторных сток существенное влияние оказывает мелиорация. Анализ химического состава озерных вод показал, что связь данных средняя ($R^2 \approx 0,5$), преобладающий химический состав хлоридно-сульфатный–магниево-кальциево-натриевый (ХС–МКН). Лабильность концентраций некоторых ионов, например HCO_3^- и Ca^{2+} , можно объяснить тем, что локальные озера имеют сток с ограниченных водосборов, существенное влияние на который оказывают местные условия.

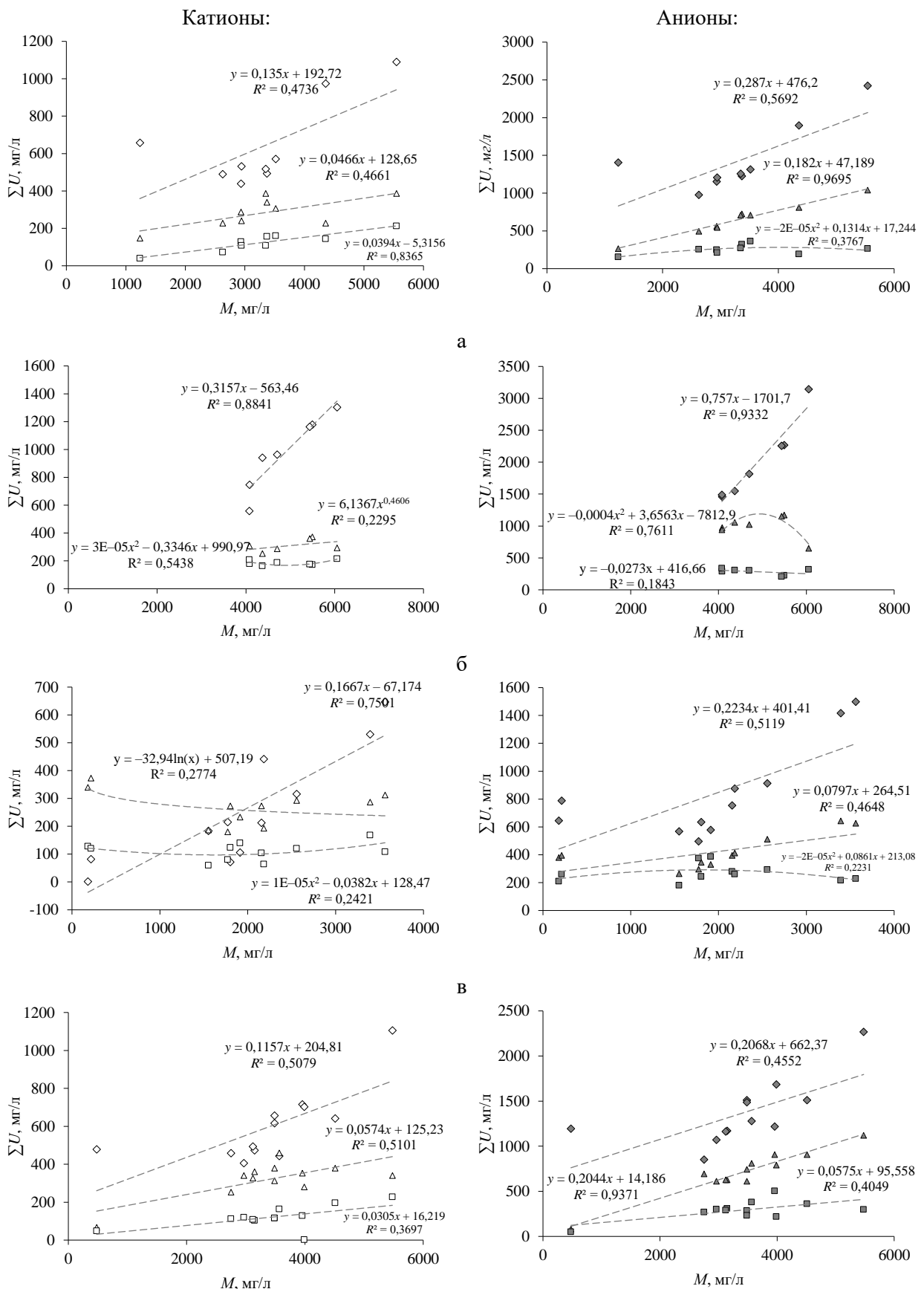


Рисунок 2 – Графики зависимости содержания ΣU главных ионов от величины минерализации M воды магистральных коллекторов за 2023 г.: а – КС-1; б – КС-3; в – КС-4; г – ККС; \diamond – Na^+ ; \triangle – Ca^{2+} ; \square – Mg^{2+} ; \blacklozenge – SO_4^{2-} ; \blacktriangle – Cl^- ; \blacksquare – HCO_3^- ; --- эмпирическая кривая

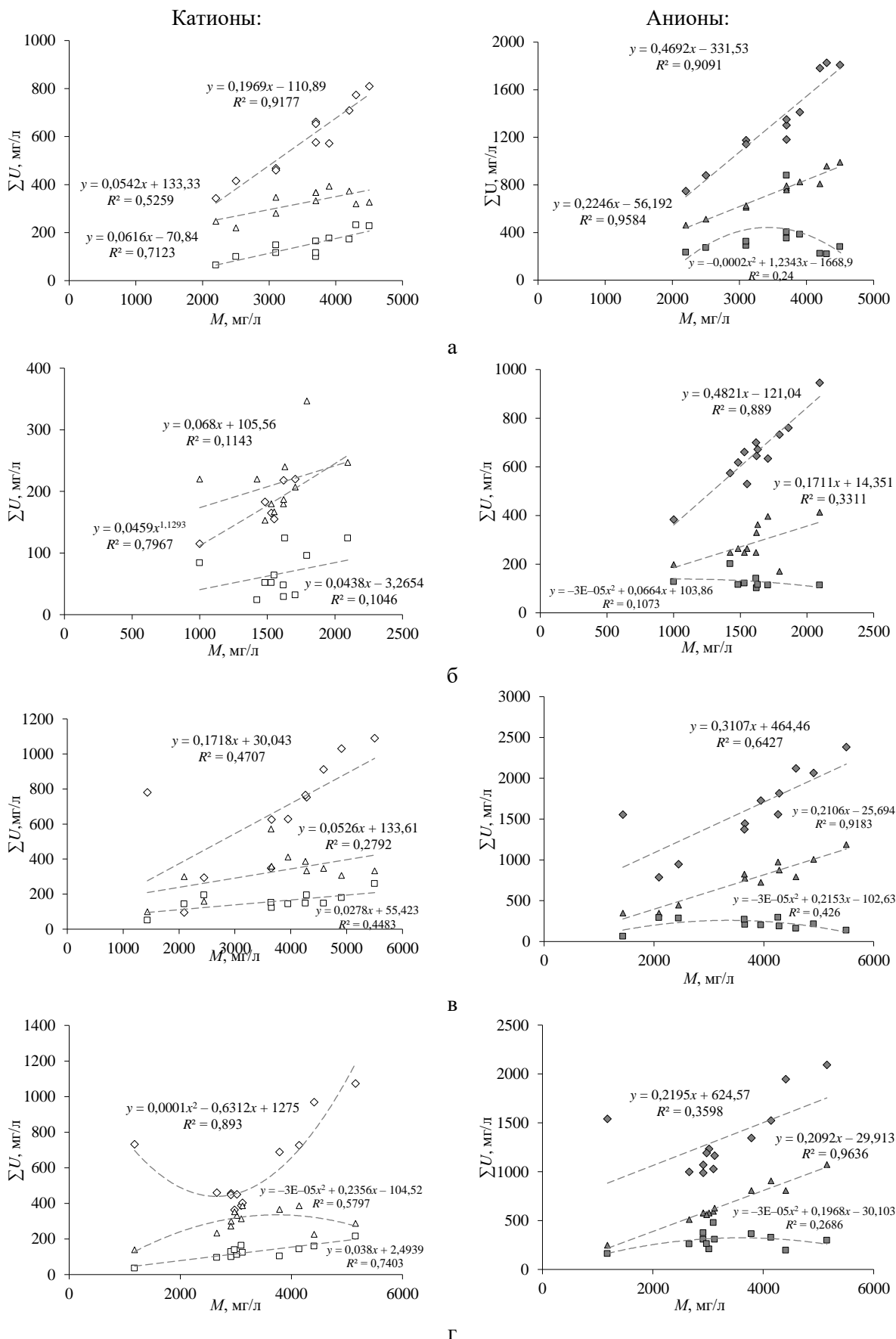


Рисунок 3 – Графики зависимости содержания ΣU главных ионов от величины минерализации M воды малых локальных водоемов за 2023 г.: а – Судочье; б – Междуречье; в – Каратерень; г – Жилтырбас; \diamond – Na^+ ; \triangle – Ca^{2+} ; \square – Mg^{2+} ; \blacklozenge – SO_4^{2-} ; \blacktriangle – Cl^- ; \blacksquare – HCO_3^- ; --- – эмпирическая кривая

Библиографический список

1. Spatiotemporal variations of ecosystem services in the Aral Sea basin under different CMIP6 projections / He J., Yu Y., Sun L. [et al.] // *Sci Rep.* 2024. Vol. 14, 12237. DOI:10.1038/s41598-024-62802-9.
2. The Aral Sea disaster: revisiting the past to plan a better future / E. Lioubimtseva // Book chapter: *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters.* 2023. P. 435–447. DOI: 10.1016/b978-0-12-820509-9.00008-3.
3. Impacts of climate change and evapotranspiration on shrinkage of Aral Sea / Huang S. [et al.] // *Sci. Total Environ.* 2022. Vol. 845, 157203. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157203.
4. Абдиров Ч.А., Сагидуллаев Н.С. и Константинова. Л.Г. Микробиологическая и гидрохимическая характеристика важнейших водоемов Каракалпакии. Ташкент: Фан, 1970. 23 с
5. Аденбаев Б.Е., Хикматов Ф.Х. Оценка современного состояния гидрологического режима водообеспеченности низовьев реки Амударья. Монография. Ташкент: «Info Capital Books», 2021. 176 с.
6. Аденбаев Б.Е., Калабаев С.Б., Гидрография, морфометрия и мониторинг современного состояния озера Джылтырбас // *Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды.* 2022. № 3. С. 52–61.
7. Баллиев А.И., Чембарисов Э.И. Оценка гидрологического и гидрохимического состояния водных объектов Южного Приаралья в условиях изменения климата // *Материалов международной научно-практической конференции, изменение климата и его влияние на окружающую среду: проблемы и их решение.* Ташкент: НУУ, 2024. С. 160–162.
8. Ешимбаев Д. Гидрохимическое состояние водоемов Каракалпакии в условиях водохозяйственных мероприятий в бассейне Амударья. Ташкент: Фан, 1975. 87 с.
9. Калабаев С.Б., Жангабаев Д.М. Қорақалпоғистондаги коллектор-завурлардан тўйинувчи кичик кўллар гидрографияси ва морфометрияси // *Гидрологические и гидроэкологические проблемы южного Приаралья: настоящее и будущее: сб. мат. научно-практич. конф.* Нукус, 2023. С. 30–33.
10. Комплексное изучение современного экологического состояния естественных водоемов Республики Каракалпакстан / А.Р. Курбанов, С.И. Ким, З.А. Мустафаева, Н.О. Титова // *Научные труды Дальрыбвтуза.* 2020. Т. 54, № 4. С. 28–42. EDN VXIFJG.
11. Усманов А.У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение // *Тр САНИИРИ.* 1978. Вып. 156. С. 55–63.
12. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод средней Азии. Ташкент: Укутувчи, 1989. 231 с.
13. Якубов М.А., Якубов Х.Э., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение. Ташкент: ИПТД «Узбекистан», 2011. 189 с.
14. Ablekim A., Ge Y., Wang Y., Hu R. The past, present and feature of the Aral Sea // *Arid Zone Res.* 2019. Vol. 36. P. 7–18. DOI: 10.13866/j.azr.2019.01.02.
15. Impacts of climate change and evapotranspiration on shrinkage of Aral Sea / Huang S. [et al.] // *Sci. Total Environ.* 2022. Vol. 845, 157203. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157203.
16. Чембарисов Э.И., Баллиев А.И. Гидрологическое и гидрохимическое состояние водных объектов южного Приаралья // *Экология и строительство.* 2024. № 3. С. 4–11. DOI: 10.35688/2413-8452-2024-03-001.
17. Yang G., Zhang M., Luo G., Liu T. Fluctuations of discharge and hydropower potential in the upper Amu Darya under the background of climate change // *Journal of Hydrology: Regional Studies.* 2024. Vol. 51, 101615. DOI: 10.1016/j.ejrh.2023.101615.

References in roman script

1. Spatiotemporal variations of ecosystem services in the Aral Sea basin under different CMIP6 projections / He J., Yu Y., Sun L. [et al.] // *Sci Rep.* 2024. Vol. 14, 12237. DOI:10.1038/s41598-024-62802-9.
2. The Aral Sea disaster: revisiting the past to plan a better future / E. Lioubimtseva // Book chapter: *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters.* 2023. P. 435–447. DOI: 10.1016/b978-0-12-820509-9.00008-3.
3. Impacts of climate change and evapotranspiration on shrinkage of Aral Sea / Huang S. [et al.] // *Sci. Total Environ.* 2022. Vol. 845, 157203. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157203.

4. Abdirrov CH.A., Sagidullaev N.S. i Konstantinova. L.G. Mikrobiologicheskaya i gidrohimicheskaya harakteristika vazhnejshih vodoemov Karakalpakii. Tashkent: Fan, 1970. 23 s
5. Adenbaev B.E., Hikmatov F.H. Ocenka sovremennogo sostoyaniya gidrologicheskogo rezhima vodoobespechennosti nizov'ev reki Amudar'ya. Monografiya. Tashkent: «Info Capital Books», 2021. 176 s.
6. Adenbaev B.E., Kalabaev S.B., Gidrografiya, morfometriya i monitoring sovremennogo sostoyaniya ozera Dzhylytyrbas // Gidrometeorologiya i monitoring okruzhayushchej sredy. 2022. № 3. S. 52–61.
7. Balliev A.I., Chembarisov E.I. Ocenka gidrologicheskogo i gidrohimicheskogo sostoyaniya vodnyh ob'ektov YUzhnogo Priaral'ya v usloviyah izmeneniya klimata // Materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, izmenenie klimata i ego vliyanie na okruzhayushchuyu sredu: problemy i ih reshenie. Tashkent: NUU, 2024. S. 160–162.
8. Eshimbaev D. Gidrohicheskoe sostoyanie vodoemov Karakalpakii v usloviyah vodohozyajstvennyh meropriyatij v bassejne Amudar'ya. Tashkent: Fan, 1975. 87 s.
9. Kalabaev S.B., ZHangabaev D.M. Qorakalporistondagi kollektor-zavurlardan t'yjinuvchi kichik k'y'llar gidrografiyasi va morfometriyasi // drologicheskie i gidroekologicheskie problemy yuzhnogo Priaral'ya: nastoyashchee i budushchee: sb. mat. nauchno-praktich. konf. Nukus, 2023. S. 30–33.
10. Kompleksnoe izuchenie sovremennogo ekologicheskogo sostoyaniya estestvennyh vodoemov Respubliki Karakalpakstan / A.R. Kurbanov, S.I. Kim, Z.A. Mustafaeva, N.O. Titova // Nauchnye trudy Dal'rybvtuza. 2020. T. 54, № 4. S. 28–42. EDN VXIFJG.
11. Usmanov A.U. K voprosu metodologii ocenki kachestva drenaznyh vod v celyah ispol'zovaniya ih na oroshenie // Tr SANIIRI. 1978. Vyp. 156. S. 55–63.
12. Chembarisov E.I., Bahritdinov B.A. Gidrohimiya rechnykh i drenaznyh vod srednej Azii. Tashkent: Ukutuvchi, 1989. 231 s.
13. Yakubov M.A., Yakubov H.E., Yakubov SH.H. Kollektorno-drenaznyj stok Central'noj Azii i ocenka ego ispol'zovaniya na oroshenie. Tashkent: IPTD «Uzbekistan», 2011. 189 s.
14. Ablekim A., Ge Y., Wang Y., Hu R. The past, present and feature of the Aral Sea // Arid Zone Res. 2019. Vol. 36. P. 7–18. DOI: 10.13866/j.azr.2019.01.02.
15. Impacts of climate change and evapotranspiration on shrinkage of Aral Sea / Huang S. [et al.] // Sci. Total Environ. 2022. Vol. 845, 157203. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157203.
16. Chembarisov E.I., Balliev A.I. Gidrologicheskoe i gidrohimicheskoe sostoyanie vodnyh ob'ektov yuzhnogo Priaral'ya // Ekologiya i stroitel'stvo. 2024. № 3. C. 4–11. DOI: 10.35688/2413-8452-2024-03-001.
17. Yang G., Zhang M., Luo G., Liu T. Fluctuations of discharge and hydropower potential in the upper Amu Darya under the background of climate change // Journal of Hydrology: Regional Studies. 2024. Vol. 51, 101615. DOI: 10.1016/j.ejrh.2023.101615.

Сведения об авторах

Баллиев Ажинияз Ибрагимович

докторант; Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем; м. Карасу–4, д. 11, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.

Чембарисов Эльмир Исмаилович

доктор географических наук, профессор; Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем; м. Карасу–4, д. 11, Ташкент, Республика Узбекистан, 100187.

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.



Статья доступна под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License. Авторские права на публикуемые материалы принадлежат редакции журнала и авторам статей.

Для цитирования: Баллиев А.И., Чембарисов Э.И. Уравнения изменения содержания главных ионов от величины минерализации гидроростов низовьев Амударьи, коллекторов и локальных малых озер // Экология и строительство. 2024. № 4. С. 14–22. DOI: 10.35688/2413-8452-2024-04-002.

Information about the authors

Balliev Azhiniyaz Ibragimovich

doctoral candidate; Scientific research Institute of irrigation and water problems; m. Karasu–4, d. 11, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.

CHembarisov Elmir Ismailovich

doctor of geographical sciences, professor; Scientific research Institute of irrigation and water problems; m. Karasu–4, d. 11, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 100187.

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Editorial opinion may not coincide with the opinion of the authors.



This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The editorial Board and the authors of the articles own the copyrights of the published materials.

For citations: Balliev A.I., CHembarisov E.I. The equations of change in the content of main ions from the mineralization value of the hyposts of the lower reaches of the Amu Darya River, canals and local small lakes // *Ekologiya i stroitelstvo*. 2024. № 4. С. 14–22. DOI: 10.35688/2413-8452-2024-04-002.