УДК 631.412

DOI 10.21685/2500-0578-2020-3-2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ ЧЕРНОЗЕМЕЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

А. А. Булуктаев

Калмыцкий научный центр Российской академии наук, Россия, 358000, г. Элиста, ул. им. И. И. Илишкина, 8
E-mail: buluktaev89@mail.ru

Аннотация. Актуальность и цели. В последние десятилетия почвы аридных территорий Республики Калмыкия подвергаются все возрастающему антропогенному воздействию в процессе сельскохозяйственной (выпас, сенокосение, распашка, орошение) и промышленной (нефтедобыча) деятельности. Все это негативно влияет на состояние окружающей среды. Экологическая ситуация, сложившаяся в настоящее время в Калмыкии, свидетельствует о том, что антропогенное воздействие на биogeоценозы возросло настолько, что затронуло их самый устойчивый компонент – почву. Цель исследования: выявить изменения химического состава и ферментативной активности почв Черноземельского района Республики Калмыкия, обусловленные антропогенными воздействиями. **Материалы и методы.** В качестве объектов исследования выбраны почвы Черноземельского района Калмыкии. Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в биологии и почвоведении методов (комплексометрия, потенциометрия, аналитические методы, методы исследования ферментативной активности почв, флуориметрия, спектрофотометрия). **Результаты.** В процессе исследования определен химический состав почв населенных пунктов Калмыкии; особо охраняемых природных территорий (ООПТ); почв нефтедобывающих предприятий. Выявлено, что почвы населенных пунктов, как правило, не засолены, очень низко обеспечены подвижными формами азота, фосфора и калия, содержат малое количество органического углерода. Почвы ООПТ низко обеспечены азотом, и очень низко фосфором и калием. Доказано, что в почвах нефтяных месторождений происходит перестройка водно-солевого состава, увеличивается содержание углерода, нарушается баланс элементов питания. Нефть и нефтепродукты ингибируют активность почвенного фермента – каталазы; напротив, режим заповедания приводит к увеличению ее активности. **Выводы.** Почвы аридных территорий чувствительны к антропогенной нагрузке, поскольку нерациональная сельскохозяйственная и промышленная деятельность на этих территориях приводит к деградации почв. Попадание нефти и нефтепродуктов в почву приводит к изменению ее химического состава; так, в почвах нефтедобывающих предприятий резко увеличивается содержание катионов (в 4–12 раз) и анионов (в 4–15 раз), содержание органического углерода увеличивается в 5,7 раз по сравнению с почвами ООПТ.

Ключевые слова: почвы, аридные территории, Республика Калмыкия, особо охраняемые природные территории, нефтепромыслы, нефтяное загрязнение.

Для цитирования: Булуктаев, А. А. Химический состав почв Черноземельского района Республики Калмыкия / А. А. Булуктаев // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2020. – Vol. 5 (3). – <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2020-3-2>

CHEMICAL COMPOSITION OF THE CHERNOZEMELSKY DISTRICT SOILS, REPUBLIC OF KALMYKIA

A. A. Buluktaev

Kalmyk scientific center of the Russian Academy of Sciences, 8 I. K. Ilishkina street, Elista, 358000, Russia
E-mail: buluktaev89@mail.ru

Abstract. *Background.* In recent decades, the soils of the arid territories of the Republic of Kalmykia have been exposed to ever-increasing anthropogenic impacts – both agricultural (grazing, plowing, irrigation) and industrial (oil production) ones – all have a negative impact on the state of the environment. The environmental situation currently prevailing in Kalmykia indicates that anthropogenic effects on biogeocenoses have recently increased so much that their most conservative component, the soil, has been affected. The work seeks to examine the change of chemical composition, as well as enzymatic activity of soils, of the Chernozemelsky district of the Republic of Kalmykia, with the influence of various anthropogenic factors on them. *Materials and methods.* The soils of the

Chernozemelsky district of Kalmykia were chosen as the objects of the study. Laboratory and analytical research is executed with the use of standard methods in biology and soil science (chelatometry, potentiometry, analytical methods, methods of research of fermentation activity of soils, fluorimetry, spectrophotometry). **Results.** The study identifies chemical composition of soil samples from Kalmykian settlements, nature reserves, oil production areas. So, surface soil layers of rural settlements proved to be not salinized, though being poor in labile nitrogen, potassium, and organic carbon. Soils of nature reserves are characterized by average values of nitrogen, phosphorus and potassium. Still, the results obtained explicitly attest to the fact that soils of oil production areas do experience transformation of water and salt composition, with increased values of carbon and deteriorated nutrient balance. Oil and oil products repress catalase, the latter being far more active in soils of nature reserves. **Conclusions.** The soils of arid territories are sensitive to anthropogenic stress because unsustainable agricultural and industrial activities in these territories lead to soil degradation. The ingress of oil and petroleum products into the soil leads to a change in its chemical composition, so in the soils of oil-producing enterprises the content of cations (4–12 times) and anions (4–15 times) increases sharply, the content of organic carbon increases by 5.7 times compared to the soils of natural territories.

Keywords: soils, arid territories, Republic of Kalmykia, nature reserves, oil production areas, oil pollution.

For citation: Buluktaev A.A. Chemical composition of the Chernozemelsky district soils, republic of Kalmykia . Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2020;5(3). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2020-3-2>

Введение

Черноземельский район – самый большой в Республике Калмыкия (РК); он занимает территорию в 1 420 013 га. Исследуемый район расположен на Черных землях, которые являются частью Прикаспийской низменности, отсюда и пошло название данного района. Черные земли представляют собой обширные пространства общей площадью 35 тыс. км², расположенные на юго-востоке Республики Калмыкия, южном правобережье Астраханской области и крайнем севере Республики Дагестан [1]. Климат этой территории резко континентальный с жарким и сухим летом и суровой малоснежной зимой [2].

Черные земли, как и вся Прикаспийская низменность, освободились от вод Каспийского моря в позднее геологическое время [3]. И. П. Герасимов считает эти территории аванпостом пустынь Средней Азии, выдвинутым далеко на северо-запад в пределы Европейской части России [4].

В формировании современного облика территории определяющую роль сыграли многочисленные трансгрессии и регрессии Каспийского моря [5].

В настоящее время Черные земли представляют собой плоскую аккумулятивную равнину, сохранившую грядово-волнистый рельеф осушенного дна моря с незначительными колебаниями высот (2–4 м) за исключением участка бэровских бугров в юго-восточной части (18 м) [6].

Черные земли, или как их называли в прошлом «Хар газр», – один из уникальных уголков России. Они на протяжении веков являлись сезонными пастбищами [7]. Свое название Черные земли получили не из-за того, что почвенный покров здесь сложен черноземами;

черными они названы ввиду их способности оставаться в зимнее время открытыми от снегов. Это объясняется тем фактором, что почвенный покров данной территории солонцеватый и выступает своего рода природным реагентом.

Почвенный покров Черных земель начал формироваться лишь в последние тысячелетия после отступления гоусанской трансгрессивной фазы Каспия [8]. Здесь преобладают бурые почвы, широко распространены пески и солончаки. Материковые почвообразующие породы представлены песком и глинами [9, 10]. Растительность типична для полупустынных и пустынных зон, фоновыми являются полукустарничковые пустыни, главным образом белополынные на бурых почвах, а также камфоросмовые, прутняковые и чернополынные на солончаках различной гидрологии [11, 12].

В начале 1960-х гг. был запущен механизм деградации Черных земель. В те годы развернулась широкая кампания по подъему сельского хозяйства с желанием «догнать и перегнать Америку» в области сельскохозяйственного производства. Отказ от сезонного использования пастбищ и переход к круглогодичному стравливанию, резкое увеличение поголовья скота (поголовье овец составляло 2,2 млн), распашка пастбищ для выращивания кормовых и бахчевых культур – все это привело к нарастанию процессов опустынивания [13]. К концу 1980-х гг. численность овец была доведена до 3,5 млн. голов, а с учетом частных и неучтенных она составляла 5 млн. голов, что обусловило 2–3-кратную перегрузку пастбищ [14]. Черные земли стали одним из центров опустынивания и были названы первой в России антропогенной пустыней [15]. В результате

в регионе был объявлен режим экологического бедствия. По решению Правительства РФ были начаты работы по составлению «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных Земель и Кизлярских пастбищ», которой впоследствии был придан статус региональной экологической программы [16].

В период с 1986 по 1996 г. была развернута широкая кампания по борьбе с опустыниванием в соответствии с технологией закрепления открытых песков по типу многоярусных лесопастбищ, разработанной Всероссийским науч-

но-исследовательским институтом агролесомелиорации [17].

Еще одним шагом в борьбе с опустыниванием Черных земель стало создание одноименного заповедника – «Черные земли», одной из задач которого было восстановление деградированных почв путем полного прекращения сельскохозяйственной деятельности на этих территориях [18]. В настоящее время открытых песков на территории заповедника практически нет в отличие от территорий, где ведется хозяйственная деятельность – прежде всего чрезмерный выпас скота (рис. 1–3).

Рис. 1. Закрепленные пески на территории заповедника «Черные земли»

Fig. 1. Fixed sands on the territory of the reserve «Chornye Zemli»

Рис. 2. Открытые пески на территории Черноземельского района

Fig. 2. Open sands on the territory of the Chernozemelsky district

Рис. 3. Карта заповедника «Черные земли» и заказника «Меклетинский»
(на рисунке даны местоположения представленных выше фотографий закрепленных и открытых песков)

Fig. 3. Map of «Chornye zemli» Reserve and «Mekletinsky» Reserve
(the figure shows the locations of the above photographs of fixed and open sands)

Необходимо отметить, что именно на территории Черноземельского района сосредоточено большинство нефтедобывающих предприятий,

что определяет наличие экологических проблем, связанных с попаданием нефти и нефтепродуктов в окружающую среду [19].

На территории изучаемого района расположено 8 сельских муниципальных образований: Адыковское, Артезианское, Ачинеровское, Комсомольское, Кумское, Нарынхудукское, Прикумское, Сарульское, включающих 35 населенных пунктов. Численность населения данного района на 1 января 2019 г. по данным Федеральной службы государственной статистики составляет 12 348 человек [20].

Цель исследования: охарактеризовать изменения химического состава и также ферментативной активности почв Черноземельского района Республики Калмыкия в результате влияния антропогенных факторов.

Задачи:

- 1) отобрать почвенные образцы исследуемого района;
- 2) провести химический анализ образцов;
- 3) изучить солевой состав и также исследовать динамику содержания тяжелых металлов в почвах с 2015 по 2019 г.;
- 4) исследовать активность почвенного фермента каталазы для установки биологической активности почв и проанализировать обеспеченность почв подвижными формами азота, фосфора и калия.

Материал и методы

В качестве объектов исследования выбраны почвы Черноземельского района РК. Образцы почв были отобраны в трех вариантах территорий, отличающихся способами предшествующего природопользования:

- 1) в населенных пунктах: Адык, Артезиан, Ачинеры, Комсомольский, Кумской, Нарын Худук, Прикумский и Сарул;
- 2) в охраняемых территориях: заповеднике «Черные земли» и в федеральном заказнике Меклетинский;
- 3) на землях нефтедобывающих предприятий.

Отбор почвенных образцов был проведен с глубины 0–20 см. Образцы почв отобраны в 2019 г.

Катионы Ca^{+2} и Mg^{+2} определяли по ГОСТ 26487-85 трилонометрически; катионы K^{+} и Na^{+} – методом пламенной фотометрии при длинах волн 766,5 и 589,0 нм по ГОСТ 26427-85; анионы Cl^{-} – аргенометрически в присутствии индикатора хромата калия (ГОСТ 26425-85); анионы HCO_3^{-} – по ГОСТ 26424-85 ацидиметрически с индикатором метиловым оранжевым; рН водной вытяжки – потенциометрическим методом с водородным электродом по ГОСТ 26483-85; анионы SO_4^{2-} – турбидиметрическим методом по образованию

осадка сульфата бария (ГОСТ 26426-85). Оценка степени засоления почв проводилась по величине сухого остатка, типа засоления – по соотношению хлоридов и сульфатов. Определение общего азота проводили по ГОСТ 26107-84. Определение подвижных соединений фосфора и калия проводили по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Определение органического углерода (Сорг) проводили по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Определение нитратов проводили в вытяжках алюмокалиевых квасцов (N-NO_3) потенциометрическим методом с ионселективными электродами по ГОСТ 26951-86. О ферментативной активности почв судили по активности каталазы. Определение каталазной активности почв проводили по методу А. Ш. Галстяна. Определение тяжелых металлов проводили методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии с селективными лампами [21–23].

Химический анализ проб проведен в трехкратной повторности. В таблицах представлены усредненные данные.

Результаты исследования

Результаты химического состава водной вытяжки из почв Черноземельского района представлены в табл. 1.

Поселок Комсомольский – административный центр Черноземельского района РК; почвенный покров данной территории сложен бурыми полупустынными супесчаными и песчаными почвами и их комплексами с солонцами и песками различной степени закрепления. Согласно оценке солевого состава почвы не засолены, содержание катионов невелико, из анионов преобладают гидрокарбонат ионы, рН – 8,19.

Почвенный покров поселка Адык представлен бурыми полупустынными песчаными, супесчаными и суглинистыми почвами, также встречаются бурые полупустынные солонцеватые и солончаковатые почвы, рН почвенного раствора – 8,77, по солевому составу почвы также не засолены, зафиксировано незначительное содержание катионов, из анионов преобладают сульфат ионы в поверхностном слое почв.

На территории поселка Ачинеры распространены бурые полупустынные супесчаные почвы и «шоровые» солончаки, водородный показатель 8,23, из катионов преобладают ионы натрия, из анионов хлорид ионы, почвы не засолены в поверхностном слое.

Таблица 1

Водная вытяжка из почвы территории Черноземельского района (глубина 0–20 см)

Table 1

Water extract from the soil of the territory of the Chernozemelsky district (depth 0–20 cm)

Место отбора	pH	Сухой остаток	В числителе – мэкв/100 г почвы, в знаменателе – %					
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
На территории населенных пунктов								
На территории поселка Адык	8,47	0,121	<u>0,400</u> 0,024	<u>1,500</u> 0,072	<u>0,200</u> 0,007	<u>0,500</u> 0,010	<u>0,400</u> 0,004	<u>0,170</u> 0,004
На территории поселка Артезиан	8,63	0,065	<u>0,300</u> 0,018	<u>0,250</u> 0,012	<u>0,570</u> 0,027	<u>0,200</u> 0,004	<u>0,200</u> 0,002	<u>0,080</u> 0,002
На территории поселка Ачинеры	8,23	0,135	<u>0,450</u> 0,027	<u>0,500</u> 0,024	<u>1,020</u> 0,036	<u>0,250</u> 0,005	<u>0,300</u> 0,003	<u>1,725</u> 0,040
На территории поселка Комсомольский	8,19	0,070	<u>0,575</u> 0,035	<u>0,250</u> 0,012	<u>0,120</u> 0,004	<u>0,250</u> 0,005	<u>0,600</u> 0,006	<u>0,370</u> 0,008
На территории поселка Кумской	8,44	0,151	<u>0,400</u> 0,024	<u>1,250</u> 0,060	<u>0,400</u> 0,014	<u>0,750</u> 0,015	<u>0,300</u> 0,003	<u>1,550</u> 0,035
На территории поселка Нарын Худук	8,00	0,034	<u>0,260</u> 0,016	–	<u>0,270</u> 0,009	<u>0,200</u> 0,004	<u>0,100</u> 0,001	<u>0,170</u> 0,004
На территории поселка Прикумский	8,60	0,151	<u>0,500</u> 0,031	<u>1,500</u> 0,072	<u>0,200</u> 0,007	<u>0,500</u> 0,010	<u>0,300</u> 0,003	<u>1,200</u> 0,028
На территории поселка Сарул	8,76	0,394	<u>0,600</u> 0,037	<u>0,250</u> 0,012	<u>5,350</u> 0,190	<u>0,750</u> 0,015	<u>1,500</u> 0,015	<u>5,450</u> 0,125
На территории ООПТ								
На территории заповедника «Черные земли»	8,20	0,041	<u>0,260</u> 0,016	<u>0,250</u> 0,012	<u>0,120</u> 0,004	<u>0,200</u> 0,004	<u>0,100</u> 0,001	<u>0,170</u> 0,004
На территории федерального заказника «Меклетинский»	8,47	0,223	<u>0,500</u> 0,031	<u>1,021</u> 0,049	<u>2,760</u> 0,092	<u>1,000</u> 0,020	<u>1,100</u> 0,011	<u>0,850</u> 0,020
На территории нефтедобывающих предприятий								
На территории Тенгутинского месторождения	8,93	1,682	<u>1,235</u> 0,076	<u>7,729</u> 0,371	<u>22,500</u> 0,750	<u>1,250</u> 0,025	<u>5,000</u> 0,050	<u>17,425</u> 0,410
На территории Надеждинского месторождения	8,82	1,708	<u>1,365</u> 0,084	<u>3,750</u> 0,180	<u>16,920</u> 0,564	<u>2,250</u> 0,045	<u>4,500</u> 0,045	<u>35,275</u> 0,830
На территории Северо-Камышанского месторождения	9,12	2,163	<u>1,592</u> 0,098	<u>10,375</u> 0,498	<u>19,260</u> 0,642	<u>2,750</u> 0,055	<u>2,000</u> 0,020	<u>28,900</u> 0,680

Почвенный покров поселка Кумской сложен бурыми полупустынными слабо развитыми супесчаными и песчаными почвами и песками, pH почвенного раствора равен 8,44, по солево-му составу почвы в поверхностном слое не засолены, из катионов преобладают ионы натрия, из анионов сульфат ионы.

На территории поселка Нарын Худук распространены бурые полупустынные песчаные почвы и пески, водородный показатель равен 8,00, почвы также не засолены в поверхностном слое, сульфат ионы не обнаружены, содержание катионов и ионов очень мало. Почвы поселка Прикумский бурые полупустынные, показатель pH 8,60, из катионов преобладают ионы натрия, из анионов сульфат ионы, почвы не засолены. Поселок Сарул расположен на солонцах корковых в комплексе с бурыми полупустынными почвами, водородный показатель равен 8,96, почвы засолены в поверхностном слое, засоление хлоридно-натриевое, из катио-

нов преобладают ионы натрия, из анионов хлорид ионы.

Почвенный покров заповедника «Черные земли» сложен бурыми полупустынными почвами и их комплексами с солонцами. Почвы исследуемого горизонта не засолены, водородный показатель – 8,20. Почвы федерального заказника Меклетинский слабо засоленные, из анионов преобладают хлорид ионы, из катионов выделяются ионы натрия и кальция, pH – 8,47.

Почвы нефтяных месторождений значительно отличаются солевым составом от почв исследуемых населенных пунктов и почв особо охраняемых природных территорий. Это связано с попаданием нефти и нефтепродуктов в окружающую среду. Кроме нефтепродуктов в почву попадают высокоминерализованные пластовые воды (рис. 3). Загрязнение почв данными поллютантами приводит к нарушению химического состава, изменению солевого состава почв и т.д. [24].

Рис. 3. Разгерметизированная нефтяная скважина Надеждинского месторождения

Fig. 3. Depressurized oil well of Nadezhda oilfield

Почвы Тенгутинского нефтегазоконденсатного месторождения классифицируются как бурые полупустынные супесчаные и их комплексы с солонцами корковыми. По солевому составу почвы месторождения сильно засоленные, тип засоления сульфатно-натриево-хлоридный. Из катионов преобладают ионы натрия, из анионов сульфат и хлорид ионы. Водородный показатель равен 8,93.

Почвы Надеждинского и Северо-Камышанского месторождения бурые полупустынные в комплексе с солончаками луговыми. Химический анализ водной вытяжки из почв данных месторождений показал, что почвы сильно засоленные, по типу засоления преимущественно хлоридно-натриевые. pH варьирует от 8,82 до 9,12. Катионные изменения идут в сторону увеличения ионов кальция и магния и значительного увеличения ионов натрия. Анионные – в сторону увеличения гидрокарбонат ионов и значительного увеличения сульфат и хлорид ионов.

Результаты уровня содержания питательных элементов и активности каталазы представлены в табл. 2.

Содержание органического углерода на территории поселков Черноземельского района Республики Калмыкия находится в пределах от 0,28 до 0,68 %; стоит отметить, что максимальные значения органического углерода зафиксированы в почвах поселка Адык, в бурых полупустынных супесчаных и песчаных почвах содержание органического углерода не превы-

шает 1 %. Исследуемые почвы по градации Мачигина очень низко обеспечены азотом, фосфором и низко обеспечены калием.

Активность каталазы в бурых полупустынных почвах очень низкая. Необходимо отметить, что активность почвенного фермента каталазы говорит о биологических процессах, происходящих в почвах, и чем выше активность данного фермента, тем больше процессов она включает. Наибольшая активность каталазы зафиксирована в почвах п. Ачинеры – 2,88 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин., минимальная на территории п. Сарул – 1,46 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин.

Содержание органического углерода в почвах особо охраняемых природных территорий варьирует от 0,80 до 1,08 %. Данные почвы лучше обеспечены подвижными формами азота, фосфора и калия; это объясняет их высокую биологическую активность – так, активность каталазы составляет 3,02 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин.

Деятельность по добыче и транспортировке нефти и нефтепродуктов негативно влияет на содержание органического углерода, питательных элементов и активности почвенного фермента каталазы в почвах. Так, в почвах нефтепромыслов содержание органического углерода варьирует от 4,12 до 5,35 % за счет внесения углерода нефти, содержание общего азота снижается до 0,01 %; это приводит к увеличению соотношения углерода к азоту. Содержание подвижных форм азота, фосфора и калия снижа-

ется, значительно ингибируется активность каталазы. Так, в почвах Северо-Камышанского месторождения зафиксировано минимальное

значение активности каталазы – 0,40 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин.

Таблица 2

Содержание питательных элементов, органического углерода и активность каталазы в почве

Table 2

Content of nutrient, organic carbon and catalase activity in soil

Место отбора	Сорг. %	Общий N, %	N-NO ₃	K ₂ O	P ₂ O ₅	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту
	мг/1000 г					
На территории населенных пунктов						
На территории поселка Адык	0,64	0,10	0,54	25,30	1,74	2,36
На территории поселка Артезиан	0,32	0,08	0,40	20,10	1,41	2,20
На территории поселка Ачинеры	0,68	0,12	0,68	22,18	2,05	2,88
На территории поселка Комсомольский	0,41	0,10	0,42	31,00	1,68	2,00
На территории поселка Кумской	0,60	0,10	0,58	20,25	1,88	2,12
На территории поселка Нарын Худук	0,38	0,08	0,38	16,20	1,20	1,86
На территории поселка Прикумский	0,56	0,08	0,44	26,34	2,00	2,20
На территории поселка Сарул	0,28	0,06	0,30	14,70	1,41	1,46
На территории ООПТ						
На территории заповедника «Черные земли»	1,08	0,20	0,78	30,00	2,95	3,02
На территории федерального заказника «Меклетинский»	0,80	0,16	0,62	31,52	1,84	2,88
На территории нефтедобывающих предприятий						
На территории Тенгутинского месторождения	4,56	0,03	0,22	10,10	0,95	0,86
На территории Надеждинского месторождения	5,35	0,02	0,18	10,00	1,00	0,90
На территории Северо-Камышанского месторождения	4,12	0,01	0,25	15,22	0,60	0,40

Еще одним опасным загрязнителем являются тяжелые металлы (ТМ). В перспективе они могут стать более опасными, чем отходы атомных электростанций и твердые отходы. Загрязнение ТМ связано с их широким использованием в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки ТМ попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. ТМ относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах [25–28].

В своем исследовании мы изучили содержание наиболее опасных ТМ в почвах, проследили динамику изменения ТМ в почвах п. Комсомольский за период с 2015 по 2019 г. Содержание ТМ в почвах нефтепромыслов дано за 2019 г., исследование динамики изменения ТМ в почвах нефтепромыслов не производили.

В табл. 3 представлено валовое содержание ТМ в почвах п. Комсомольский и нефтедобывающих предприятий.

В результате исследования почв п. Комсомольский установлено незначительное увеличение концентрации меди, свинца и цинка. Концентрации кадмия и ртути находятся ниже пределов обнаружения.

Содержание ТМ в почвах нефтяных месторождений значительно выше, чем в почвах исследуемого населенного пункта. Кадмий – наиболее опасный, токсичный, тератогенный тяжелый металл 1 класса опасности. Содержание Cd во всех почвенных пробах, отобранных на нефтепромыслах, невелико, существенно ниже величины ПДК; так, в почвах Тенгутинского месторождения содержание кадмия составляет 0,47 мг/кг, в почвах Надеждинского месторождения – 0,24 мг/кг, Северо-Камышанского – 0,30 мг/кг. Содержание Cu – тяжелого металла, относящегося ко 2 классу опасности, в почвах нефтепромыслов значительно ниже величины ПДК. Содержание меди в почвах нефтепромыслов варьирует от 7,60 до 9,40 мг/кг. Ртуть – ТМ 1 класса опасности.

Содержание ртути в почвах исследуемых нефтепромыслов незначительно; в почвах Северо-Камышанского месторождения содержание ртути ниже пределов обнаружения. Свинец относится к элементам 1 класса опасности. Максимальное содержание Pb зафиксировано в почвах Тенгутинского месторождения, на тер-

риториях Надеждинского и Северо-Камышанского месторождений содержание свинца находится в пределах 8,8 мг/кг. Цинк – элемент 1 класса опасности. Содержание цинка в почвах нефтепромыслов варьирует от 23,5 до 49,6 мг/кг.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в почвах

Table 3

Heavy metal content in soils

Место отбора	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
	мг/кг				
На территории п. Комсомольский	2015				
	ниже п.о.*	1,183	ниже п.о.	4,033	10,666
	2016				
	ниже п.о.	1,183	ниже п.о.	4,483	10,000
	2017				
	ниже п.о.	1,200	ниже п.о.	4,616	10,166
	2018				
	ниже п.о.	2,000	ниже п.о.	4,783	11,000
На территории Тенгутинского месторождения	2019				
	ниже п.о.	2,255	ниже п.о.	4,989	10,500
	0,470	9,400	0,024	12,196	30,500
	0,240	8,800	0,006	8,841	23,500
	0,300	7,600	ниже п.о.	8,564	49,600
	2,0	55,0	2,1	30,0	100,0
ПДК					

* Ниже пределов обнаружения.

* Below detection limits.

Заклучение

Химический анализ водной вытяжки из почв населенных пунктов Черноземельского района показал, что практически все отобранные образцы не засолены на глубине 0–20 см, исключением являются корковые солонцы поселка Сарул – здесь зафиксировано сильное хлоридно-натриевое засоление. Бурые полупустынные почвы исследуемых поселков и их комплексы с солонцами, солончаками и песками очень низко обеспечены азотом, фосфором и низко обеспечены калием. Активность каталазы варьирует от 1,46 до 2,88 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин, почвы имеют очень низкое содержание органического углерода, не превышающее 1 %. В почвах п. Комсомольский зафиксировано незначительное увеличение меди, свинца и цинка, содержание кадмия и ртути ниже пределов обнаружения.

Почвы ООПТ лучше обеспечены элементами питания и проявляют большую биологическую активность, чем почвы населенных пунк-

тов. Так, активность каталазы в почвах заповедника «Черные земли» составляет 3,02 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин. Содержание органического углерода в почвах ООПТ достигает 1,08 %.

Существенные изменения в химическом составе и биологических свойствах зафиксированы в почвах нефтяных месторождений. Загрязнение почв нефтью и сопутствующими материалами приводит к их вторичному засолению; так, в почвах нефтепромыслов зафиксировано сильное хлоридно-натриевое засоление. Резко возрастает содержание органического углерода на фоне снижения элементов питания, что приводит к увеличению соотношения C:N. Происходит подщелачивание почвенного раствора, в почвах аккумулируются ТМ, ингибируется активность каталазы. Содержание ТМ в почвах нефтепромыслов хоть и не превышает ПДК, но значительно выше содержания данных элементов в фоновых почвах.

Благодарности

Исследование проведено в рамках государственной субсидии – проект «Развитие сель-

ских территорий Юга России: комплексный анализ, социально-экономический и экологический мониторинг» (№ госрегистрации: АААА–А19-1190111490037-8 (2019–2021 гг.)).

Библиографический список

1. К 30-летию «генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и кизлярских пастбищ» / К. Н. Кулик, В. И. Петров, А. С. Рулев, О. Ю. Кошелева, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. – 2018. – № 1 (74). – С. 5–12.
2. Борликов, Г. М. Экология. Природопользование аридных территорий / Г. М. Борликов, О. А. Лачко, Т. И. Бакинова. – Элиста : Изд-во КГУ, 2009. – 100 с.
3. Кузнецов, П. С. Нижнее Поволжье / П. С. Кузнецов. – Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1948. – 295 с.
4. Герасимов, И. П. Почвы Прикаспийской низменности / И. П. Герасимов. – Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1939. – 277 с.
5. Бадюкова, Е. Н. История колебаний уровня Каспия в плейстоцене (была ли великая Хвалынская трансгрессия?) / Е. Н. Бадюкова // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 2015. – № 74. – С. 111–120.
6. Цуцкин, Е. В. Черные земли в геопространстве Евразии / Е. В. Цуцкин. – URL: <http://www.gumilev-center.ru/chernye-zemli-v-geoprostranstve-evrazii/>
7. Бакаев, П. Д. Черные земли / П. Д. Бакаев. – Элиста : АПП «Джангар», 2005. – 184 с.
8. Гумилев, Л. Н. Открытие Хазарии / Л. Н. Гумилев. – Москва : Ди-Дик, 1996. – 544 с.
9. Бакинова, Т. И. Почвы Республики Калмыкия / Т. И. Бакинова, Н. П. Воробьева, Е. А. Зеленская. – Элиста : НПП «Джангар», 1994. – 231 с.
10. Ташнинова, Л. Н. Красная книга почв и экосистем Калмыкии / Л. Н. Ташнинова. – Элиста : АПП «Джангар», 2000. – 213 с.
11. Растительный мир Калмыкии / В. А. Бананова, Б. Н. Горбачев, Р. М. Середин, Л. А. Журкина, Т. И. Вотинова. – Элиста : Калмыцкое книжное издательство, 1977. – 141 с.
12. Джапова, Р. Р. Динамика пастбищ и сенокосов Калмыкии / Р. Р. Джапова. – Элиста : КалмГУ, 2008. – 176 с.
13. Биота и природная среда Калмыкии / под ред. И. С. Зонна, В. М. Неронова. – Москва : ТОО «Коркис», 1995. – 280 с.
14. Виноградов, Б. В. Биотические критерии зон экологического бедствия России / Б. В. Виноградов, В. А. Орлов, В. В. Снакин // Известия РАН. Сер.: География. – 1993. – № 5. – С. 77–89.
15. Sayko, T. Europa's First Desert / T. Sayko, I. Zonn // Geographical. – 1995. – № 4. – P. 24–26.
16. Генеральная схема по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ. – Ростов-н/Д : ЮжНИИгипрозем, 1986. – 262 с.
17. Агролесомелиорация / под ред. А. Л. Иванова, К. Н. Кулика. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.
18. Летопись природы биосферного заповедника «Черные земли» / Б. И. Убушаев, Б. С. Убушаев, А. А. Булуктаев, Н. Б. Хазыкова, Х. Б. Манджиев, В. Э. Бадмаев, М. В. Евчук, Н. А. Васькина. – Элиста : НПП «Джангар», 2015. – 224 с.
19. Даваева, Ц. Д. Биоиндикация и мониторинг состояния нефтезагрязненных территорий Прикаспийской низменности / Ц. Д. Даваева, Л. Х. Сангаджиева, З. Б. Бадмаева, А. А. Булуктаев. – Элиста : НПП «Джангар», 2014. – 152 с.
20. Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республики Калмыкия: Численность населения Республики Калмыкия по городам и районам на 01.01.2019 года. – URL: <https://astrastat.gks.ru/storage/mediabank/Численность%20населения%20Республики%20Калмыкия.htm>
21. Практикум по агрохимии / отв. ред. В. Г. Минеев. – Москва : Изд-во МГУ, 1989. – 303 с.
22. Практикум по почвоведению / отв. ред. И. С. Кауричев. – Москва : Мир, 1983. – 279 с.
23. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 202 с.
24. Булуктаев, А. А. Изменение солевого состава почв Черных земель при нефтяном загрязнении / А. А. Булуктаев // Юг России: экология, развитие. – 2018. – № 2. – С. 184–195.
25. Джувеликян, Х. А. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв / Х. А. Джувеликян, Д. И. Щеглов, Н. С. Горбунова. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009. – 22 с.
26. Korte, N. E. A baseline study on trace metal elution from diverse soil types / N. E. Korte, J. Skopp, E. E. Niebla, W. H. Fuller // Water, air and soil. – 1975. – P. 149–156.
27. Lantry, R. S. Atmosphere trace metals: global-cycles and assessment of man's impact / R. S. Lantry, F. T. Mackensie // Geochim. et Cosmochim. Acta. – 1979. – Vol. 43. – P. 511–525.
28. Тяжелые металлы в компонентах ландшафтов Калмыкии / Л. Х. Сангаджиева, О. С. Сангаджиева, Ц. Д. Даваева, В. П. Ходыков, З. Б. Бадмаева // Юг России: экология, развитие. – 2010. – № 1. – С. 156–161.

References

1. Kulik K. N., Petrov V. I., Rulev A. S., Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2018, no. 1 (74), pp. 5–12. [In Russian]
2. Borlikov G. M., Lachko O. A., Bakina T. I. *Ekologiya. Prirodopol'zovanie aridnykh territoriy* [Ecology. Nature management of arid territories]. Elista: Izd-vo KGU, 2009, 100 p. [In Russian]
3. Kuznetsov P. S. *Nizhnee Povolzh'e* [Lower Volga region]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1948, 295 p. [In Russian]
4. Gerasimov I. P. *Pochvy Prikaspiyskoy nizmennosti* [Soils of the Caspian Lowland]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1939, 277 p. [In Russian]
5. Badyukova E. N. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda* [Quaternary Study Commission Bulletin]. 2015, no. 74, pp. 111–120. [In Russian]
6. Tsutskin E. V. *Chernye zemli v geoprostranstve Evrazii* [Black lands in the geospace of Eurasia]. Available at: <http://www.gumilev-center.ru/chernye-zemli-v-geoprostranstve-evrazii/> [In Russian]
7. Bakaev P. D. *Chernye zemli* [Black lands]. Elista: APP «Dzhanger», 2005, 184 p. [In Russian]
8. Gumilev L. N. *Otkrytie Khazarii* [Discovery of Khazaria]. Moscow: Di-Dik, 1996, 544 p. [In Russian]
9. Bakina T. I., Vorob'eva N. P., Zelenskaya E. A. *Pochvy Respubliki Kalmykiya* [Soils of the Republic of Kalmykia]. Elista: NPP «Dzhanger», 1994, 231 p. [In Russian]
10. Tashnina L. N. *Krasnaya kniga pochv i ekosistem Kalmykii* [Red Book of Soils and Ecosystems of Kalmykia]. Elista: APP «Dzhanger», 2000, 213 p. [In Russian]
11. Bananova V. A., Gorbachev B. N., Seredin R. M., Zhurkina L. A., Votina T. I. *Rastitel'nyy mir Kalmykii* [The flora of Kalmykia]. Elista: Kalmytskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1977, 141 p. [In Russian]
12. Dzhapova R. R. *Dinamika pastbishch i senokosov Kalmykii* [Dynamics of pastures and hayfields in Kalmykia]. Elista: KalmGU, 2008, 176 p. [In Russian]
13. *Biota i prirodnaya sreda Kalmykii* [Biota and natural environment of Kalmykia]. Ed. I. S. Zonn, V. M. Neronov. Moscow: TOO «Korkis», 1995, 280 p. [In Russian]
14. Vinogradov B. V., Orlov V. A., Snakin V. V. *Izvestiya RAN. Ser.: Geografiya* [Geography]. 1993, no. 5, pp. 77–89. [In Russian]
15. Sayko T., Zonn I. *Geographical*. 1995, no. 4, pp. 24–26.
16. *General'naya skhema po bor'be s opustynivaniem Chernykh zemel' i Kizlyarskikh pastbishch* [General scheme to combat desertification of the black lands and Kizlyar pastures]. Rostov-on-Don: YuzhNIIGiprozem, 1986, 262 p. [In Russian]
17. *Agrolesomeliatsiya* [Land and forest reclamation]. Ed. A. L. Ivanov, K. N. Kulik. Volgograd: VNIALMI, 2006, 746 p. [In Russian]
18. Ubushaev B. I., Ubushaev B. S., Buluktaev A. A., Khazykova N. B., Mandzhiev Kh. B., Badmaev V. E., Evchuk M. V., Vas'kina N. A. *Letopis' prirody biosfernogo zapovednika «Chernye zemli»* [Chronicle of nature of the biosphere reserve "Chornye Zemli"]. Elista: NPP «Dzhanger», 2015, 224 p. [In Russian]
19. Davaeva Ts. D., Sangadzhieva L. Kh., Badmaeva Z. B., Buluktaev A. A. *Bioindikatsiya i monitoring sostoyaniya neftezagryaznennykh territoriy Prikaspiyskoy nizmennosti* [Bioindication and monitoring of the state of oil-contaminated territories of the Caspian lowland]. Elista: NPP «Dzhanger», 2014, 152 p. [In Russian]
20. *Upravlenie Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Astrakhanskoy oblasti i Respublike Kalmykiya: Chislennost' naseleniya Respubliki Kalmykiya po gorodam i rayonam na 01.01.2019 goda* [Office of the Federal State Statistics Service for the Astrakhan Region and the Republic of Kalmykia: number of inhabitants of the Republic of Kalmykia by cities and districts of 01.01.2019]. Available at: <https://astrastat.gks.ru/storage/mediabank/Chislennost'%20naseleniya%20Respubliki%20Kalmykiya.htm> [In Russian]
21. *Praktikum po agrokhimii* [Practical work on agrochemistry]. Execut. ed. V. G. Mineev. Moscow: Izd-vo MGU, 1989, 303 p. [In Russian]
22. *Praktikum po pochvovedeniyu* [Practical work on soil studies]. Execut. ed. I. S. Kaurichev. Moscow: Mir, 1983, 279 p. [In Russian]
23. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Val'kov V. F. *Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy* [Biological diagnostics and indication of soils: methodology and methods of research]. Rostov-on-Don: Izd-vo Rost. un-ta, 2003, 202 p. [In Russian]
24. Buluktaev A. A. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [The south of Russia: ecology, development]. 2018, no. 2, pp. 184–195. [In Russian]
25. Dzhuvelikyan Kh. A., Shcheglov D. I., Gorbunova N. S. *Zagryaznenie pochv tyazhelymi metallami. Sposoby kontrolya i normirovaniya zagryaznennykh pochv* [Pollution of soil with heavy metals. Ways of control and regulation of polluted soil]. Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskiy tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009, 22 p. [In Russian]
26. Korte N. E., Skopp J., Niebla E. E., Fuller W. H. *Water, air and soil*. 1975, pp. 149–156.
27. Lantry R. S., Mackenzie F. T. *Geochim. et Cosmochim. Acta*. 1979, vol. 43, pp. 511–525.
28. Sangadzhieva L. Kh., Sangadzhieva O. S., Davaeva Ts. D., Khodykov V. P., Badmaeva Z. B. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [The south of Russia: ecology, development]. 2010, no. 1, pp. 156–161. [In Russian]