
**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ
ЛАНДШАФТОВ/PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, SOIL GEOGRAPHY AND LANDSCAPE
GEOCHEMISTRY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36> EDN: HEMUJY**СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ Р. ТЕРЕК**

Научная статья

Атабиева Ф.А.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-4452-0310;¹Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (atabieva0812[at]mail.ru)

Предложена: 14.08.2026; Принята: 13.10.2026; Опубликовано: 16.10.2026

Аннотация

Сбор и накопление данных по уровню содержания тяжелых металлов в донных отложениях водных объектов поверхностных вод суши с учетом региональных особенностей является первоочередной задачей экологических исследований. Результаты исследований донных отложений являются ценной информацией для оценки качества воды и установления источника вторичного загрязнения, так как ненарушенные донные отложения содержат данные прошлых климатических и экологических условий на территории водосбора и позволяют установить фоновые уровни, с которыми можно сравнивать и сопоставлять существующие условия. Среди геохимических маркеров региональных процессов осадконакопления наиболее удобный объект — тяжелые металлы (ТМ), так как их концентрации в донных отложениях отличаются стабильностью во времени. Впервые в донных отложениях реки Терек исследованы концентрации соединений тяжелых металлов (Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd). Пробы донных отложений отбирали у уреза воды в местах видимой аккумуляции наносов из двух слоев: 1-й слой на глубине 0–5 см, 2-й слой на глубине — 20–30 см. Максимальные значения концентраций соединений марганца и меди равные 696,2 и 30,9 (мг/кг) соответственно обнаружены в донных отложениях второго слоя р. Терек в предгорной зоне. При рассмотрении сезонной динамики распределения соединений тяжелых металлов в системе вода-донные отложения с расчетом коэффициента распределения выявлено, что наиболее интенсивные процессы миграции из воды в донные отложения отмечены для соединений марганца ($IgK = 4,80$).

Ключевые слова: река Терек, донные отложения, соединения тяжелых металлов, анализ, загрязнённость.**METAL COMPOUNDS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE TEREK RIVER**

Research article

Atabieva F.A.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-4452-0310;¹High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

* Corresponding author (atabieva0812[at]mail.ru)

Suggested: 14.08.2026; Accepted: 13.10.2026; Published: 16.10.2026

Abstract

The collection and compilation of data on heavy metal concentrations in bottom sediments of inland surface water bodies, taking regional specifics into account, is a priority task in environmental research. The results of studies of bottom sediments provide valuable information for assessing water quality and identifying sources of secondary pollution, as undisturbed bottom sediments contain data on past climatic and environmental conditions within the water collection area and enable the establishment of background levels against which current conditions can be compared and contrasted. Among the geochemical markers of regional sedimentation processes, heavy metals (HM) are the most suitable indicator, as their concentrations in bottom sediments remain stable over time. This is the first study to examine the concentrations of heavy metal compounds (Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) were measured. Sediment samples were collected at the water's edge in areas of visible sediment accumulation from two layers: the first layer at a depth of 0–5 cm, and the second layer at a depth of 20–30 cm. The maximum concentrations of manganese and copper compounds, equal to 696.2 and 30.9 (mg/kg) respectively, were found in the bottom sediments of the second layer of the Terek River in the foothill zone. When examining the seasonal dynamics of the distribution of heavy metal compounds in the water–sediment system, and calculating the distribution coefficient, it was found that the most intense migration processes from water into sediments were observed for manganese compounds ($IgK = 4.80$).

Keywords: the Terek River, bottom sediments, heavy metal compounds, analysis, pollution.**Введение**

Изучение донных отложений — важное направление экологического мониторинга водных объектов: такие отложения фиксируют как текущее состояние экосистемы, так и историю её загрязнения на конкретной территории. В России до сих пор не утверждены нормативные показатели допустимого содержания тяжёлых металлов в донных отложениях природных водоёмов. В связи с этим особенно актуальна систематизация сведений о концентрациях этих элементов в донных осадках поверхностных вод — с обязательной привязкой к региональным условиям.

В рамках проведённой работы впервые выполнен анализ содержания соединений тяжёлых металлов (Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) в донных отложениях реки Терек. На сегодняшний день отсутствует информация о содержании соединений тяжёлых металлов (включая Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Cu, Pb и Cd) в донных отложениях реки Терек. Распределение этих соединений в толще осадков позволяет выделить фоновые слои, которые отражают естественные геохимические характеристики водосборной площади. Анализ таких слоёв даёт возможность не только рассчитать степень загрязнения водного объекта, но и выявить локальные аномалии концентраций.

Данные, полученные при изучении донных отложений, имеют большую практическую ценность: они помогают оценить качество воды и локализовать источники вторичного загрязнения. Поскольку ненарушенные слои донных осадков сохраняют информацию об экологических и климатических условиях прошлых периодов, они служат надёжной основой для определения фоновых показателей. Сопоставление этих фоновых значений с современными данными позволяет объективно оценить динамику изменений состояния водосборной территории [1], [2].

Среди геохимических индикаторов, позволяющих отслеживать региональные процессы осадконакопления, особое место занимают тяжёлые металлы (ТМ). Их ценность обусловлена тем, что уровни концентрации в донных отложениях сохраняют относительную устойчивость на протяжении длительного времени [3], [4].

Поступление тяжёлых металлов в пресноводные экосистемы происходит по нескольким основным каналам: за счёт поверхностного стока, фильтрации подземных вод, сброса сточных вод, а также в результате оседания атмосферных выбросов, формируемых промышленными объектами.

Минералогический состав пород существенно влияет на уровень содержания металлов: максимальные концентрации характерны для глин и глинистых сланцев, тогда как в карбонатных породах их количество заметно ниже. Фоновые показатели содержания тяжёлых металлов в донных осадках сопоставимы с их уровнями в глинистых сланцах. При этом важно учитывать, что естественный фоновый уровень тяжёлых металлов в донных отложениях варьируется в значительных пределах — эта изменчивость напрямую связана с особенностями литологического состава коренных пород в пределах водосборного бассейна [1].

Геохимические условия Северного Кавказа существенно повлияли на перераспределение химических элементов в ландшафтах региона. Ключевую роль здесь играет специфика местных руд — она выступает одним из главных драйверов изменений кларковых соотношений.

Горные породы, в отличие от таких динамичных компонентов ландшафта, как растительный покров, рельеф или особенности водной миграции, на протяжении четвертичного периода оставались наиболее устойчивым геохимическим фактором. Именно литогеохимические характеристики задали региональный геохимический фон: для ряда элементов он оказался выше среднего (W, Sn, Pb, Li, Ti), а для некоторых — ниже (Ga, Y, Yb, Zr).

Проявления вулканической активности в историческое время способствовали накоплению в ландшафтах таких элементов, как Ni, Co, Cr, V, Sc и Mn. Антропогенное воздействие, связанное с освоением рудных месторождений, дополнительно усилило концентрацию W, Mo, Sn, Cu, Zn и Pb. Кроме того, сельскохозяйственная деятельность привела к увеличению содержания в почвах Cu [5].

В итоге для разных ландшафтных комплексов Северного Кавказа характерно значительное варьирование фоновых уровней химических элементов — это отражает сложную комбинацию природных и антропогенных факторов.

Диапазон содержания меди в почвах демонстрирует значительную вариативность — от 30 до 212 мг/кг, что соответствует семикратной разнице показателей. Концентрация молибдена колеблется в пределах 1,8–10,9 мг/кг (разброс свыше шести раз), а содержание марганца варьируется от 510 до 2380 мг/кг — примерно пятикратное превышение максимального значения над минимальным [5].

Специфика каждого ландшафта определяет индивидуальный уровень содержания химических элементов: он формируется под влиянием комплекса факторов, регулирующих миграцию веществ, и отражает степень отклонения от фоновых значений. Попытка ввести единый норматив концентрации того или иного элемента без учёта локальной специфики не имеет научного обоснования, поскольку игнорирует региональные различия в геохимических условиях [6].

В связи с этим актуальной задачей остаётся определение содержания соединений тяжёлых металлов в донных осадках рек Центрального Кавказа. Изменчивость концентрации в различные гидрологические фазы, по течению, закономерности послойного распределения, рассмотрены на примере соединений молибдена, марганца и меди в донных отложениях реки Терек. Р. Терек протекает по территории двух государств: Грузии (верховье) и Российской Федерации (шесть субъектов: Северная Осетия, Кабардино-Балкария, Ингушетия, Чечня, Ставропольский край и Дагестан). Водные ресурсы бассейна Терека играют ключевую роль в экономике республик и интенсивно используются для орошения и обводнения сельскохозяйственных земель, рыбного хозяйства, хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, гидроэнергетики.

Методы и принципы исследования

Лето 2025 года в регионе было невероятно жарким, градусник термометра достигал отметки +38 °C и выше. Мощные ливни привели к подъёму уровня воды в реках бассейна Терек. Наблюдалось увеличение водности рек, например, среднемесячный расход воды на посту р. Малка — г. Прохладный составил в июле 202 м³/с, на посту р. Терек — ст. Александровская соответственно 236 м³/с. Отбор проб воды проводился, в постоянных створах. В этих же створах отбирались донные отложения. Створ I для каждой реки располагался в предгорной зоне, а створ II — в равнинной части. В 2025 году отборы проб воды проведены 3 раза (в зимнюю межень, во время подъёма половодья и на спаде). Схема расположения створов представлена на рисунке 1. Отобраны и проанализированы пробы воды 7 рек в 14 постоянных створах и в этих же створах отобраны пробы донных отложений из двух слоёв: 1-й слой на глубине 0–5 см, 2-ой слой на глубине — 20–30 см. Всего было отобрано 42 пробы воды и 84 пробы донных отложений. Отбор проб донных отложений для исследований проводили согласно [7]. Для анализа донных отложений пробы отбирали в зонах

аккумуляции наносов вблизи уреза воды. При отборе фиксировали время, температуру воздуха и воды, прозрачность воды, минерализацию и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Водородный показатель и минерализацию измеряли портативным кондуктометром HANNA (HI 991300), окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) измеряли портативным ОВП-метром HI98120. Пробы воды отбирали в полиэтиленовые емкости, и хранили в холодильнике при температуре +2 до +5 °С. Донные отложения отбирали в полиэтиленовые пакеты, и хранили в охлажденном (от 0 до минус 3 °С) или замороженном (до минус 20 °С) состоянии. В период отбора проб воды в зимнюю межень температура воды рек варьировала от +6,4 °С до +18,1 °С. В мае температура воды рек изменялась от +10,5 °С до +17,6 °С. В сентябре от +10,7 °С до +18,5 °С.

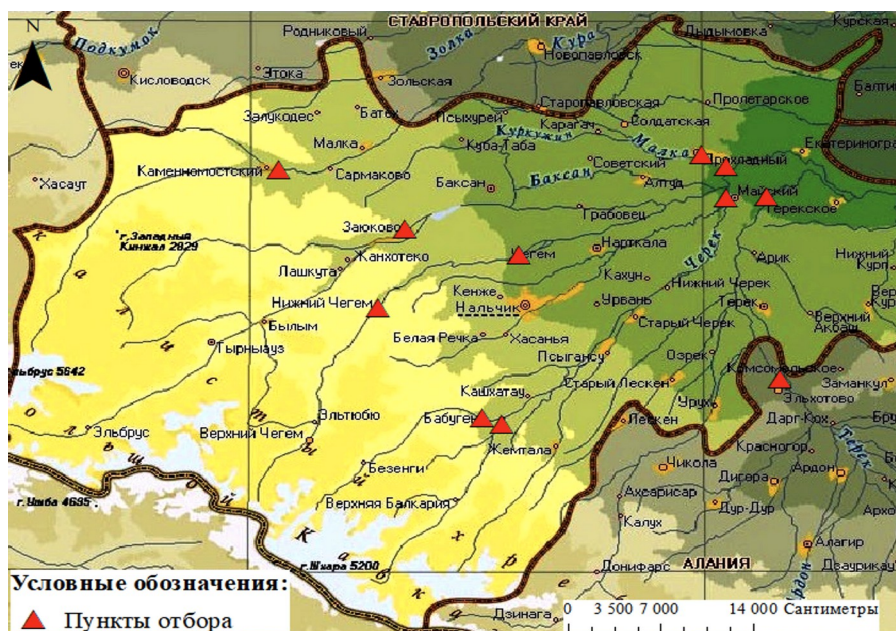


Рисунок 1 - Карта-схема пунктов отбора воды и донных отложений
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36.1>

В лабораторных условиях во всех взятых пробах определяли содержание растворённых в воде соединений ряда тяжёлых металлов — хрома, никеля, молибдена, свинца, цинка, марганца, серебра и кадмия. Чтобы выделить растворённые формы металлов, образцы воды пропускали через мембранные фильтры, размер пор которых составлял 0,45 мкм. Затем полученный фильтрат стабилизировали путём добавления азотной кислоты — 0,1 мл на каждые 100 мл водной пробы. Концентрации элементов измеряли на атомно абсорбционном спектрометре, оснащённом электротермической атомизацией [8]. В донных отложениях анализировались фракции размером менее 1 мм, согласно методике [9].

Основные результаты

Для речных вод практически всей территории бассейна Терека характерны природные концентрации меди и марганца, превышающие уровень ПДК_{рх}. В воде некоторых рек отмечалось превышение нормативных значений молибдена [10]. Приоритетными загрязняющими веществами воды указанных рек являются растворенные формы соединений молибдена, марганца и меди, уровень содержания соединений хрома, никеля, свинца и кадмия ниже ПДК_{рх}. [11], в донных отложениях зафиксированы более высокие уровни содержания соединений молибдена, марганца и меди по сравнению с их концентрациями в водной среде. Так, для реки Терек характерна выраженная сезонная динамика содержания марганца: в воде его концентрация варьируется в диапазоне 0,01–0,08 мг/дм³. В то же время в донных отложениях наблюдается существенно более высокий уровень этого элемента: в верхнем слое — от 198,2 до 580 мг/кг, в нижнем — от 179,0 до 696,2 мг/кг.

На распределение и миграцию тяжёлых металлов в природных водных объектах влияет комплекс факторов, среди которых — сезонные изменения, уровень минерализации воды, температурный режим, кислотно-основные характеристики среды (показатель pH) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh) [12].

В воде реки Терек диапазон изменчивости pH составляет 6,9–7,3 в предгорной зоне и 7,1–7,5 в равнинной. По значениям Eh (158–216, табл. 1) во всех фазах водного режима в воде р. Терек преобладают окислительные (Eh > 0) условия. Минерализация изменяется в зависимости от фазы водного режима: при подъеме половодья при разбавлении воды талыми водами ледников минерализация составляет 164 мг/дм³ в предгорной зоне и 158 в равнинной (табл. 1), при спаде половодья минерализация составляет 201–216 мг/дм³. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Свойства воды р. Терек по физико-химическим показателям

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36.2>

Фазы водного режима	pH, ед.	t _{воды} , °C	t _{возд.} , °C	Мин., мг/дм ³	Eh
р. Терек, ст. Александровская (створ I)					
Март	6,9	16,1	27,0	246	216
Май	7,3	15,9	22	178	164
Сентябрь	7,3	18,5	30	219	209
р. Терек, с. Эльхотово (створ II)					
Март	7,5	12,0	4,0	311	207
Май	7,1	17,6	21	187	158
сентябрь	7,4	16,5	30	241	201

Значения концентраций исследуемых соединений тяжелых металлов в воде и донных отложениях р. Терек представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Сезонные концентрации соединений тяжелых металлов в донных отложениях и в воде р. Терек за 2025 год

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36.3>

Фазы водного режима	Место отбора	Концентрация, мг/кг сухой массы в донных отложениях/ Концентрация, мг/дм ³ в воде					
		Mo		Mn		Cu	
		1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1слой	2 слой
Март (зимняя межень)	Створ I	0,83	0,78	567,5	696,2	5,5	5,7
		0,0043*	0,0043*	0,011	0,011	0,0016*	0,0016*
	Створ II	0,24	0,37	580,0	672,5	5,7	4,3
		0,001	0,001	0,080*	0,080*	0,0023*	0,0023*
Май (подъем половодья)	Створ I	0,21	0,25	371,2	322,0	3,5	3,0
		0,0022*	0,0022*	0,012	0,012	0,0045*	0,0045*
	Створ II	0,16	0,28	198,2	179,0	4,0	4,4
		0,0015*	0,0025*	0,027*	0,027*	0,0045*	0,0045*
Сентябрь (спад половодья)	Створ I	0,82	0,62	221,0	542,0	22,5	30,9
		0,0033*	0,0033*	0,038*	0,038*	0,0016*	0,0016*
	Створ II	0,51	0,64	227	672	12,4	14,7
		0,0029*	0,0029*	0,037*	0,037*	0,0012	0,0012

Примечание: показатель концентрации ТМ в донных осадках указан в числителе, а в воде — в знаменателе.

* — значения ТМ превышающие ПДК_{р.х.} в воде (мг/дм³)

Максимальные значения концентраций соединений марганца и меди равные 696,2 и 30,9 (мг/кг) соответственно обнаружены в донных отложениях второго слоя р. Терек в предгорной зоне; молибдена 0,83 мг/кг в верхнем слое, также в предгорной зоне.

Миграцию металлов из водной среды в донные отложения характеризовали коэффициентом распределения, рассчитываемого по формуле: $LgK_{распр} = [M_{до}]/[M_{вода}]$. В этой формуле $LgK_{распр}$ обозначает коэффициент распределения; $[M_{до}]$ — концентрацию металла в донных осадках (мг/кг); $[M_{вода}]$ — концентрацию металла в воде (мг/дм³) [12]. Величина коэффициента распределения отражает интенсивность перехода металла из воды в донные отложения: более высокие значения свидетельствуют о более активном протекании процесса. Перемещение металла обусловлено совокупностью физико-химических процессов — в частности, его осаждением, сорбцией и хемосорбцией на частицах донных осадков.

Данные, полученные в ходе расчёта коэффициента распределения, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициент распределения тяжелых металлов в донных отложениях р. Терек за 2025 год

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36.4>

Фазы водного режима	Место отбора	Коэффициент распределения, $\lg K_{\text{распр}}$					
		Mo		Mn		Cu	
		1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой
Март (зимняя межень)	Створ I	2,29	2,26	4,71	4,80	3,54	3,55
	Створ II	2,38	2,57	3,86	3,92	3,39	3,27
Май (подъем половодья)	Створ I	1,98	2,06	4,49	4,43	2,89	2,82
	Створ II	2,03	2,05	3,87	3,82	2,95	2,99
Сентябрь (спад половодья)	Створ I	2,40	2,27	3,76	4,15	4,15	4,29
	Створ II	2,26	2,43	3,79	4,26	4,01	4,09

Концентрации соединений в воде Ni, Cr, Zn, Pb и Cd ниже диапазона определения согласно используемой методике, в связи с чем коэффициенты распределения для них не рассчитаны.

Наиболее интенсивный переход соединений металлов из воды в донные отложения наблюдаются в периоды зимней межени и спада половодья в предгорной зоне р. Терек (рис. 2). В равнинной зоне различия менее выражены (рис. 3).

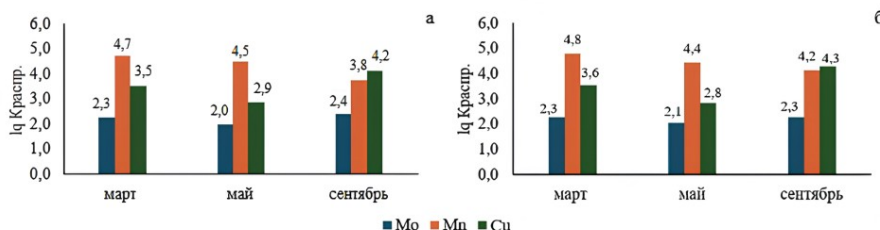


Рисунок 2 - Коэффициент распределения соединений металлов в первом (а) и во втором (б) слое донных отложений в предгорной зоне р. Терек в различные фазы водного режима

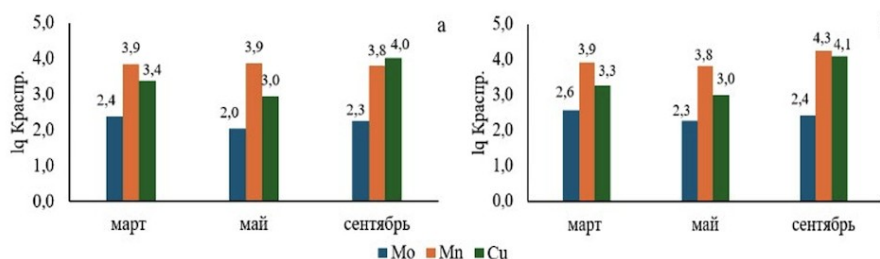
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36.5>

Рисунок 3 - Коэффициент распределения соединений металлов в первом (а) и во втором (б) слое донных отложений в равнинной зоне р. Терек в различные фазы водного режима

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.172.36.6>

По значениям коэффициента распределения проведена оценка миграционной способности металлов из воды в донные отложения. Наиболее интенсивные процессы осаждения в донные отложения отмечены для соединений: марганца $\lg K = 4,80$ и меди $\lg K = 4,29$.



Заключение

1. Одним из основных факторов, влияющих на уровень содержания исследованных соединений металлов, является фаза водного режима реки. Период подъема половодья (май) характеризуется падением концентраций молибдена, марганца и меди во всей толще донных осадков (как в верхнем, так и в нижнем слое), что объясняется увеличением потока талых ледниковых вод, активизацией эрозии поверхностных осадков и сильным разбавлением воды рек. Периоды межени (март) и спада половодья (сентябрь) приводят к снижению скорости течения что в свою очередь активизирует седиментацию соединений исследованных металлов, и приводит к росту их концентраций в донных отложениях.

2. Наиболее интенсивные процессы осаждения из воды в донные отложения отмечены для соединений марганца ($\lg K = 4,80$), в зимнюю межень в нижнем слое донных отложений.

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. Даувальтер В.А. Геоэкология донных отложений озер / В.А. Даувальтер. — Мурманск : Издательство МГТУ, 2012. — 242 с.
2. Norton S.A. Stratigraphy of total metals in PIRLA sediment cores / S.A. Norton, R.W.J. Bienen, M.W. Binford [et al.] // *Journal of Paleolimnology*. — 1992. — Vol. 7. — № 3. — P. 191–214.
3. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach / L. Håkanson // *Water Research*. — 1980. — Vol. 14. — № 8. — P. 975–1001.
4. Иванов Д.В. Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан / Д.В. Иванов, И.И. Зиганшин, Е.В. Осмелкин // *Ученые записки Казанского государственного университета. Кн. 1. Естественные науки*. — 2010. — Т. 152. — № 1. — С. 185–191.
5. Дьяченко В.В. Геохимия и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа : дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.23 / В.В. Дьяченко. — Новороссийск, 2004. — 326 с.
6. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения : учебник для студентов педагогических вузов / В.В. Добровольский. — Москва : Владос, 1999. — 383 с.
7. ПНД Ф 12.1:2.2.2.3:3.2-03. Методические рекомендации. Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления. — Москва, 2014. — 15 с.
8. ПНД Ф 14.1:2.253-09 (М01-46-2013). Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД. — Москва, 2009. — 36 с.
9. ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.63-09 (М03-07-2014). Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли V, Cd, Co, Mn, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Cr и Zn в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционных спектрометров модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД. — Москва, 2014. — 42 с.
10. Алита С.Л. Региональные предельно допустимые концентрации молибдена для водных объектов бассейна реки Терек / С.Л. Алита, Ф.А. Атабиева // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. — 2025. — № 3. — С. 64–73. — DOI: 10.35567/19994508-2025-3.
11. Атабиева Ф.А. О необходимости введения региональных предельно допустимых концентраций марганца в водных объектах бассейна р. Терек / Ф.А. Атабиева, С.Л. Алита // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*. — 2025. — Т. 35. — Вып. 3. Геоэкологические исследования. — С. 347–357. — DOI: 10.35634/2412-9518-2025-35-3-347-357.
12. Давыдова О.А. Физико-химические аспекты миграционных процессов тяжелых металлов в природных водных системах / О.А. Давыдова, Е.В. Коровина, Е.С. Ваганова [и др.] // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия»*. — 2016. — Т. 8. — № 2. — С. 40–50. — DOI: 10.14529/chem160205.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dauvalter V.A. Geoehkologiya donnykh otlozhenij ozer [Geoecology of lake bottom sediments] / V.A. Dauvalter. — Murmansk : MSTU Publishing House, 2012. — 242 p. [in Russian]
2. Norton S.A. Stratigraphy of total metals in PIRLA sediment cores / S.A. Norton, R.W.J. Bienen, M.W. Binford [et al.] // *Journal of Paleolimnology*. — 1992. — Vol. 7. — № 3. — P. 191–214.
3. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach / L. Håkanson // *Water Research*. — 1980. — Vol. 14. — № 8. — P. 975–1001.



4. Ivanov D.V. Regional'nye fonovye kontsentratsii metallov v donnykh otlozheniyakh ozer Respubliki Tatarstan [Regional background concentrations of metals in bottom sediments of lakes of the Republic of Tatarstan] / D.V. Ivanov, I.I. Ziganshin, E.V. Osmelkin // Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Kn. 1. Estestvennye nauki [Scientific Notes of Kazan State University. Book 1. Natural Sciences]. — 2010. — Vol. 152. — № 1. — P. 185–191. [in Russian]
5. Dyachenko V.V. Geokhimiya i otsenka sostoyaniya landshaftov Severnogo Kavkaza [Geochemistry and assessment of the state of landscapes of the North Caucasus] : dis. ... of Grand PhD in Geographical Sciences : 25.00.23 / V.V. Dyachenko. — Novorossiysk, 2004. — 326 p. [in Russian]
6. Dobrovolsky V.V. Geografiya pochv s osnovami pochvovedeniya [Soil geography with the basics of soil science] : textbook for students of pedagogical universities / V.V. Dobrovolsky. — Moscow : Vlados, 1999. — 383 p. [in Russian]
7. PND F 12.1:2.2:2.3:3.2-03. Metodicheskie rekomendatsii. Otbor prob pochv, gruntov, donnykh otlozhenij, ilov, osadkov stochnykh vod, shlamov promyshlennykh stochnykh vod, otkhodov proizvodstva i potrebleniya [Methodological recommendations. Sampling of soils, grounds, bottom sediments, silts, sewage sludge, industrial wastewater sludge, production and consumption waste]. — Moscow, 2014. — 15 p. [in Russian]
8. PND F 14.1:2.253-09 (M01-46-2013). Kolichestvennyj khimicheskij analiz vod. Metodika izmerenij massovoj kontsentratsij Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn v probakh prirodnykh i stochnykh vod atomno-absorbtsionnym metodom s ehlektrotermicheskoj atomizatsiej s ispol'zovaniem atomno-absorbtsionnogo spektrometra modifikatsij MGA-915, MGA-915M, MGA-915MD [Quantitative chemical analysis of waters. Measurement procedure for mass concentrations of Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn in natural and waste water samples by atomic absorption method with electrothermal atomization using atomic absorption spectrometers of modifications MGA-915, MGA-915M, MGA-915MD]. — Moscow, 2009. — 36 p. [in Russian]
9. PND F 16.1:2.2:2.3.63-09 (M03-07-2014). Kolichestvennyj khimicheskij analiz pochv. Metodika izmerenij massovoj doli V, Cd, Co, Mn, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Cr i Zn v probakh pochv, gruntov, donnykh otlozhenij, osadkov stochnykh vod atomno-absorbtsionnym metodom s ehlektrotermicheskoj atomizatsiej s ispol'zovaniem atomno-absorbtsionnykh spektrometrov modifikatsij MGA-915, MGA-915M, MGA-915MD [Quantitative chemical analysis of soils. Measurement procedure for mass fractions of V, Cd, Co, Mn, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Cr and Zn in soil, ground, bottom sediment, and sewage sludge samples by atomic absorption method with electrothermal atomization using atomic absorption spectrometers of modifications MGA-915, MGA-915M, MGA-915MD]. — Moscow, 2014. — 42 p. [in Russian]
10. Alita S.L. Regional'nye predel'no dopustimye kontsentratsii molibdena dlya vodnykh ob'ektov bassejna reki Terek [Regional maximal permissible molybdenum concentrations for water bodies in the Terek River basin] / S.L. Alita, F.A. Atabieva // Vodnoe khozajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management]. — 2025. — № 3. — P. 64–73. — DOI: 10.35567/19994508-2025-3. [in Russian]
11. Atabieva F.A. O neobkhodimosti vvedeniya regional'nykh predel'no dopustimykh kontsentratsij margantsa v vodnykh ob'ektakh bassejna r. Terek [On the need to introduce regional maximum permissible concentrations of manganese in the water bodies of the Terek River basin] / F.A. Atabieva, S.L. Alita // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences]. — 2025. — Vol. 35. — Issue 3. Geoeological Research. — P. 347–357. — DOI: 10.35634/2412-9518-2025-35-3-347-357. [in Russian]
12. Davydova O.A. Fiziko-khimicheskie aspekty migratsionnykh protsessov tyazhelykh metallov v prirodnykh vodnykh sistemakh [hysical-Chemistry Aspects of Migratory Processes of Heavy Metals in Natural Aqueous Systems] / O.A. Davydova, E.V. Korovina, E.S. Vaganova [et al.] // Vestnik YuUrGU. Seriya "Khimiya" [Bulletin of the South Ural State University. Series Chemistry]. — 2016. — Vol. 8. — № 2. — P. 40–50. — DOI: 10.14529/chem160205. [in Russian]