

УДК 631.42

DOI 10.21685/2500-0578-2023-4-3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО, СВЕТО-КАШТАНОВОЙ И БУРОЙ ПОЛУПУСТЫННОЙ ПОЧВ КАЛМЫКИИ

А. А. Булуктаев¹, А. Б. Адьянова², Н. В. Джимбеев³,
Р. А. Мукабенова⁴, С. С. Манджиева⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Калмыцкий научный центр Российской академии наук, Элиста, Россия

¹ buluktaev89@mail.ru

Аннотация. Территория Республики Калмыкии включает в себя три почвенные зоны, совершенно различные по своим физико-химическим, химическим и биологическим свойствам. В настоящей работе осуществлена попытка провести сравнительный анализ химических и биологических свойств почв Калмыкии. В качестве объектов исследования выбраны зональные почвы Республики Калмыкии. Лабораторно-аналитические исследования, а также отбор проб, выполнены с использованием общепринятых в биологии и почвоведении методов. В ходе проведения лабораторного эксперимента установлено, что наиболее благоприятные условия для роста и развития редиса выявлены на черноземе южном, далее следуют светло-каштановая и бурая полупустынная почвы. На почвах нефтепромысла рост редиса существенно ингибируется, напротив, на почвах заповедника стимулируется. В результате проведенных исследований установлено, что почвы Калмыкии по активности почвенных ферментов образуют следующий ряд: чернозем южный > светло-каштановая > бурая полупустынная, по обеспеченности макроэлементами почвы образуют аналогичный ряд. Биологические свойства чернозема южного, светло-каштановой и бурой полупустынной почв существенно различаются, что, вероятно, связано с обеспеченностью почв биофильными элементами, доступными для растений, и их гранулометрическим составом, также на биологические свойства влияет антропогенное либо рекреационное воздействие.

Ключевые слова: почвы, Республика Калмыкия, биологические свойства, физико-химический состав, нефтепромысел, заповедник

Финансирование: исследование проведено в рамках государственной субсидии – проект «Ассиметрично развивающиеся территории перед традиционными и новыми вызовами: исследование динамики социально-экономических процессов и изменчивости экологической ситуации» (№ госрегистрации: 122022700133-9 2022–2026 гг.).

Для цитирования: Булуктаев А. А., Адьянова А. Б., Джимбеев Н. В., Мукабенова Р. А., Манджиева С. С. Сравнительный анализ химических и биологических свойств чернозема южного, светло-каштановой и бурой полупустынной почв Калмыкии // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2023. Vol. 8 (4). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-4-3>

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOUTHERN CHERNOZEM, LIGHT CHESTNUT AND BROWN SEMI-DESERT SOILS OF KALMYKIA

A.A. Buluktaev¹, A.B. Adyanova², N.V. Dzhimbeev³,
R.A. Mukabenova⁴, S.S. Mandzhieva⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Kalmyk scientific center of the Russian Academy of Sciences, Elista, Russia

¹ buluktaev89@mail.ru

Abstract. The territory of the Republic of Kalmykia includes three soil zones, completely different in their physicochemical, chemical and biological properties. In the present work, an attempt was made to carry out a comparative analysis of the chemical and biological properties of soils in Kalmykia. Zonal soils of the Republic of Kalmykia were chosen as objects of study. Laboratory and analytical studies, as well as sampling, were carried out using methods generally accepted in biology and soil science. During the laboratory experiment, it was found that the most

favorable conditions for the growth and development of radishes were found on the southern chernozem, followed by light chestnut and brown semi-desert soil. On the soils of the oil field, the growth of radish is significantly inhibited, on the contrary, on the soils of the reserve it is stimulated. As a result of the research, it was found that the soils of Kalmykia, according to the activity of soil enzymes, form the following series of southern chernozem > light chestnut > brown semi-desert. According to the availability of macroelements, the soils of Kalmykia form a similar series. The biological properties of southern chernozem, light chestnut and brown semidesert soils differ significantly, which is probably due to the availability of biophilic elements available to plants and their granulometric composition, and anthropogenic or recreational impacts also affect biological properties.

Keywords: soils, Republic of Kalmykia, biological properties, physical and chemical composition, oil field, nature reserve

Financing: The research was carried out within the framework of a state subsidy - the project "Asymmetrically developing territories facing traditional and new challenges: a study of the dynamics of socio-economic processes and the variability of the environmental situation" (state registration number: 122022700133-9 2022–2026).

For citation: Buluktaev A.A., Adyanova A.B., Dzhimbeev N.V., Mukabenova R.A., Mandzhieva S.S. Comparative analysis of the chemical and biological properties of southern chernozem, light chestnut and brown semi-desert soils of Kalmykia. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2023;8(4). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-4-3>

Введение

Республика Калмыкия является небольшим, но самым аридным регионом на крайнем юго-востоке европейской части Российской Федерации [1], который входит в состав Южного Федерального округа. Доминирующая часть территории располагается в зоне степей, полупустынь и пустынь общей протяженностью 458 км с севера на юг и 423 км с запада на восток [2–3]. От соседних субъектов Российской Федерации, а также других регионов, Калмыкия резко отличается не только комплексом природно-хозяйственных характеристик, но и более континентальным климатом (летом до +45 °С, зимой до –20 °С), отсутствием постоянных и крупных водотоков, минимальным количеством годовых осадков (250–300 мм в год) и меньшей плотностью населения (3,7 человек/км² при территории 75 тыс. км² и населении менее 280 тыс. человек) [4].

Почвенный покров территории Республики Калмыкии характеризуется ярко выраженной комплексностью, обусловленной хорошо развитым микрорельефом, недостаточным и неустойчивым атмосферным увлажнением. Наибольшее распространение имеют зональные автоморфные светло-каштановые и бурые полупустынные почвы, сформировавшиеся на Ергенинской возвышенности и Прикаспийской низменности. В комплексе с ними значительно распространены солонцы полупустынные. Темно-каштановые почвы и черноземы занимают небольшую площадь на западе республики [5].

Бурые полупустынные почвы залегают на выровненных пространствах Прикаспийской низменности и занимают около 27,5 % почвенного покрова Республики Калмыкии. Светло-

каштановые почвы составляют фон почвенного покрова Ергенинской возвышенности, их общая площадь – 945,0 тыс. га, что составляет 12,64 % почвенного покрова республики. Черноземы распространены на крайнем юго-западе, на водораздельных плато и пологих склонах северных отрогов Ставропольской возвышенности, занимая 108,9 тыс. га, или 1,46 % общей территории [6–7].

Асимметричность развития сельских территорий Республики Калмыкии связана с экологической ситуацией, а также особенностями физико-химических и биологических свойств почв. Так, физико-химические свойства почв обуславливают их использование: чернозем южный используется в сельском хозяйстве для выращивания сельскохозяйственных культур. Светло-каштановые почвы используются в сельскохозяйственных целях меньше, часто в качестве пастбищ для выпаса скота. Бурые полупустынные почвы практически не используются для выращивания сельскохозяйственных культур растений, исключением является выращивание бахчевых культур вблизи оросительных каналов. Данные территории используются в качестве пастбищ.

В настоящее время территория республики – это зона экологического бедствия, в ней происходят все наиболее актуальные процессы, которые сейчас наблюдаются в мире – это и аридизация, и, как следствие, опустынивание, засоление, химическое загрязнение, а также ветровая эрозия, поэтому территория требует тщательного исследования. Так, Республика Калмыкия сталкивается с проблемами деградации пастбищ и опустынивания территорий [8–11], где существенную роль играет перевыпас скота. Большие площади пустынных участков, ограниченный

растительный покров наряду с сильными ветрами влекут за собой серьезные метеорологические явления, такие как пыльные и песчаные бури [12]. Ухудшаются многие физико-химические свойства почв, в том числе содержание гумуса, который является одним из основных факторов плодородия почвы. Большинство функционирующих в республике нефтяных месторождений расположено на территории Черных земель и Сарпинской низменности, вызывая ряд экологических проблем, связанных с попаданием нефти и нефтепродуктов в окружающую среду [13].

В связи с этим значительную роль в регулировании почвенного плодородия играет мониторинг состояния почв, который включает наблюдения за изменениями агрохимических показателей пахотного слоя сельских территорий Республики Калмыкии [14]. В настоящей работе впервые проведено сравнительное исследование биологической активности и ряда других

свойств бурой полупустынной, светло-каштановой почв и чернозема южного Республики Калмыкии.

Материал и методы

Исследования проводили с тремя зональными типами и подтипами почв, составляющими основу почвенного покрова Калмыкии: бурой полупустынной, светло-каштановой и черноземом южным. Пробы бурой полупустынной почвы были отобраны на территории Яшкульского района Республики Калмыкии, светло-каштановой – на территории Целинного района, чернозема южного – на территории Городовиковского района. Отобраны образцы бурых полупустынных почв с антропогенно-нарушенных территорий и особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в целях их сравнения, стоит отметить, что нефтепромыслы также расположены на ООПТ (рис. 1).

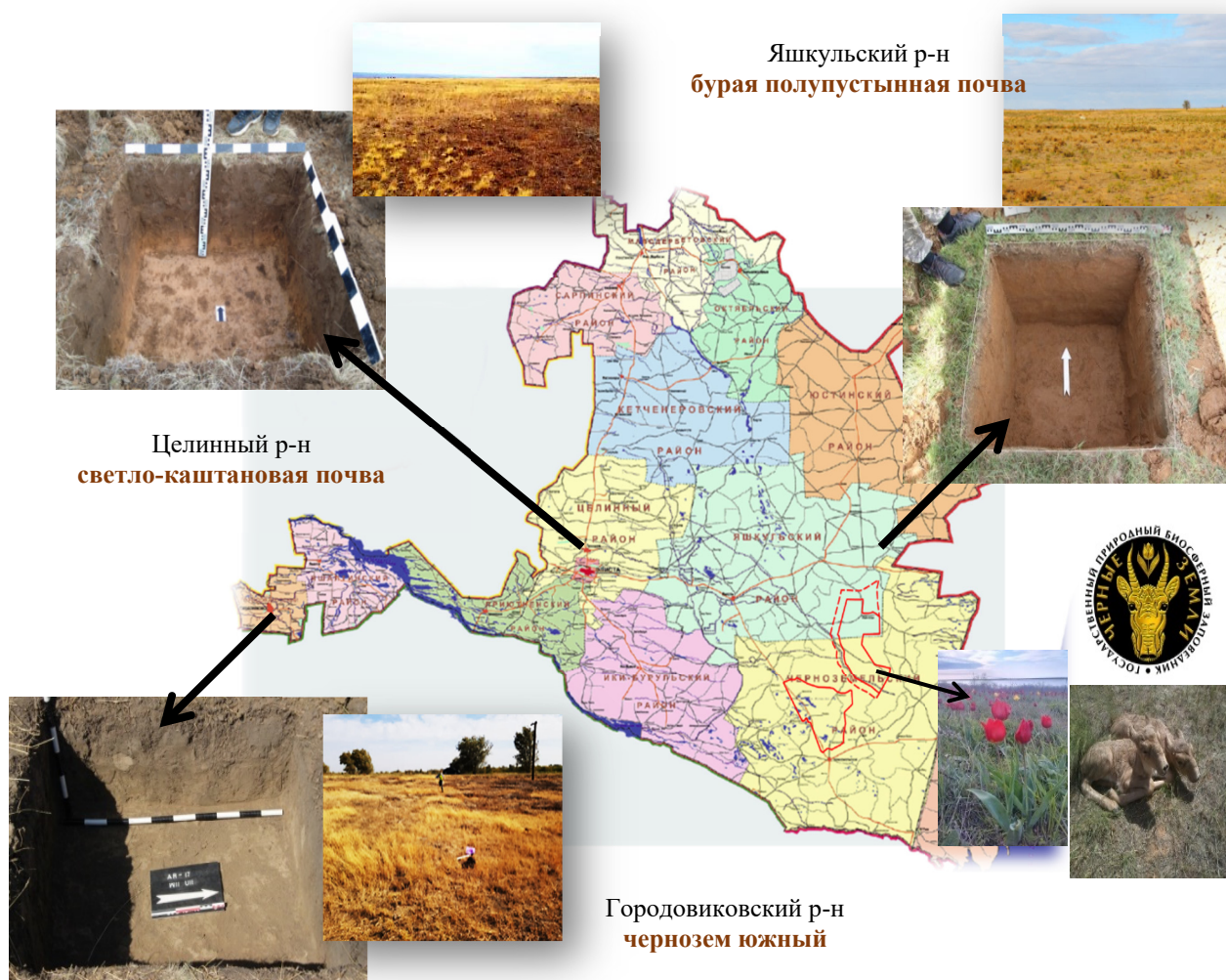


Рис. 1. Карта-схема отбора почвенных образцов на территории Республики Калмыкии

Fig. 1. Map-scheme of soil sampling on the territory of the Republic of Kalmykia

На месте забора почвенных образцов заложены разрезы, описания почвенных профилей

представлены в табл. 1–3. Почвы отобраны в весенний период. Химический анализ почв представлен в результатах данной статьи.

Таблица 1

Описание профиля чернозема южного, пос. Бага-Бурул, Городовиковский район

Table 1

Description of the profile of the southern chernozem, pos. Baga-Burul, Gorodovikovskiy district

Апах (0–20)	Влажный, темно-серый, комковато-зернистый, уплотнен, тяжелосуглинистый, корни растений, переход ясный. Кипит
AB (20–50)	Свежий, буровато-темно-серый, тяжелосуглинистый, плотный, комковатый, корни, переход постепенный. Кипит
B (50–100)	Бурый, свежий, плотный, ореховато-комковатый, тяжелосуглинистый, корни, переход постепенный. Кипит
BC (100–125)	Палево-бурый, свежий, ореховатый, плотный, тяжелосуглинистый, единичные корни, карбонаты в виде белоглазки, переход постепенный. Кипит

Таблица 2

Описание профиля светло-каштановой почвы, с. Оватинский, Целинный район

Table 2

Description of the profile of light chestnut soil, Ovatskiy village, Tselinny district

Апах (0–20)	Свежий, светло-каштановый, комковато-пылеватый, рыхлый, среднесуглинистый, корни растений, переход ясный. Не кипит
B (20–35)	Влажный, буровато-коричневый, среднесуглинистый, плотный, корни, переход ясный. Не кипит
BC (35–45)	Увлажненный, бурый, плотный, ореховатый, среднесуглинистый, единичные корни, переход заметный. Кипит
C (45–70)	Желто-бурый, свежий, ореховатый, плотный, среднесуглинистый, карбонатный, переход заметный. Кипит

Таблица 3

Описание профиля бурой полупустынной почвы, п. Тавн-Гашун, Яшкульский район

Table 3

Description of the profile of brown semi-desert soil, Tavn-Gashun village, Yashkul district

A (0–10)	Сухой, буроватый, супесчаный, пылевато-комковатый, уплотнен, корни растений, переход ясный. Не кипит
AB (10–30)	Сухой, светло-бурый, песчаный, рыхлый, корни, переход заметный. Не кипит
B (30–50)	Сухой, светло-бурый, рыхлый, песчаный, корни, переход постепенный. Кипит
C (50–90)	Желто-бурый, свежий, непрочнo-комковатый, плотный, песчаный, карбонаты, переход постепенный. Кипит

Почвенные образцы для химического анализа и биологических свойств отбирали из верхнего 20-сантиметрового слоя (для бурой полупустынной почвы из 10-сантиметрового слоя), высушивали до воздушно-сухого состояния и просеивали вначале через сетку с размером ячеек 3 см, далее через сито 1 и 0,5 мм для химического анализа и через сито 5 мм для лабораторного моделирования.

Содержание катионов и анионов в почве определяли следующим образом: Ca^{2+} и Mg^{2+} –

трилонометрическим методом (ГОСТ 26487-85), Na^{+} – методом пламенной фотометрии при длинах волн 766,5 и 589,0 нм (ГОСТ 26427-85), Cl^{-} – аргентометрическим методом в присутствии индикатора хромата калия (ГОСТ 26425-85), HCO_3^{-} – ацидиметрическим методом с индикатором метиловым оранжевым (ГОСТ 26424-85), SO_4^{2-} – турбидиметрическим методом по образованию осадка сульфата бария (ГОСТ 26426-85). рН водной вытяжки определяли потенциометрическим методом с водородным электродом по

ГОСТ 26483-85. Содержание общего азота определяли по ГОСТ 26107-84, подвижных соединений фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО и методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91, ГОСТ 26205-91). Содержание органического углерода (C_{org}) определяли методом Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Содержание нитратного ($N-NO_3$) и аммонийного ($N-NH_4$) азота определяли в вытяжках алюмокалиевых квасцов и сульфата калия потенциометрическим методом с помощью ионоселективных электродов по ГОСТ 26951-86, 26489-85.

Всхожесть семян тест-растений определяли в лабораторных условиях на чашках Петри. Для этого исследуемые почвы массой 100 г помещали в чашки Петри и увлажняли водой. В каждую чашку Петри высевали по 20 семян исследуемых тест-растений и инкубировали в комнатных условиях, по мере необходимости почву увлажняли, не допуская пересыхания. Через 2 недели после посева растения удаляли, определяли длину побегов и корней, затем промывали корни водопроводной водой, высушивали и определяли массу растений. В качестве

тест-объекта был использован редис (*Raphanus sativus* L.) сорта «Рубин». Активность каталазы и дегидрогеназ измеряли по методикам Галстяна, уреазы – по методу Галстяна, фосфатазы – по методу Штефаника, Ярни, Томеска, активность инвертазы определяли по А. Ш. Галстяну в модификации Ф. Х. Хазиева [15].

Результаты и их обсуждение

Биологические свойства

В результате проведенного эксперимента установлено, что показатели роста и развития редиса на исследуемых почвах различаются. Так, всхожесть семян исследуемого тест-растения на черноземе южном составляет 100 %, на светло-каштановой почве этот показатель составляет 96 %, на бурой полупустынной – 91 %. На бурых полупустынных почвах, отобранных на территории заповедника «Черные земли», всхожесть редиса составляет 93 %, напротив, на почвах нефтепромысла всхожесть 46 % (табл. 4).

Таблица 4

Показатели роста и развития редиса обыкновенного на исследуемых почвах Калмыкии

Table 4

Indicators of growth and development of common radish on the soils of Kalmykia

Почва	Всхожесть, шт.	Длина побегов, см	Длина корней, см	Общая фитомасса, г
Чернозем южный	$20,0 \pm 0,00$	$4,2 \pm 0,40$	$2,0 \pm 0,28$	$10,6 \pm 0,64$
Светло-каштановая	$19,3 \pm 0,58$	$3,6 \pm 0,32$	$1,6 \pm 0,20$	$9,4 \pm 0,58$
Бурая полупустынная	$18,3 \pm 1,52$	$3,0 \pm 0,26$	$1,6 \pm 0,44$	$8,6 \pm 0,54$
Бурая полупустынная на территории заповедника «Черные земли»	$19,0 \pm 0,58$	$3,2 \pm 0,28$	$1,8 \pm 0,30$	$9,0 \pm 0,44$
Бурая полупустынная на территории нефтепромысла	$9,6 \pm 1,15$	$2,0 \pm 0,14$	$1,0 \pm 0,22$	$4,2 \pm 0,32$

Длина побегов и корней также находится в зависимости от типа почв и места отбора проб. Так, общая длина редиса на черноземах составляет 6,2 см, на светло-каштановых почвах – 5,2 см, бурых полупустынных – 4,6 см. На почвах нефтепромысла показатели развития редиса значительно ниже, чем на почвах заповедника, это можно объяснить наличием в нарушенных почвах нефти и нефтепродуктов, ингибиторов развития растений. Общая фитомасса растений эксперимента достигает 10,6 г на черноземе южном, 9,4 г – на светло-каштановой почве, 8,6 г – на бурой полупустынной. На рис. 2 представлена схема проведения эксперимента.

Таким образом, рост и развитие редиса зависят от типа почв, что, вероятно, связано с обеспеченностью почв биофильными элементами

доступными для растений, и их гранулометрическим составом. На рост редиса также влияет антропогенное либо рекреационное воздействие, так на почвах заповедника развитие семян редиса существенно лучше, чем на антропогенно-нарушенных почвах нефтепромысла. Негативное воздействие обусловлено химическим загрязнением почв.

Ферментативная активность почв также зависит от типа почв, места и времени отбора. Так, активность каталазы в черноземе южном составляет 12,73 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин, в светло-каштановой почве этот показатель равен 7,13 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин, а в бурой полупустынной почве – 2,36 мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин. Активность уреазы в черноземе – 25,35 мг NH_3 на 1 г почвы за 24 ч, в светло-каштановой почве –

8,68 мг NH_3 на 1 г почвы за 24 ч, в бурой полупустынной почве – 0,99 мг NH_3 на 1 г почвы за 24 ч. Активность инвертазы в образцах бурой полупустынной почвы составляет 0,36 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. В светло-каштановых почвах активность инвертазы составляет 9,46 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. В черноземе

южном активность инвертазы составляет 38,96 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. Активность фосфатазы в черноземе – 1,33 мг P_2O_5 на 1 г почвы за 1 ч, в светло-каштановой почве – 0,38 мг P_2O_5 на 1 г почвы за 1 ч, в образце бурой полупустынной почвы составляет 0,12 мг P_2O_5 на 1 г почвы за 1 ч (табл. 5).

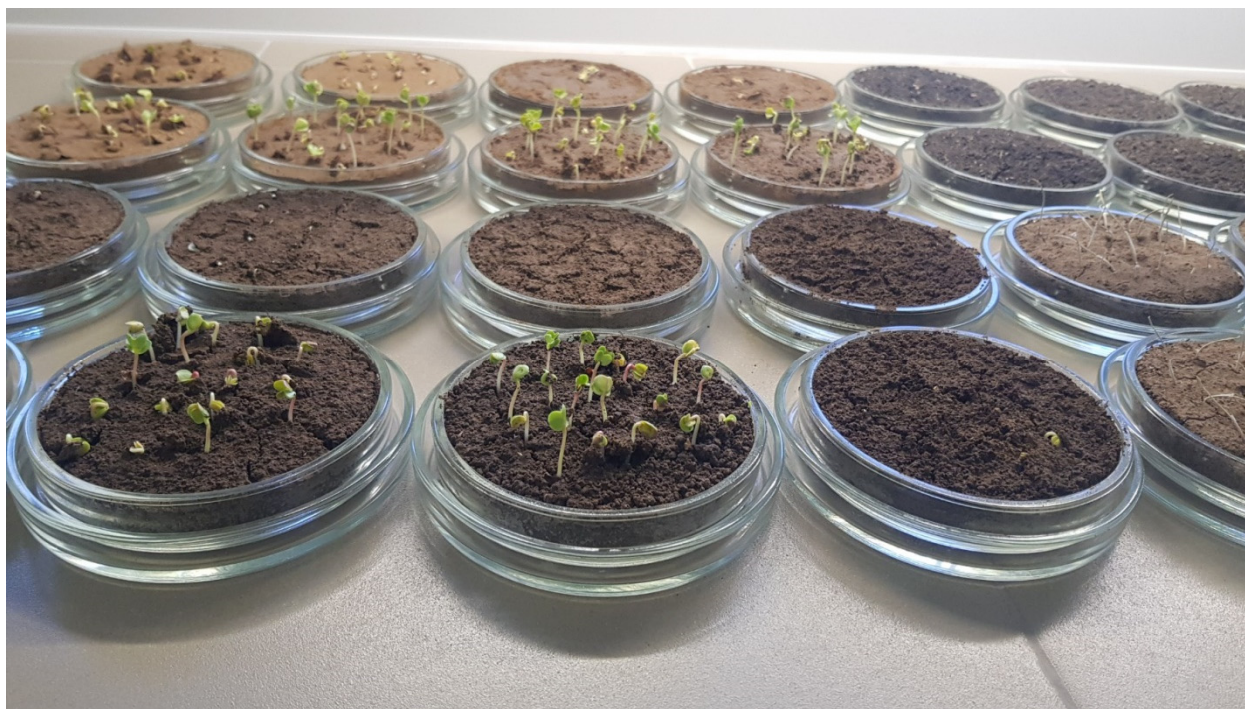


Рис. 2. Рост и развитие тест-растений на чашках Петри

Fig. 2. Growth and development of test plants on Petri dishes

Ферментативная активность почв на территории нефтепромысла ингибируется нефтью и нефтепродуктами. На территории заповедника «Черные земли» активность почвенных ферментов

наоборот стимулируется, что, скорее всего, связано с прекращением хозяйственной деятельности, а значит, восстановлением растительности и почвенной микрофлоры (табл. 5).

Таблица 5

Ферментативная активность исследуемых почв Калмыкии

Table 5

Enzymatic activity of the studied soils of Kalmykia

Почва	Активность каталазы, мл O_2 на 1 г почвы за 1 мин	Активность уреазы, мг NH_3 на 1 г почвы за 24 ч	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч	Активность фосфатазы, мг P_2O_5 на 1 г почвы за 1 ч
Чернозем южный	$12,70 \pm 0,70$	$25,30 \pm 0,20$	$38,96 \pm 0,05$	$1,33 \pm 0,01$
Светло-каштановая	$7,20 \pm 0,30$	$8,60 \pm 0,40$	$9,46 \pm 0,08$	$0,38 \pm 0,02$
Бурая полупустынная	$2,40 \pm 0,20$	$0,99 \pm 0,13$	$0,36 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,01$
Бурая полупустынная на территории заповедника «Черные земли»	$4,20 \pm 0,28$	$1,24 \pm 0,24$	$0,62 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,02$
Бурая полупустынная на территории нефтепромысла	$1,10 \pm 0,10$	$0,75 \pm 0,07$	$0,31 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$

Активность ферментов можно использовать как индикатор плодородия почв, химического загрязнения, а также рекреационных работ.

Физико-химические свойства

Химический состав почв нефтепромыслов и заповедника «Черные земли» рассмотрен в исследовании, проведенном ранее [16], в настоящей работе эти данные не приводятся.

Результаты солевого состава чернозема южного показали, что почвы также не засолены или

слабозасолены. Сумма анионов и катионов 0,099 %, водородный показатель почвенного раствора – 8,93. Светло-каштановые почвы незасоленные или слабозасоленные, водородный показатель почвенного раствора – 8,78. Анализ водной вытяжки из образцов бурой полупустынной почвы показал, что почвы не засолены, водородный показатель почвенного раствора составил 8,40. Из катионов преобладают ионы кальция и натрия, из анионов – хлорид и сульфат-ионы (табл. 6).

Таблица 6

Солевой состав почв Калмыкии, 0–20 см

Table 6

Salt composition of soils in Kalmykia

Почва	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Сумма анионов и катионов, %	Тип засоления
		мг/100 г							
Чернозем южный	8,93	28,0	5,5	8,5	18,9	20,1	18,1	0,099	нет
Светло-каштановая	8,78	31,2	4,0	15,9	12,8	34,8	24,2	0,123	нет
Бурая полупустынная	8,40	20,0	5,2	15,7	14,9	55,0	53,3	0,164	нет

Химический анализ главных питательных элементов и органического углерода показал, что из всех исследуемых почв чернозем южный наиболее обеспечен макроэлементами. Содержание общего азота в образцах почв составляет 0,28 %, P₂O₅ 6,00 мг/100 г почвы, K₂O – 44,20 мг/100 г почвы. Содержание органического углерода составляет 1,30 %. Светло-каштановая почва более обеспечена азотом, фосфором и ка-

лием, чем бурая полупустынная почва: количество общего азота составляет 0,15 %, P₂O₅ 3,85 мг/100 г, K₂O 36,10 мг/100 г почвы. Содержание органического углерода составляет 0,89 %. Бурая полупустынная почва содержит низкое количество азота, обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием – средняя, содержание органического углерода очень низкое (табл. 7–8).

Таблица 7

Макроэлементный состав почв Калмыкии

Table 7

Macroelement composition of soils in Kalmykia

Почва	Общий N, %	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г			
Чернозем южный	0,28 ± 0,03	6,74 ± 0,33	5,68 ± 0,28	6,00 ± 0,28	44,20 ± 2,58
Светло-каштановая	0,15 ± 0,00	3,30 ± 0,22	2,84 ± 0,24	3,85 ± 0,30	36,10 ± 2,24
Бурая полупустынная	0,11 ± 0,00	0,54 ± 0,02	0,18 ± 0,005	1,74 ± 0,25	25,30 ± 2,12

Таблица 8

Содержание органического углерода и соотношение C : N

Table 8

Organic carbon content and C : N ratio

Почва	C орг., %	C : N
Чернозем южный	2,30 ± 0,18	8,21
Светло-каштановая	0,89 ± 0,09	5,93
Бурая полупустынная	0,34 ± 0,02	3,09

Наиболее оптимальное соотношение углерода к азоту установлено в черноземе южном, в бурой полупустынной почве это соотношение составляет 3,09 : 1. По доступности биофильных элементов почвы Калмыкии образовали следующий ряд: чернозем южный > светло-каштановая > бурая полупустынная.

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что почвы Калмыкии различны по своим биологическим и химическим свойствам. Так, чернозем южный характеризуется тяжелым

гранулометрическим составом, относительно высоким содержанием органического углерода, обменного калия и подвижного фосфора и высокой ферментативной активностью. Светло-каштановые почвы среднесуглинистые, содержание органического углерода не превышает 3 %, средний уровень обеспеченности биофильными элементами, активность каталазы составляет 7,13 мл O₂/г. Бурые полупустынные почвы характеризуются легким гранулометрическим составом, содержание органического углерода не превышает 1,5 %, обеспеченность питательными элементами низкая и очень низкая, активность каталазы – 2,36 мл O₂/г.

Список литературы

1. Лазарева В. Г., Очирова П. Д., Сератирова В. В., Болдырева Д. А. Сохранение природного разнообразия Республики Калмыкия // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 1. С. 1039–1042.
2. Намысова А. Н., Сангаджиев М. М., Стаселько Е. Н., Куркудинова Н. А. Негативные последствия активизации геологических процессов // Вестник Прикаспия. 2013. № 2. С. 29–35.
3. Сангаджиев М. М., Хохлова Л. И., Сератирова В. В., Онкаев В. А. Край миражей: очаги опустынивания в Яшкульском районе Республики Калмыкия // Глобальный научный потенциал. 2014. № 6. С. 118–120.
4. Дегтярев К. С. Экономико-географическое районирование Республики Калмыкия // Известия русского географического общества. 2020. Т. 152, № 1. С. 31–46.
5. Бакинова Т. И., Воробьева Н. П., Зеленская Е. А. Почвы Республики Калмыкия. Элиста : Джангар, 1994. 231 с.
6. Ташнинова Л. Н. Красная книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста : Джангар, 2000. 213 с.
7. Ташнинова А. А. Характеристика основных типов почв Ергеней // Актуальные проблемы современных аграрных технологий : материалы Российской науч. конф. студентов и молодых ученых (12–13 апреля). Астрахань : Астраханский университет, 2006. С. 42–44.
8. Бананова В. А., Лазарева В. Г. Тенденции изменения ботанического разнообразия под влиянием опустынивания в Республике Калмыкия // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 2. С. 87–96.
9. Борликов Г. М., Лачко О. А., Бакинова Т. И. Экология. Природопользование аридных территорий. Элиста : Изд-во КГУ, 2009. 100 с.
10. Очирова Н. Г., Омакаева Э. У., Ташнинова Л. Н. [и др.]. Традиционное природопользование и степные экосистемы Калмыкии. Элиста : Джангар, 2006. 112 с.
11. Дедова Е. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель в республике Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Засушливая экосистема. 2020. № 2. С. 63–71.
12. Сангаджиев М. М. Песок Калмыкии // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 28–29 апреля 2014 г.). Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2014. С. 142–146.
13. Даваева Ц. Д., Сангаджиева Л. Х., Бадмаева З. Б., Булуктаев А. А. Биоиндикация и мониторинг состояния нефтезагрязненных территорий Прикаспийской низменности. Элиста : Джангар, 2014. 152 с.
14. Государственная программа Республики Калмыкия «Комплексное развитие сельских территорий» : постановление Правительства РФ № 367 от 17 декабря 2019 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561696548>
15. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв : метод. указания. Ереван, 1978. 55 с.
16. Булуктаев А. А. Химический состав почв Черноземельского района Республики Калмыкия // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2020. Т. 5, № 3. С. 11–21. doi: 10.21685/2500-0578-2020-3-2

References

1. Lazareva V.G., Ochirova P.D., Seratirova V.V., Boldyreva D.A. Preservation of natural diversity of the Republic of Kalmykia. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* = Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012;14(1):1039–1042. (In Russ.)
2. Namysova A.N., Sangadzhiev M.M., Stasel'ko E.N., Kurkudinova N.A. Negative consequences of activation of geological processes. *Vestnik Prikaspiya* = Bulletin of Caspian Sea region. 2013;(2):29–35. (In Russ.)
3. Sangadzhiev M.M., Khokhlova L.I., Seratirova V.V., Onkaev V.A. The land of mirages: hotspots of desertification in the Yashkul region of the Republic of Kalmykia. *Global'nyy nauchnyy potentsial* = Global research potential. 2014;(6):118–120. (In Russ.)
4. Degtyarev K.S. Economic-geographical zoning of the Republic of Kalmykia. *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva* = Bulletin of the Russian Geographical Society. 2020;152(1):31–46. (In Russ.)

5. Bakinova T.I., Vorob'eva N.P., Zelenskaya E.A. *Pochvy Respubliki Kalmykiya* = Soils of the Republic of Kalmykia. Elista: Dzhanger, 1994:231. (In Russ.)
6. Tashninova L.N. *Krasnaya kniga pochv i ekosistem Kalmykii* = Red Book of Soils and Ecosystems of Kalmykia. Elista: Dzhanger, 2000:213. (In Russ.)
7. Tashninova A.A. Characteristics of the main soil types in Ergeni. *Aktual'nye problemy sovremennykh agrarnykh tekhnologiy: materialy Rossiyskoy nauch. konf. studentov i molodykh uchenykh (12–13 aprelya)* = Current problems of modern agricultural technologies: materials of the Russian scientific conference of students and young scientists (April 12–13). Astrakhan: Astrakhanskiy universitet, 2006:42–44. (In Russ.)
8. Bananova V.A., Lazareva V.G. Trends in changes in botanical diversity under the influence of desertification in the Republic of Kalmykia. *Aridnye ekosistemy* = Arid ecosystems. 2014;20(2):87–96. (In Russ.)
9. Borlikov G.M., Lachko O.A., Bakinova T.I. *Ekologiya. Prirodopol'zovanie aridnykh territoriy* = Ecology. Environmental management of arid territories. Elista: Izd-vo KGU, 2009:100. (In Russ.)
10. Ochirova N.G., Omakaeva E.U., Tashninova L.N. et al. *Traditsionnoe prirodopol'zovanie i stepnye ekosistemy Kalmykii* = Traditional environmental management and steppe ecosystems of Kalmykia. Elista: Dzhanger, 2006:112. (In Russ.)
11. Dedova E.B., Gol'dvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L. Land degradation in the Republic of Kalmykia: problems and ways to restore them. *Zasushlivaya ekosistema* = Arid ecosystem. 2020;(2):63–71. (In Russ.)
12. Sangadzhiev M.M. Sand of Kalmykia. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: istoriya i sovremennost': materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (g. Volgograd, 28–29 aprelya 2014 g.)* = Anthropogenic transformation of geospace: history and modernity: proceedings of All-Russian scientific-practical conference (Volgograd, April 28–29, 2014). Volgograd: Izd-vo VolGU, 2014:142–146. (In Russ.)
13. 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 areas of the Caspian Lowland. Elista: Dzhanger, 2014:152. (In Russ.)
14. *Gosudarstvennaya programma Respubliki Kalmykiya «Kompleksnoe razvitie sel'skikh territoriy»: postanovlenie Pravitel'stva RF № 367 ot 17 dekabrya 2019 g.* = State programme of the Republic of Kalmykia “Integrated development of rural areas”: resolution of the Government of the Russian Federation no.367 of 17 December 2019. (In Russ.). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/561696548>
15. Galstyan A.Sh. *Opredelenie aktivnosti fermentov pochv: metod. ukazaniya* = Determination of soil enzyme activity: guidelines. Erevan, 1978:55. (In Russ.)
16. Buluktaev A.A. Chemical composition of soils in the Chernozemelsky region of the Republic of Kalmykia. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2020;5(3):11–21. (In Russ.). doi: 10.21685/2500-0578-2020-3-2