

УДК 631.45

DOI: 10.19047/0136-1694-2026-127-160-188



### Ссылки для цитирования:

Белозерцева И.А., Энх-Амгалан С., Гагаринова О.В., Емельянова Н.В., Гэрэлмаа Г., Амарсанаа О., Саранцэцэг Б., Урантамир Г., Аяулы Е., Ганзориг О., Гэрэлт-Од Д. Экологическое состояние почв и вод в горнодобывающих районах Южногобийского аймака Монголии // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2026. Вып. 127. С. 160-188. DOI: 10.19047/0136-1694-2026-127-160-188

### Cite this article as:

Belozertseva I.A., Enkh-Amgalan S., Gagarinova O.V., Emelyanova N.V., Gerelmaa G., Sarantsetseg B., Urantamir G., Ayuuly E., Ganzorig O., Gerelt-Od D., Ecological state of soils and waters in the mining areas of South Gobi province of Mongolia, Dokuchaev Soil Bulletin, 2026, V. 127, pp. 160-188, DOI: 10.19047/0136-1694-2026-127-160-188

### Благодарность:

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 24-47-03004 по теме: “Геоэкономические и геоэкологические приоритеты нового ресурсно-индустриального освоения районов востока России и Монголии в условиях обострения геополитической ситуации и создания международных транспортных коридоров” (<https://rscf.ru/project/24-47-03004>).

### Acknowledgments:

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 24-47-03004 on the topic: “Goeconomic and geoeological priorities of new resource-industrial development of the regions of eastern Russia and Mongolia in the context of an aggravated geopolitical situation and the creation of international transport corridors” (<https://rscf.ru/project/24-47-03004>).

## Экологическое состояние почв и вод в горнодобывающих районах Южногобийского аймака Монголии

© 2026 г. И. А. Белозерцева<sup>1,2\*</sup>, С. Энх-Амгалан<sup>3,4</sup>,  
О. В. Гагаринова<sup>1</sup>, Н. В. Емельянова<sup>1,5</sup>, Г. Гэрэлмаа<sup>4</sup>,  
О. Амарсанаа<sup>4</sup>, Б. Саранцэцэг<sup>6</sup>, Г. Урантамир<sup>3</sup>, Е. Аяулы<sup>7</sup>, У.  
Ганзориг<sup>3</sup>, Д. Гэрэлт-Од<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Россия,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, д.1,  
<https://orcid.org/0000-0000-7995-2298>, e-mail: [belozia@mail.ru](mailto:belozia@mail.ru).*

<sup>2</sup>*Иркутский государственный университет, Россия,  
664011, Иркутск, ул. Сухэ-Батора, д. 5*

<sup>3</sup>*Институт Географии и Геоэкологии Академии наук Монголии,  
Монголия, 15170, Улаанбаатар, район Чингэлтэй,  
4-й квартал, ул. Западная Сэлбэ, д. 15.*

<sup>4</sup>*Международный университет Улан-Батора Монголии, Монголия,  
г. Улан-Батор, район Баянзурх, 25-й квартал, ул. Намянджу.*

<sup>5</sup>*Иркутский институт химии им. А.Е.Фаворского СО РАН, Россия,  
664033, Иркутск, ул. Фаворского, д.1.*

<sup>6</sup>*Центр исследований стихийных бедствий научно-исследовательского  
института при университете внутренних дел Монголии, Монголия,  
Улаанбаатар, ул. Хилчин-8,*

<sup>7</sup>*Институт философии Баян-Ульгийского отделения  
Академии наук Монголии, Монголия,  
83123, аймак Баян-Ульгий, сомон Улгий, 5-ый баг, ул. Зуха батор.*

*Поступила в редакцию 04.04.2025, после доработки 06.05.2025,  
принята к публикации 27.01.2026*

**Резюме:** В 2024 г. проведены ландшафтно-геохимические исследования в южных районах Монголии в районе добычи угля (предприятие “Таван Толгой”) и меди (предприятие “Оую Толгой”). Отобраны образцы грунтовых вод и почв, проведены химико-аналитические работы. Дана оценка экологического состояния почв и подземных вод в горнодобывающих сомонах Ханбогд и Цогтцэций Южногобийского аймака Монголии. В результате проведенных исследований выявлено, что грунтовые воды в районе добычи меди в основном пресные, на территории добычи угля – слабосолоноватые. Почвы в основном представлены сероземовидными, относятся к карбонатным, иногда к засоленным. Выявлены очаги загрязнения грунтовых вод и почв на территории фермерских хозяйств, находящихся вблизи горнодобывающих предприятий. В водах колодцев и скважин местных жителей обнаружены высокие концентрации ионов натрия, фтора, магния, хлора, сульфатов и ряда токсичных тяжелых металлов. В почвах тех же районов выявлены повышенные содержания никеля, меди, цинка и мышьяка, превышающие санитарно-гигиенические нормы, иногда более чем в 20 раз.

**Ключевые слова:** почвы; подземные воды; экология; экстремальные климатические условия.

## **Ecological state of soils and waters in the mining areas of South Gobi province of Mongolia**

© 2026 I. A. Belozertseva<sup>1,2\*</sup>, S. Enkh-Amgalan<sup>3,4</sup>,  
O. V. Gagarinova<sup>1</sup>, N. V. Emelyanova<sup>1,5</sup>, G. Gerelma<sup>4</sup>,  
O. Amarsanaa<sup>4</sup>, B. Sarantsetseg<sup>6</sup>, G. Urantamir<sup>3</sup>, E. Ayauli<sup>7</sup>,  
U. Ganzorig<sup>3</sup>, D. Gerelt-Od<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS,  
1 Ulaanbaatar Str., Irkutsk 664033, Russian Federation,  
<https://orcid.org/0000-0000-7995-2298>, e-mail: [belozia@mail.ru](mailto:belozia@mail.ru).*

<sup>2</sup>*Irkutsk State University,  
5 Sukhbaatar Str., Irkutsk 664011, Russian Federation.*

<sup>3</sup>*Institute of Geography and Geoecology Mongolian Academy of Sciences,  
Building 15, 4<sup>th</sup> Khoroo, Zapadnaya Selbe Street, Chingeltei District,  
Ulaanbaatar 15170, Mongolia.*

<sup>4</sup>*Ulaanbaatar International University of Mongolia,  
Namyangzhu Street, 25<sup>th</sup> Khoroo, Bayanzurkh District, Mongolia.*

<sup>5</sup>*A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS,  
1 Favorsky Str., Irkutsk 664033, Russian Federation.*

<sup>6</sup>*Disaster research center of Integrated Research Institute  
at University of Internal Affairs,  
8 Khilchina Str., Ulaanbaatar, Mongolia.*

<sup>7</sup>*Institute of Philosophy, Mongolian Academy of Sciences Department in  
Bayan-Ulgii aimag, Zukh Bator Street, 5<sup>th</sup> bag, Somon Ulgiy,  
Bayan-Ulgii aimak, 831123, Mongolia.*

*Received 04.04.2025, Revised 06.05.2025, Accepted 27.01.2026*

**Abstract:** In 2024, landscape geochemical studies were conducted in the southern regions of Mongolia in the area of coal (Tavan Tolgoi enterprise) and copper (Ouyu Tolgoi enterprise) mining. Samples of groundwater and soils were collected, chemical and analytical work was carried out. The purpose of the work is to assess the ecological state of soils and groundwater in the mining soums of Khanbogd and Tsogttsetsii of the South Gobi aimag of Mongolia. As a result of the studies, it was found that the groundwater in the copper mining area is mainly fresh, while in the coal mining area it is slightly

saline. Soils are mainly sierozem-like, belong to carbonate, and sometimes to saline. Foci of groundwater and soil pollution were identified on the territory of farms located near mining enterprises. High concentrations of sodium, fluorine, magnesium, chlorine, sulfates and a number of toxic heavy metals have been found in the waters of wells and boreholes of local residents. Increased levels of nickel, copper, zinc and arsenic have been found in the soils of the same areas, exceeding sanitary and hygienic standards, sometimes by more than 20 times.

**Keywords:** soils; groundwater; ecology; extreme climatic conditions.

## ВВЕДЕНИЕ

Южногобийский аймак занимает площадь в 165 тыс. км<sup>2</sup> в южной части Монголии. Вся территория аймака входит в состав Гобийского региона и расположена на высоте 1300–2825 м над уровнем моря. Аймак состоит из 15 сомонов, 69% территории которых занимают пастбища, а 24% – земли особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Во всех сомонах аймака развито традиционное скотоводство. Численность населения составляет 76.1 тыс. человек.

На территории аймака разрабатываются месторождения природных полезных ископаемых и ресурсов, считающиеся крупными не только в стране, но и в мире. К ним относятся, например, стратегически важные месторождения золота и меди “Оюу Толгой”, месторождение угольной группы “Таван Толгой”, месторождение золота “Цагаан Суварга” и др. В Южногобийском аймаке сосредоточено более 60% запасов угля Монголии. Общие запасы угля месторождения “Таван Толгой” составляет 5.1 млрд т, из них 1.5 млрд т составляет коксующийся уголь.

Исследования в рамках совместного российско-монгольского проекта проводились в сомонах Ханбогд и Цогтцэций Южногобийского аймака, где в последние годы происходит бурное развитие горнодобывающей промышленности и резкий рост численности населения. По состоянию на 2023 г. (National Report, 2024) в этих сомонах насчитывалось 19.1 тыс. человек, при этом возросла миграция населения в горнодобывающие сомоны. За период с 2010 по 2020 гг. население сомонов Ханбогд и Цогтцэций увеличилось на 138–150%, тогда

как население близлежащего сомона Баяновоо – всего на 15%. В целом население сомонов с развитой горнодобывающей промышленностью за 10 лет выросло в 10 раз.

В целом территория сомонов Ханбогд и Цогтцэций составляет 2 240 тыс. га, из которых 1 878 тыс. га – земли сельскохозяйственного назначения, 202 тыс. га – земли государственных предприятий и организаций, 133 тыс. га – лесные массивы, 13 тыс. га. – земли поселений.

Сомон Ханбогд занимает территорию 1 515 тыс. га с общей численностью населения 8 941 чел. (2023 г.). Основными отраслями экономики являются животноводство и горнодобывающая промышленность. В 2023 г. в сомоне Ханбогд насчитывалось 164 тыс. голов домашнего скота. Здесь расположено крупнейшее в Монголии месторождение меди – “Оюу Толгой”. Через сомон проходят автомобильная и железнодорожная дороги, используемые для перевозки полезных ископаемых.

Общая площадь сомона Цогтцэций составляет 72.5 км<sup>2</sup>, в нем проживает 10 тыс. человек населения и имеется 3 тыс. домохозяйств. Основным сектором экономики является животноводство, насчитывается 135 тыс. голов домашнего скота (2023 г.). При этом сомон богат полезными ископаемыми (уголь, гипс, золото, медь, соль) и в последние годы происходит быстрое развитие горнодобывающей промышленности. Такие крупные горнодобывающие компании, как АО “Таван Толгой”, ООО “Энергетические ресурсы” и АО “Эрдэнэс Таван Толгой”, осуществляют горнодобывающую и транспортную деятельность, развивают транспортную и инженерную инфраструктуру территории.

Развитие горнодобывающей промышленности в Южногобийском аймаке является основным рычагом развития территории, но оттесняет на второй план исторический вид деятельности населения – животноводство, и создает значительное негативное техногенное воздействие на окружающую среду.

Климат территории исследования экстремально-континентальный. Зима продолжительная, холодная и сухая (температура воздуха опускается до –40 °С). Весной наблюдаются метели и пыльные бури. Лето короткое и жаркое (до +45 °С). В июле и августе выпадает основная часть осадков (от 100 до 200 мм), в

среднем за год – 194 мм (Ecosystems, 2019).

В период проведения экспедиционных исследований в конце июля – начале августа 2024 г. отмечено повышенное количество осадков, обусловившее хорошее развитие растительности. Во всех фермерских хозяйствах имеются колодцы или скважины, во многих случаях присутствуют оба источника водоснабжения. Все исследованные колодцы были наполнены водой. Некоторые фермеры имеют систему капельного орошения для выращивания кормов для животных (пшеница и др.), овощей и фруктов (капуста, свекла, зелень, арбузы и т. д.) (рис. 1).

В засушливые годы и периоды опасных природных явлений (“зуд”) из-за скудного развития растительности или ее полного отсутствия отмечается падеж скота (Nyamtseren et al., 2018). По данным официальных источников и рассказам местного населения, в таких случаях горнодобывающие компании оказывали безвозмездную помощь местным фермерам, привозя корма с соседних территорий. Некоторые члены фермерских семей работают на горнодобывающих предприятиях и имеют хороший дополнительный доход. Большая часть фермерских хозяйств обеспечена современными домами, юртами, транспортными средствами, солнечными батареями, спутниковыми антеннами и др. Традиционно семьи фермеров многодетные.

В ландшафтно-геохимическом отношении данная территория учеными мало исследована. Процессам аридизации почв посвящен ряд статей (Панкова, Конюшкова, 2013; Панкова, Черноусенко, 2020 и др.). Имеются аналитические данные общественных организаций Монголии, самих горнодобывающих предприятий (Экологический мониторинг..., 2023). Эколого-геохимические исследования проводились учеными в других более близкорасположенных к Улан-Батору горнодобывающих районов, например, в бассейне р. Селенга (Kasimov et al., 2016), в Прибайкалье (Воробьева, Власова, 2020), в Забайкалье (Копылова и др., 2013; Выркин и др., 2014; Шеховцов, Белозерцева, 2016). Учеными выявлено аномально высокое содержание ТМ в почвах и растительности в районах действующих и давно закрытых горнодобывающих предприятий.



**Рис. 1.** Ключевые площадки № 4 и 5 (фермерские хозяйства в 18 км и в 7 км на запад от предприятия по добыче меди).

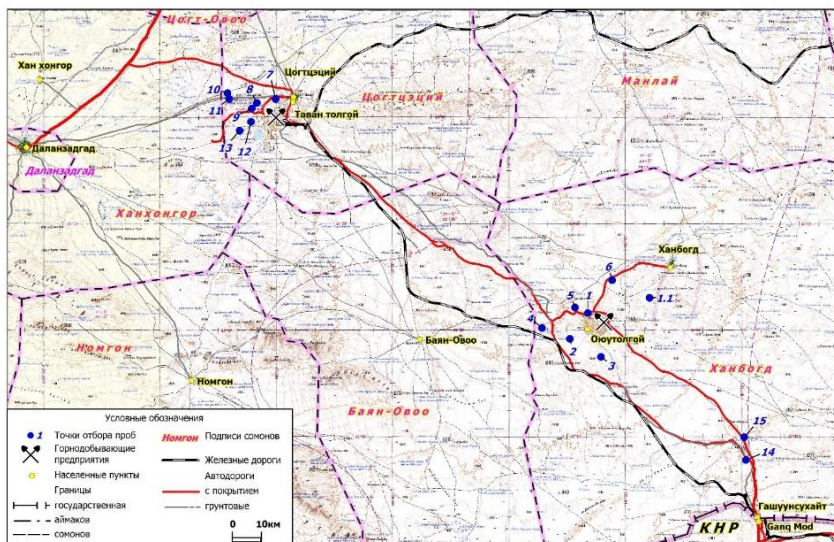
**Fig. 1.** Key sites No. 4 and 5 (farms 18 km and 7 km west of the copper mining plant).

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В конце июля – начале августа 2024 г. проведены экспедиционные ландшафтно-геохимические и водно-экологические исследования для определения уровня загрязнения природной среды в районах горнодобывающих предприятий (Цогтэцийсум и Ханбогд, сомоны Южногобийского аймака). Образцы грунтовых вод и почв отобраны на территориях, прилегающих к угледобывающим предприятиям месторождения “Таван Толгой” и медедобывающему предприятию месторождения “Оую Толго” (рис. 2).

Фоновый участок с преобладающими сероземовидными почвами находится в 60 км на юго-восток (ЮВ) от предприятия “Таван Толгой” и в 52 км на северо-запад (СЗ) от предприятия “Оую Толгой”.

а



б



с



**Рис. 2.** Основные ключевые площадки отбора проб воды и почв (а), территории угледобывающего предприятия “Таван Толгой” и медедобывающего предприятия “Оую Толгой” (б), фермерские хозяйства (с).

**Fig. 2.** The main key sites for collecting water and soil samples (a), the territories of the “Tavan Tolgoi” coal mining and “Ouyu Tolgoi” copper mining enterprises (b), and farms (c).

Проведены химико-аналитические работы в полевых и камеральных условиях по стандартным методикам в Институте географии и геоэкологии МАН, в аккредитованном химико-аналитическом центре Института географии им. В.В. Сочавы СО РАН, в аккредитованной лаборатории “Геоаналитик” (ГОСТ Р

51232-98; ИСО 11885 (ГОСТ Р 57165-2016); ISO 14869; Теория и практика..., 2006; Шпейзер, Минеева, 2006; Алекин и др., 1973; Аринушкина, 1970 и др.). Величину рН, фторидов, хлоридов, гидрокарбонатов, фосфатов, аммония, нитритов, взвешенных веществ в воде определяли в полевых условиях с помощью полевой комплексной химической лаборатории с дополнительным оборудованием (рН-метр, фотоколориметр и др.) в день отбора проб по общепринятым методикам. Водородный показатель (рН) в воде измерялся потенциометрическим методом. Содержание гидрокарбонатов определяли титриметрическим методом, массовую концентрацию нитритов – фотометрическим методом с реактивом Грисса, содержание хлоридов – аргентометрическим методом, концентрацию нитратов – фотометрическим методом с салициловой кислотой. Содержание ионов аммония измеряли фотометрическим методом с реактивом Несслера, концентрацию фосфатов – фотометрическим методом с восстановлением аскорбиновой кислотой. Содержание фтора определялось фотометрическим методом с лантан ализаринкомплексом. Содержание металлов установлено методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Концентрация нефтепродуктов определена на флюорате. Реакция почвенной среды ( $pH_{\text{водн}}$ ) определена потенциометрическим методом, содержание органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ) – методом мокрого сжигания по Тюрину, гранулометрический состав почв – по Качинскому. Содержание основных элементов питания растений установлено с помощью агрохимических методов исследования почв (Ильковская и др., 1975).

Использованы данные: статистические, геоэкологического мониторинга территории промышленных площадок, представленные предприятием по добыче угля; общественной организации “Монх ногоон галба”; администраций районов Цогтцэцийсум и Ханбогд (National Report, 2024; Экологический мониторинг..., 2023 и др.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Горнодобывающие предприятия и населенные пункты аймака расположены на пустынной и полупустынной территории, где отсутствуют поверхностные водные объекты, за исключением

временных водотоков и озер, образующихся в период выпадения интенсивных осадков.

Экологическое состояние Южногобийского аймака формируется в условиях дефицита водных ресурсов и существенных техногенных воздействий горнодобывающих производств. Интенсивное развитие промышленности создает положительный эффект в экономическом развитии территории, но негативно влияет на природную среду, ведет к загрязнению почвы, воды, воздуха, а также к сокращению сельскохозяйственных территорий (пастбищ).

Водоснабжение предприятий и населения осуществляется главным образом за счет подземных вод месторождения “Гунийхулой”. При этом деятельность горнопромышленных предприятий требует большого количества воды, что ведет к снижению запасов подземных вод, которое проявляется в обезвоживании колодцев и уменьшении дебита скважин. Дефицит водных ресурсов сопровождается снижением качества воды, что связано с фильтрацией загрязняющих веществ в водоносные горизонты из карьерных и шахтных разработок, а также через почвенно-грунтовые слои с поверхности.

Материалы экологического мониторинга на территории промышленных предприятий, осуществляемого горнодобывающими компаниями, свидетельствуют о высокой общей минерализации воды, превышающей нормативные требования к питьевой воде в среднем в 2 раза, в связи с чем проводится предварительная ее подготовка для питьевых целей. В холле помещения угледобывающего предприятия в открытом доступе работникам предоставляется очищенная бутилированная вода.

Результаты проведенных ландшафтно-геохимических исследований показали, что по степени минерализации вода скважин и колодцев вблизи предприятия по добыче меди (“Оую Толгой”) в основном является пресной ( $502\text{--}799\text{ мг/дм}^3$ ), но встречается и слабосоленоватая вода ( $1\ 011\text{ мг/дм}^3$ , скважина в 5 км на С-3 от предприятия). По химическому составу вода относится к кальциевой и натриевой группе гидрокарбонатного типа, в глубоких (более 70 м) скважинах – к натриевой группе сульфатного класса. В воде скважин и колодцев в районе медного месторождения отме-

чено высокое содержание натрия ( $203 \text{ мг/дм}^3$ ) и фтора ( $1.00\text{--}2.74 \text{ мг/дм}^3$ ), превышающее ПДК (СанПиН 1.2.3685-21, 2021).

Грунтовые воды в районе угледобывающего предприятия (“Таван Толгой”) имеют более высокие значения общей минерализации от  $534$  до  $2\,003 \text{ мг/дм}^3$ . Встречается как пресная, так и слабосоленоватая вода, которая относится к натриевой группе гидрокарбонатного и сульфатного класса. При этом в глубоких скважинах (более  $80 \text{ м}$ ) выявлена вода натриевой группы хлоридного класса. В воде отмечено превышение ПДК магния ( $11\text{--}104 \text{ мг/дм}^3$ ), хлора ( $72\text{--}430 \text{ мг/дм}^3$ ) и сульфатов ( $95\text{--}790 \text{ мг/дм}^3$ ). Кислотность грунтовых вод в районах исследования характеризуется в основном слабощелочной реакцией ( $\text{pH } 7.6\text{--}8.2$ ), на одной площадке – близкой к нейтральной ( $\text{pH } 7.3$ ) в пределах ПДК (табл. 1). В водопроводной воде медедобывающего предприятия выявлено высокое содержание хлора ( $1\,008 \text{ мг/дм}^3$ ) и сульфатов ( $870 \text{ мг/дм}^3$ ).

Содержание Mo, Ba, Cu, Fe, Zn, Sr, Co и Hg в воде колодцев и скважин исследуемых районов не превышает ПДК (СанПиН 1.2.3685-21) и имеет следующие значения:  $0.01\text{--}0.10$ ;  $0.00\text{--}0.08$ ;  $0.00\text{--}0.02$ ;  $0.02\text{--}0.09$ ;  $0.00\text{--}0.09$ ;  $0.09\text{--}4.48$ ;  $0.000\text{--}0.005 \text{ мг/дм}^3$  соответственно. Концентрации Mn, Pb, Ni, Cr, Cd и As в грунтовых водах около предприятия по добыче меди превышают или находятся на уровне ПДК с максимальными значениями  $0.12$ ;  $0.02$ ;  $0.02$ ;  $0.05$ ;  $0.003$ ,  $0.09 \text{ мг/дм}^3$  соответственно (табл. 2). В водопроводной воде медедобывающего предприятия выявлены повышенные концентрации As и Cd ( $0.01$  и  $0.003 \text{ мг/дм}^3$  соответственно) на уровне и выше ПДК. В районе добычи угля в грунтовых водах обнаружено высокое содержание V, Cd и As, превышающее или находящееся на уровне ПДК (их концентрации достигают  $3.37$ ;  $0.002$ ,  $0.02 \text{ мг/дм}^3$  соответственно).

Концентрация нефтепродуктов в грунтовых водах исследуемых территорий колеблется от  $0$  до  $0.022 \text{ мг/дм}^3$ , за исключением площадки вблизи угледобывающего предприятия “Таван-Толгой”, где содержание нефтепродуктов ( $0.141 \text{ мг/дм}^3$ ) в воде колодца (глубина  $3 \text{ м}$ ) превышало ПДК ( $0.10 \text{ мг/дм}^3$ ).

**Таблица 1.** Предельные и средние значения pH, содержания нефтепродуктов и основных ионов в грунтовых водах на территории месторождений и добычи меди и угля, Южногобийский аймак Монголии (сомоны Ханбогд, Цогтцэций)

**Table 1.** Limit and average values of pH, content of oil products and main ions in groundwater in the territory of copper and coal deposits and mining, South Gobi aimag of Mongolia (Khanbogd, Tsogtsetsii somons)

Предельные и средние значения	pH	Анионы							Катионы					$\Sigma^*$ , мг/дм <sup>3</sup>	НП** мг/дм <sup>3</sup>
		F <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		
		мг/дм <sup>3</sup>													
В районе предприятия “Оюн Толгой” по добыче меди															
максимум	8.2	2.74	356.9	226.1	330.0	0.80	18.00	0.25	132.3	28.3	7.2	202.5	0.7	1011	0.022
минимум	7.7	1.00	91.5	35.7	60.2	0.00	3.53	0.00	42.9	6.7	0.8	62.1	0.0	502	0.000
среднее	7.9	1.50	219.2	103.4	165.8	0.12	8.53	0.07	73.3	13.8	3.0	93.8	0.2	683	0.010
В районе предприятия “Таван Толгой” по добыче угля															
максимум	8.2	1.54	610.0	429.6	790.0	5.0	12.00	0.25	144.7	77.2	3.6	171.0	0.0	2003	0.141
минимум	7.3	1.08	170.8	71.7	95.0	0.0	0.00	0.00	21.6	11.3	0.7	82.0	0.0	535	0.003
среднее	7.7	1.30	298.9	240.8	347.9	0.8	7.43	0.11	63.8	36.4	1.8	121.7	0.0	1121	0.030
Класс опасности	-	-	4	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	3
ПДК***	6-9	1.5	-	350	500	3	45	-	-	50	-	200	1.5	1500	0.10

**Примечание.**  $\Sigma^*$  – минерализация; НП\*\* – нефтепродукты; \*\*\* Согласно СанПиН 1.2.3685-21; прочерк – не установлены.

**Note.**  $\Sigma^*$  – mineralization; NP\*\* – petroleum products; \*\*\* According to (SanPiN 1.2.3685-21); dash – not installed.

**Таблица 2.** Предельные и средние значения содержания макро- и микроэлементов в грунтовых водах на территории месторождений и добычи меди и угля, Южногобийский аймак Монголии (сомоны Ханбогд, Цогтцэций), мг/дм<sup>3</sup>

**Table 2.** Limit and average values of macro- and microelements in groundwater in the territory of copper and coal deposits and mining, South Gobi aimag of Mongolia (Khanbogd, Tsogttsetsii somons), mg/dm<sup>3</sup>

Предельные и средние значения	Mo	Mn	Ba	Al	Pb	Ni	Cu	Fe	Zn	Sr	Co	Cr	V	Cd	As	Hg
В районе предприятия “Оюн Толгой” по добыче меди																
максимум	0.10	0.12	0.08	0.04	0.02	0.020	0.02	0.09	0.00	1.71	0.005	0.05	0.02	0.003	0.09	0.000
минимум	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000	0.01	0.02	0.00	0.21	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
среднее	0.04	0.04	0.03	0.01	0.00	0.010	0.01	0.04	0.00	0.71	0.002	0.03	0.01	0.001	0.04	0.000
Около предприятия “Таван Толгой” по добыче угля																
максимум	0.07	0.06	0.06	0.02	0.00	0.000	0.01	0.07	0.09	4.48	0.001	0.01	3.37	0.002	0.02	0.000
минимум	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.02	0.00	0.09	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.000
среднее	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.000	0.00	0.03	0.023	1.10	0.001	0.00	0.49	0.001	0.01	0.000
ПДК*	0.07	0.1	0.7	0.2	0.01	0.02	1	0.3	-	7	0.1	-	0.1	0.001	0.01	0.001
КО**	-	4	4	4	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	1

**Примечание.** \* Согласно СанПиН 1.2.3685-21; прочерк – не установлены; КО\*\* – класс опасности.

**Note.** According to (SanPiN 1.2.3685-21); dash – not installed; КО\*\* – hazard class.

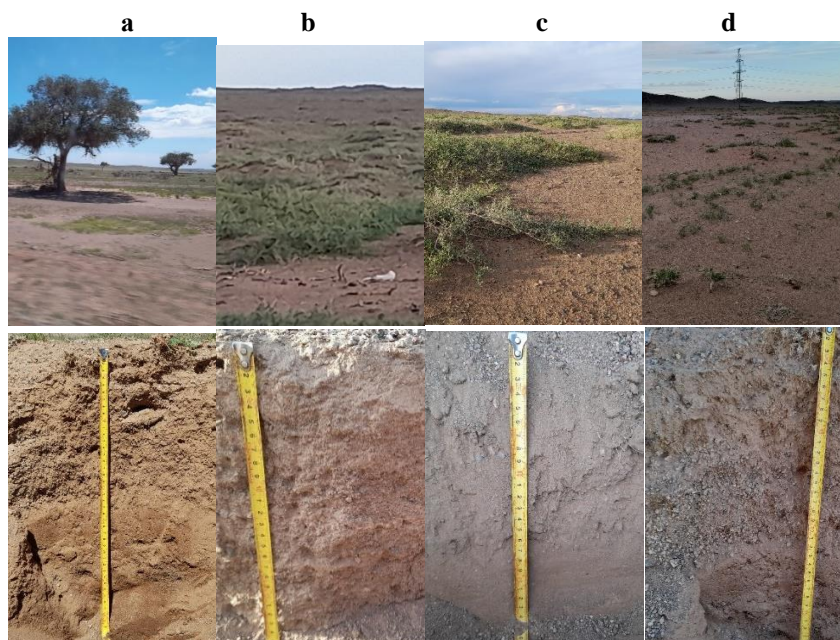
По показателю ИЗВ (индекс загрязнения вод по отношению к ПДК (Глотова, 2006)) вода в колодцах и скважинах относится к условно чистой, умеренно загрязненной и загрязненной. Повышенный ИЗВ (2.11; 1.03; 1.29; 1.16) наблюдается на ключевых площадках № 2, 12, 13, 15 (соответственно) вблизи предприятий по добыче меди и угля, а также на границе с Китаем, где осуществляется разгрузка и погрузка угля.

Почвенный покров территории исследования в основном представлен сероземовидными, встречаются светлогумусовые и псаммоземы (гумусовые) (рис. 3).

По содержанию фракции физической глины (частицы < 0.001 мм варьируют в пределах 13–24%) почвы относятся к супесчаным и легкосуглинистым. Кислотность почв в районе месторождений меди и угля изменяется от слабощелочной до сильнощелочной (8.0–9.2), что соответствует климатическим аридным условиям территории. По степени карбонатности почвы относятся в основном к карбонатным (содержание  $\text{CaCO}_3$  составляет 2.18–9.09%), иногда к слабокарбонатным (1.09–1.45%) (табл. 3).

Почвы исследуемых ключевых районов в основном относятся к незасоленным (минерализация водной вытяжки составляет 0.01–0.09%), за исключением одной площадки с почвами средней степени засоления (0.78%) хлоридно-сульфатного типа. Водная вытяжка почв ключевых площадок содержит ионы гидрокарбонатов (0.030–0.061%%), хлоридов (0.014–0.070%%), натрия (0.028–0.061%%) и сульфатов (0.021–0.152%%). Засоленные почвы можно отнести к слабогипсоносным по одним источникам (Минашина, Шишов, 2002; Панкова, Воробьева, 2006) или гипсосодержащим согласно “Полевому определителю...” (Полевой определитель..., 2008). Содержание органического вещества в почвах невысокое, варьирует от 0.07 до 0.84%.

Почти в каждом хозяйстве имеется колодец и скважина. При поголовье скота более 300 голов фермеры часто выращивают корм, применяя ирригационную систему. В районах фермерских хозяйств отмечено среднее содержание нитратов в почвах – от 10 до 18 мг/кг.



**Рис. 3.** Фотографии ландшафтов и почв ключевых площадок № 1.1 (а), 2 (b), 3 (c), 4 (d).

**Fig. 3.** Photographs of landscapes and soils of key sites No. 1.1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d).

**Примечание.** Почвы и преобладающие виды растительности: **а** – псаммозем (гумусовый), ильм приземистый, астрагал, вайда, белена, монгольский термосис, ирис, лук; **б** – сероземовидная, карагана, балгур; **с** – сероземовидная, карагана; **д** – сероземовидная гипсосодержащая, карагана, балгур.

**Note.** Soils and dominant vegetation: **a** – Arenosols, *Ulmus pumila*, *Astragalus membranaceus*, *Isatis tinctoria*, *Hyoscyamus*, *Thermopsis mongolica*, *Íris*, *Allium mongolicum*; **b** – Calcisols Aridic, *Caragána arboréscens*, *Anadasis brevifolia*; **c** – Calcisols Aridic, *Caragána arboréscens*; **d** – Gypsisols Aridic, *Caragána arboréscens*, *Anadasis brevifolia*.

**Таблица 3.** Физико-химические показатели верхних горизонтов почв (0–20 см) основных ключевых участков на территории месторождений и добычи меди и угля, Южногобийский аймак Монголии (сомоны Ханбогд, Цогтцэций)

**Table 3.** Physicochemical indicators of the upper soil horizons (0-20 cm) of the main key sites in the territory of copper and coal deposits and mining, South Gobi aimag of Mongolia (Khanbogd, Tsogttsetsii somons)

№ пл	Координаты, местоположение	Почва	рН н <sub>2</sub> о	СаСО <sub>3</sub> , %	Σ*, мг/л	С <sub>орг</sub> , %	S**, %	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
								мг/кг		
<b><i>В районе предприятия “Оюн Толгой” по добыче меди</i></b>										
1	46°16'12" 114°34'12" У центральных ворот предприятия по добыче меди	сероземо- видная	8.8	2.91	173	0.32	21.8	10	0.8	9
1.1	43°7'7" 107°6'31" Около монастыря Дэмчо- гийн Хийд, 13 км на С-В от предпри- ятия	псаммозем гумусовый	8.0	1.45	154	0.12	15.1	0	0.8	27
2	42°34'48" 106°27'0" 6 км от отвала предпри- ятия, около фермеров	сероземо- видная	9.3	8.36	915	0.21	23.0	15	1.5	106

**Продолжение таблицы 3**  
**Table 3 continued**

№ пл	Координаты, местоположение	Почва	рН H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> , %	Σ*, мг/л	C <sub>орг</sub> , %	S**, %	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
								мг/кг		
<i>В районе предприятия "Оюн Толгой" по добыче меди</i>										
3	42°32'24" 106°31'48" 5 км от предприятия, ферма, 100 голов (ба- раны, козы)	сероземо- видная	8.5	3.64	822	0.15	21.9	2	2.0	33
4	43°0'0" 106°22'48" 18 км от предприятия Ферма, 1000 голов (ко- зы, бараны)	сероземо- видная гип- сосодержа- щая	8.2	2.18	7760	0.29	18.0	18	0.6	347
5	43°2'24" 106°28'12" 7 км на С-3 от пред- приятия. Ферма, 350 голов (бараны, козы). Посадки пшеницы, ар- бузов и пр., система капиллярного полива	сероземо- видная	8.8	3.27	162	0.11	14.9	10	0.4	27

**Продолжение таблицы 3**  
**Table 3 continued**

№ пл	Координаты, местоположение	Почва	рН H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> , %	Σ*, мг/л	C <sub>орг</sub> , %	S**, %	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
								мг/кг		
<i><b>В районе предприятия “Оюн Толгой” по добыче меди</b></i>										
6	43°5'24" 106°33'36" 12 км на север от пред- приятия, Ферма, 300 голов	светлогуму- совая	8.6	5.09	151	0.55	21.9	5	0.5	38
<i>Пределные и средние значения</i>										
	максимум		9.3	8.36	7760	0.55	23.0	18	2	347
	минимум		8.0	1.45	151	0.02	14.9	0	0.4	9
	среднее		8.6	4.03	2905	0.29	18.8	10	0.8	142
<i><b>В районе предприятия “Таван Толгой” по добыче угля</b></i>										
7	43°25'48" 105°17'24"; 3 км на се- вер от предприятия, ферма Монабаяр	сероземо- видная	8.5	9.09	150	0.61	21.0	5	1.0	76
8	43°25'12" 105°15'0"; 4 км на С-3 от предприятия, ферма Толгой	сероземо- видная	8.2	4.36	691	0.18	18.0	0	0.6	61

**Продолжение таблицы 3**  
**Table 3 continued**

№ пл	Координаты, местоположение	Почва	pH H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> , %	Σ*, мг/л	C <sub>орг</sub> , %	S**, %	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
								мг/кг		
<i>В районе предприятия "Оюн Толгой" по добыче меди</i>										
9	43°24'36" 105°13'48" 6 км на запад от пред- приятия, ферма Толгой	сероземо- видная	8.6	4.00	142	0.09	24.2	2	0.9	54
10	43°44'24" 105°17'24" 17 км на С-3 от пред- приятия, ферма Жама- ранглав	сероземо- видная	8.8	4.73	197	0.07	15.7	5	0.8	49
12	43°23'24" 105°13'48" 5 км на запад от пред- приятия, ферма Одсурен	сероземо- видная	8.5	7.27	141	0.84	12.7	2	0.4	14
13	43°37'12" 105°20'24" 10 км на Ю-3 от пред- приятия, ферма Монх- болд	сероземо- видная	8.6	2.91	492	0.14	18.6	5	0.6	57

**Продолжение таблицы 3**  
**Table 3 continued**

№ пл	Координаты, местоположение	Почва	рН н <sub>2</sub> О	СаСО <sub>3</sub> , %	∑*, мг/л	С <sub>орг</sub> , %	S**, %	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
								мг/кг		
<i>Предельные и средние значения</i>										
	максимум		8.8	9.09	691	0.84	24.2	5	1.0	76
	минимум		8.2	2.91	141	0.07	12.7	0	0.4	14
	среднее		8.5	5.39	302	0.32	18.4	3	0.7	52
На границе с Китаем										
15	42°21'0" 107°18'36" В 100 м от разгрузки и погрузки угля	псаммозем	7.8	1.09	476	0.52	13.6	8	0.6	3
16	42°39'36" 107°30'36" В 4 км от площадки № 15	сероземовид ная	9.2	3.64	193	0.25	21.5	1	0.5	27
ПДК***			-			-	-	130	-	-

**Примечание.** ∑\* – минерализация; S\*\* – гранулометрический состав, фракция физической глины <0.01, %; \*\*\* Согласно СанПиН 1.2.3685-21.

**Note.** ∑\* – mineralization; S\*\* – granulometric composition, fraction of physical clay <0.01, %; \*\*\* According to (SanPiN 1.2.3685-21).

В других районах содержание нитратов низкое (0–5 мг/кг). Концентрации подвижных форм фосфора в почвах на очень низком уровне (0.4–2.0 мг/кг) по всей исследуемой территории. Высокие значения рН создают условия, ограничивающие подвижность и доступность для растений соединений фосфора из-за образования нерастворимого фосфата кальция. Содержание подвижных форм калия в почвах тоже в основном низкое (9–106 мг/кг). Исключение составила одна площадка со средними значениями концентрации подвижных форм калия в сероземовидной засоленной почве (347 мг/кг).

Концентрации Ti, Mn, Ba, Mo, Pb, Be, V, Cr, Sr, Co, Cd в почвах исследуемых районов варьируют в интервалах 3400–2007; 484–1295; 424–658; 0–5; 2–19; 1.5–3.6; 55–90; 6–49; 175–403; 6–13; 0.00–0.22 мг/кг (табл. 4), не превышая санитарно-гигиенические нормы. Однако в почвах района угледобывающих предприятий отмечено высокое содержание Ni, Cu, Zn и As (до 29, 131, 123 и 13 мг/кг соответственно), превышающее ПДК. В районе медедобывающего предприятия выявлены также повышенные концентрации Ni, Zn и As в почвах – до 27, 149 и 47 мг/кг соответственно. Загрязняющие химические элементы аккумулируются на карбонатном (щелочном), сорбционном и органическом геохимических барьерах. Выявлена средняя корреляционная связь ( $r_{xy}$  0.32) между концентрацией As и содержанием карбонатов кальция, а также с реакцией среды ( $pH_{\text{водн}}$ ) ( $r_{xy}$  0.40). Установлена средняя корреляционная связь между концентрацией Cu, Zn, As и содержанием суммы фракций физической глины ( $r_{xy}$  0.35; 0.33; 0.32 соответственно). Также наблюдается слабая и средняя корреляционная связь между содержанием органического углерода и концентрацией Ni, Cu, Zn, As ( $r_{xy}$  0.25; 0.20; 0.50; 0.15 соответственно).

Согласно индексу суммарного загрязнения почв ( $\Sigma c$ ), рассчитанного по методикам (СП 47.13330.2012; Сагет и др., 1990), почвы большей части исследованных площадок относятся к категории допустимого загрязнения ( $\Sigma c$  от 3.7 до 13.9). Почвы умеренно опасной категории загрязнения выявлены на площадках № 2 и 10 фермерских хозяйств в районе предприятий по добыче меди и угля ( $\Sigma c = 27.7$  и  $24.9$  соответственно).

**Таблица 4.** Предельные и средние значения содержания микроэлементов в верхних горизонтах почв (0–20 см) территории месторождений и добычи меди и угля, Южногобийский аймак Монголии (сомоны Ханбогд, Цогтцэций)

**Table 4.** Limit and average values of microelement content in the upper soil horizons (0–20 cm) of the copper and coal deposits and mining area, South Gobi aimag of Mongolia (Khanbogd, Tsogtsetsii somons)

Предельные и средние значения	Fe	Ti	Mn	Ba	Mo	Pb	Ni	Cu	Be	V	Cr	Zn	Sr	Co	Cd	As
	%	мг/кг														
В районе предприятия “Оюн Толгой” по добыче меди																
максимум	3.98	3400	1295	658	2.2	22	27	20	3.6	73	49	149	357	10	0.00	47
минимум	2.08	2705	484	451	0.0	5	12	9	1.6	65	16	42	204	6	0.00	0
среднее	2.93	3104	748	546	1.7	10	17	18	2.7	69	26	72	263	9	0.00	12
В районе предприятия “Таван Толгой” по добыче угля																
максимум	3.38	3100	710	580	5.1	17	29	131	3.1	90	49	123	403	13	0.22	13
минимум	2.12	2007	442	424	0.0	2	9	10	1.5	55	6	38	175	7	0.00	0
среднее	2.47	2704	611	528	2.6	9	21	39	2.1	73	31	72	323	10	0.12	4
Фон, более 50 км от предприятий	2.69	2007	442	424	0.0	6	14	10	1.6	55	17	38	175	7	0.10	2
Класс опасности	-	-	3	3	2	1	2	2	-	3	2	1	3	2	1	1
ПДК (СанПиН 1.2.3685-21)	-	-	1500	-	-	32–130	20–80	33–132	-	150	100	55–220	-	17	0.5–2.0	2.0

К опасной категории загрязнения ( $\sum c = 37.3$ ) относятся почвы площадки № 7 на территории фермерского хозяйства, расположенного вблизи угледобывающего предприятия.

Исследования показали, что на прилегающих к предприятиям территориях отмечается снижение уровня подземных вод, истощение и загрязнение воды в колодцах, о чем также свидетельствуют жалобы местного населения. Пересыхание колодцев и мелких скважин наблюдалось в районе угольного месторождения “Таван Толгой”, что в значительной степени обусловлено увеличением объемов углеобогащения и соответственно водопотребления. Неблагоприятная экологическая ситуация в районах горнодобывающих предприятий формируется также в результате загрязнения атмосферного воздуха пылью от погрузки и транспортировки добываемых полезных ископаемых. В условиях минимального количества осадков сильные ветра и загрязнение воздуха создают неблагоприятную экологическую ситуацию для населения, негативно влияют на природную среду, способствуя загрязнению почв и растительности, сокращению биоресурсов для животноводства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных ландшафтно-геохимических исследований можно отметить, что высокая степень минерализации, сульфатный и хлоридный класс грунтовых вод соответствуют природно-климатическим условиям сухостепной и полупустынной зон, для которых характерно малое количество атмосферных осадков и высокое испарение.

Исследование содержания металлов в воде колодцев и скважин показало превышение ПДК по отдельным компонентам (Mn, Pb, Fe, Cr, As мг/дм<sup>3</sup>) и соответствие норме по содержанию Mo, Ba, Al, Ni, Cu, Zn, Sr, Co, Cd и Hg. Вода из колодцев и скважин некоторых фермерских хозяйств пригодна только для технических нужд. К сожалению, исследованная вода используется местным населением и в качестве питьевой. Грунтовую воду данной местности перед употреблением для питьевых нужд необходимо очищать.

Анализ почв показал, что на территории, где проводилось исследование, преобладают сероземовидные почвы легкого грану-

лометрического состава с малым содержанием органического вещества и основных элементов питания растений. Почвы относятся главным образом к карбонатным, встречаются засоленные. Земли в основном используется местным населением как пастбища. В пробах почвы, отобранных в районах горнодобывающих предприятий, отмечаются высокие концентрации Ni, Cu, Zn и As. Их накоплению способствуют карбонатный и сорбционный геохимические барьеры.

В результате проведенных исследований выявлены очаги неблагоприятной экологической ситуации. Они находятся не только на территории горнодобывающих предприятий, но и на угодьях ферм в прилегающих районах. Для выработки природоохранных мероприятий требуются дополнительные геохимические исследования, например, по выявлению содержания токсичных веществ в растительности, продуктах животноводства и их влиянию на здоровье местного населения. Необходимо провести исследования с привлечением профильных специалистов по разработке и обоснованию санитарно-защитных зон предприятий, мероприятий по очистке воды на медедобывающем предприятии. Для питьевых нужд вместо хлорирования можно рекомендовать озонирование воды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцева Б.А.* Руководство по химическому анализу вод суши. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. 269 с.
2. *Ариушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
3. *Воробьева И.Б., Власова Н.В.* Физико-химические свойства и термический режим почвогрунтов отвалов угольного разреза // География и природные ресурсы. 2020. № S5. С. 60–66. DOI: [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-5\(60-66\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(60-66)).
4. *Выркин В.Б., Плюснин В.М., Белозерцева И.А., Шеховцов А.И., Енущенко И.В., Захаров В.В.* Современное состояние природы и экологические проблемы Среднего Прионья // География и природные ресурсы. 2014. № 1. С. 25–35.
5. *Глотова Н.В.* Мониторинг среды обитания. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. 22 с.

6. ГОСТ Р 51232-98. Государственный стандарт РФ. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. URL: [https://www.ural-gidro.com/upload/files/normdocs/GOST-R-51232-98-\(2002\).pdf](https://www.ural-gidro.com/upload/files/normdocs/GOST-R-51232-98-(2002).pdf).
7. *Ильковская З.Г., Коновалов А.С., Пономарев В.В.* Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
8. ИСО 11885 (ГОСТ Р 57165-2016). Определение содержания элементов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Национальный стандарт РФ. 2018. URL: <https://www.docs.cntd.ru/document/1200140392>.
9. *Копылова Л.В., Войтюк Е.А., Лескова О.А., Якимова Е.П.* Содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях урбанизированных территорий (Восточное Забайкалье). Чита: Забайкал. гос. ун-т., 2013. 154 с.
10. *Мишанина Н.Г., Шишов Л.Л.* Гипсоносные почвы: распространение, генезис, классификация // Почвоведение. 2002. № 3. С. 273–281.
11. *Панкова Е.И., Воробьева Л.А.* Диагностика и критерии оценки засоления почв // Засоленные почвы России / Ред. Л.Л. Шишов. М.: Академкнига, 2006. 854 с.
12. *Панкова Е.И., Конюшкова М.В.* Влияние глобального потепления климата на засоленность почв аридных регионов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2013. Вып. 71. С. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-71-3-15>.
13. *Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 19–45. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-19-46>.
14. *Полевой определитель* почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
15. *Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
16. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: [https://www.ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat\\_files/19/8/SP123685\\_21\\_0.pdf](https://www.ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf).
17. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Свод правил. URL: <https://www.rnd.armplast-geo.ru/bitrix/document/road%20design/sp-47-13330-2012.pdf>.
18. *Теория и практика химического анализа почв* / под ред. Л.А. Воробьева. М.: ГЕОС, 2006. 399 с.

19. *Шеховцов А.И., Белозерцева И.А.* Экологические проблемы добычи редкоземельных элементов в Юго-Восточном Забайкалье // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 222–227.
20. *Шнейзер Г.М., Минеева Л.А.* Руководство по химическому анализу вод. Иркутск: ИГУ, 2006. 55 с.
21. *Экологический мониторинг с участием населения Хотолбор.* Неправительственная организация (НПО) “Монх Грин Галба” / Хамтын Оролцоотой Байгаль Орчны Хяналт шинжилгээ Хотолбор. Монх Ногоон Галба ТББ, 2023. 23 с.
22. *Ecosystems of Mongolia.* Atlas. М.-Ulaanbaatar: Admon Press, 2019. 262 p.
23. ISO 14869. Soil quality – Dissolution for the determination of total element content / Качество почвы. Растворение для определения общего содержания элементов. 2017. URL: <https://www.nd.gostinfo.ru/document/6267384.aspx>.
24. *Kasimov N., Kosheleva N., Gunin P. et al.,* State of the environment of urban and mining areas in the Selenga Transboundary River Basin (Mongolia Russia) // *Environ Earth Sci.* 2016. Vol. 75. 1283. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6088-1>.
25. *National Report.* NSO (Национальное статистическое управление Монголии). URL: <https://www.en.nso.mn/>.
26. *Nyamtseren M., Feng Q., Deo R.* A Comparative Study of Temperature and Precipitation-Based Aridity Indices and Their Trends in Mongolia // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018. No. 12. P. 887–899.

## REFERENCES

1. Alekin O.A., Semenov A.D., Skopinceva B.A., *Rukovodstvo po himicheskomu analizu vod sushi* (Handbook of chemical analysis of land waters.), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973, 269 p.
2. Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* (Handbook of chemical analysis of soils), Moscow: MGU, 1970, 487 p.
3. Vorob'eva I.B., Vlasova N.V., *Fiziko-himicheskie svoystva i termicheskij rezhim pochvogrunтов otvalov ugol'nogo razreza* (Physicochemical properties and thermal regime of soils in open-pit coal mine dumps), *Geografiya i prirodnye rsursy*, 2020, No. S5, pp. 60–66, DOI: [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-5\(60-66\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(60-66)).
4. Vyrkin V.B., Plyusnin V.M., Belozerceva I.A., Shekhovcov A.I., Enushchenko I.V., Zaharov V.V., *Sovremennoe sostoyanie prirody i ekologicheskie problemy Srednego Prionon'ya* (Current state of nature and

environmental problems of the Srednee Prionon'ye), *Geografiya i prirodnye resursy*, 2014, No. 1, pp. 25–35.

5. Glotova N.V., *Monitoring sredy obitaniya* (Habitat monitoring), Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2006, 22 p.

6. GOST R 51232-98. State standard of the Russian Federation. Drinking water. General requirements for the organization and methods of quality control, URL: [https://www.ural-gidro.com/upload/files/normdocs/GOST-R-51232-98-\(2002\).pdf](https://www.ural-gidro.com/upload/files/normdocs/GOST-R-51232-98-(2002).pdf).

7. Il'kovskaya Z.G., Konovalov A.S., Ponomarev V.V., *Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv* (Agrochemical methods for soil investigation), Moscow: Nauka, 1975, 656 p.

8. ISO 11885 (GOST R 57165-2016). Determination of element content by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. National standard of the Russian Federation, 2018, URL: <https://www.docs.cntd.ru/document/1200140392>.

9. Kopylova L.V., Vojtyuk E.A., Leskova O.A., Yakimova E.P., *Soderzhanie tyazhyolykh metallov v pochvah i rasteniyah urbanizirovannykh territorij (Vostochnoe Zabajkal'e)* (Heavy metal content in soils and plants of urbanized areas (Eastern Transbaikalie)), Chita: Zabajkal. gos. un-t, 2013, 154 p.

10. Mishanina N.G., Shishov L.L., Gipsonosnye pochvy: rasprostraneniye, genezis, klassifikatsiya (Gypsum application: distribution, genesis, classification), *Pochvovedeniye*, 2002, No. 3, pp. 273–281.

11. Pankova E.I., Vorob'eva L.A., Diagnostika i kriterii ocenki zasoleniya pochv (Diagnostics and criteria for assessing soil salinization), In: L.L. Shishov (Ed.) *Zasolennye pochvy Rossii* (Saline soils of Russia), Moscow: Akademkniga, 2006, 854 p.

12. Pankova Ye.I., Konyushkova M.V., The effect of global warming on soil salinity in arid regions, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2013, Vol. 71, pp. 3–15, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2013-71-3-15>.

13. Pankova E.I., Chernousenko G.I., The problem of salinization activation in soils of the south of Eastern Siberia and Mongolia in connection with climate aridization, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, Vol. 101, pp. 19–45, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-19-46>.

14. *Polevoj opredelitel' pochv* (Field soil guide), Moscow: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2008, 182 p.

15. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., Smirnova R.S., Basharkevich I.L., Onishchenko T.L., Pavlova L.N., Trefilova N.Ya., Achkasov A.I., Sarkisyan S.Sh., *Geohimiya okruzhayushchej sredy* (Geochemistry of the Environment), Moscow: Nedra, 1990, 335 p.

16. SanPiN 1.2.3685–21. ygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Humans, URL:

<https://www.ds278-krasnoyarsk->

[r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat\\_files/19/8/SP123685\\_21\\_0.pdf](https://www.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf).

17.SP 47.13330.2012. Engineering Surveys for Construction. Basic Provisions. Code of Practice, URL: <https://www.rnd.armplast-geo.ru/bitrix/document/road%20design/sp-47-13330-2012.pdf>.

18.Vorob'ev L.A. (Ed.), *Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv* (Theory and practice of chemical analysis of soils), Moscow: GEOS, 2006, 399 p.

19. Shekhovcov A.I., Belozerceva I.A., *Ekologicheskie problemy dobychi redkozemel'nyh elementov v Yugo-Vostochnom Zabajkal'e* (Environmental problems of rare earth element mining in Southeastern Transbaikalia), *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2016, No. 12, pp. 222–227.

20. Shpejzer G.M., Mineeva L.A., *Rukovodstvo po himicheskomu analizu vod* (Handbook of chemical analysis of waters), Irkutsk: IGU, 2006, 55 p.

21. Environmental monitoring with the participation of the population of Khotolbor. Non-governmental organization (NGO) “Monk Green Galba”, Hamtyn Oroltsootoy Baigal Orchny Khyanalt shinzhilgee Khotolbor. Monk Nagoon Galba, TBB, 2023, 23 p.

22. Ecosystems of Mongolia. Atlas, M.-Ulaanbaatar: Admon Press, 2019, 262 p.

23. ISO 14869. Soil quality – Dissolution for the determination of total element content, 2017, URL: <https://www.nd.gostinfo.ru/document/6267384.aspx>.

24. Kasimov N., Kosheleva N., Gunin P. et al., State of the environment of urban and mining areas in the Selenga Transboundary River Basin (Mongolia Russia), *Environ Earth Sci.*, 2016, Vol. 75, 1283, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6088-1>.

25. National Report. NSO, URL: <https://www.en.nso.mn/>.

26. Nyamtseren M., Feng Q., Deo R.A., Comparative Study of Temperature and Precipitation-Based Aridity Indices and Their Trends in Mongolia, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, No. 12, pp. 887–899.