



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 447–460  
*Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 447–460  
<https://ichbe.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-4-447-460>, EDN: QDBXIT

Научная статья  
УДК 631.42.504.75

## Биологические свойства почв Надеждинского и Северо-Камышанского нефтяных месторождений, расположенных на территории заказника «Меклетинский»



А. А. Булуктаев

Калмыцкий научный центр Российской академии наук, Россия, 358000, г. Элиста, ул. им. И. И. Илишкина, д. 8

Булуктаев Алексей Александрович, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела комплексного мониторинга и информационных технологий, [buluktaev89@mail.ru](mailto:buluktaev89@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2329-465X>

**Аннотация.** Острейшая экологическая проблема во многих регионах России и других странах – загрязнение природной среды нефтью и нефтепродуктами. Загрязнение почвы нефтепродуктами может возникнуть при различных аварийных ситуациях в районах добычи и переработки нефти, при прорывах нефтепроводов, что вызывает утечку и разливы их на поверхности почвы, а также в местах распределения нефтепродуктов. Целью настоящего исследования является изучение биологических свойств почв Калмыкии в условиях загрязнения нефтью и нефтепродуктами. В качестве объектов исследования выбраны почвы нефтепромыслов «Надеждинское» и «Северо-Камышанское», расположенные на территории заказника «Меклетинский». Лабораторно-аналитические исследования, а также отбор проб выполнены с использованием общепринятых в биологии и почвоведении методов. Содержание нефтепродуктов в почвах нефтепромысла находится в широких пределах – от 0,4 до 12,5%. Между содержанием в почве нефтепродуктов и активностью каталазы и фосфатазы установлена отрицательная корреляционная зависимость. Нефтепродукты оказывают негативное воздействие на рост и развитие редиса. Эксплуатация нефтяных месторождений на особо охраняемых природных территориях приводит к поступлению нефти и нефтепродуктов в окружающую среду. В почвах Калмыкии на территории нефтепромыслов под воздействием загрязнения нефтью и нефтепродуктами происходит ингибирование активности почвенных ферментов, кроме того, почвы проявляют высокую степень фитотоксичности по отношению к тест-растениям.

**Ключевые слова:** Республика Калмыкия, особо охраняемые природные территории, нефтепромыслы, нефтяное загрязнение, заказник, ферментативная активность, фитотоксичность

**Благодарности:** 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. Биологические свойства почв Надеждинского и Северо-Камышанского нефтяных месторождений, расположенных на территории заказника «Меклетинский» // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 447–460. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-4-447-460>, EDN: QDBXIT

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

**Biological properties of soils of the "Nadedzhdinsky" and "Severo-Kamyshansky" oil fields located in the territory of the "Mekletsky" reserve**

А. А. Buluktaev

Kalmyk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 I. K. Ilishkina St., Elista 358000, Russia

Aleksey A. Buluktaev, [buluktaev89@mail.ru](mailto:buluktaev89@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2329-465X>

**Abstract.** The most acute environmental problem in many regions of Russia and other countries is environmental pollution with oil and oil products. Soil pollution with oil products can occur in various emergencies in areas of oil production and processing, when oil pipelines break, which causes leakage and spills on the soil surface, as well as in places where oil products are distributed. The purpose of this study is to study the biological properties of soils in Kalmykia under conditions of oil and oil products pollution. The soils of the Nadezhdinskoye and Severo-Kamyshanskoye oilfields located on the territory of the Mekletinsky nature reserve were chosen as the objects of study. Laboratory and analytical studies, as well as sampling, were carried out using methods generally accepted in biology and soil science. The content of oil products in the soils of the oil field is in a wide range: from 0.4 to 12.5%. A negative correlation was established between the content



of oil products in the soil and the activity of catalase and phosphatase. Oil products have a negative impact on the growth and development of radishes. The exploitation of oil fields in specially protected natural areas leads to the flow of oil and oil products into the environment. In the soils of Kalmykia on the territory of oil fields, under the influence of pollution with oil and oil products, the activity of soil enzymes is inhibited, in addition, the soils exhibit a high degree of phytotoxicity with respect to test plants.

**Keywords:** Republic of Kalmykia, specially protected natural areas, oil fields, oil pollution, nature reserve, enzymatic activity, phytotoxicity

**Acknowledgments:** 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. Biological properties of soils of the "Nadedzhdinsky" and "Severo-Kamyshansky" oil fields located in the territory of the "Mekletsky" reserve. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 447–460 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2023-23-4-447-460>, EDN: QDBXIT

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

На сегодняшний день на территории Республики Калмыкии учтены 30 месторождений нефти и газа. Начальные геологические запасы нефтепродуктов составляют 202 млн т нефти, 898,7 млрд м<sup>3</sup> газа, 112,6 млн т конденсата [1]. Уровень добычи по Республике Калмыкии значительно ниже, чем в соседних регионах (Волгоградская обл. – более 2,5 млн т, Ставропольский край – около 1 млн т, Чеченская Республика – более 2 млн т, Дагестан – около 200 тыс. т) [2–5].

Следует отметить, что предприятия по добыче нефти и нефтепродуктов функционируют даже на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), создавая риски попадания загрязнителей в окружающую среду. Так, на территориях заповедника «Черные земли» и заказника федерального значения «Меклетинский» (рис. 1) в результате аварийных ситуаций, изношенности оборудования и других факторов ежегодно фиксируются случаи разливов нефти и нефтепродуктов [6].

Попадание в почву нефти и нефтепродуктов приводит к изменению активности ферментов, участвующих в важных биологических процессах, что неоднозначно влияет на азотный, фосфорный, серный и углеводный обмен, вызывая изменение активности ряда ферментов, нефть и нефтепродукты негативно влияют на рост и развитие растений [7–22].

## Материалы и методы

Надеждинское и Северо-Камышанское нефтяные месторождения расположены в центре Черноземельского района Республики Калмыкии, в восьми километрах от районного центра – пос. Комсомольский. Надеждинское нефтяное месторождение находится на терри-

тории заказника «Меклетинский». Почвенный покров сложен бурыми полупустынными почвами в комплексе с солонцами. Геоботаническое обследование данной территории показало, что основу травостоя составляют злаково-тавричско-сантониннополынные сообщества. По данным земельной службы Черноземельского района, Надеждинское месторождение занимает 17,67 га. Часть нефтяных скважин Северо-Камышанского нефтяного месторождения расположена на территории Федерального заказника «Меклетинский». Почвенный покров представлен песчаными разностями в комплексе с солонцами. Основу травостоя составляют лебедово-солянково-сантониннополынные сообщества. Разработка Надеждинского месторождения начата 31 июня 1976 г., Северо-Камышанского – с 1974 г. Недропользователем действующих месторождений является ООО «Нефтяная компания «ЕвроСибОйл».

В ходе исследования территорий месторождений зафиксировано 20 нефтяных вышек, из которых 7 – действующие. Законсервированы 2 вышки, временно не действуют 12 вышек, так как они находятся в процессе ремонта по замене станков-качалок на электронасосные системы. Координаты местоположения всех нефтяных вышек были зафиксированы с помощью навигатора Garmin (табл. 1).

Пробы почв отбирались непосредственно у нефтяных вышек, нефтепровода и нефтяных разливов. Фоновые образцы были отобраны на расстоянии 250–500 м от нефтепромыслов. Почвы отбирались с поверхностного слоя 0–20 см по общепринятым методикам.

Содержание нефтепродуктов в почве определяли гравиметрическим методом путем экстракции нефтепродуктов из почв хлороформом и гексаном (ПНД Ф 16.1.41-04, 2004).

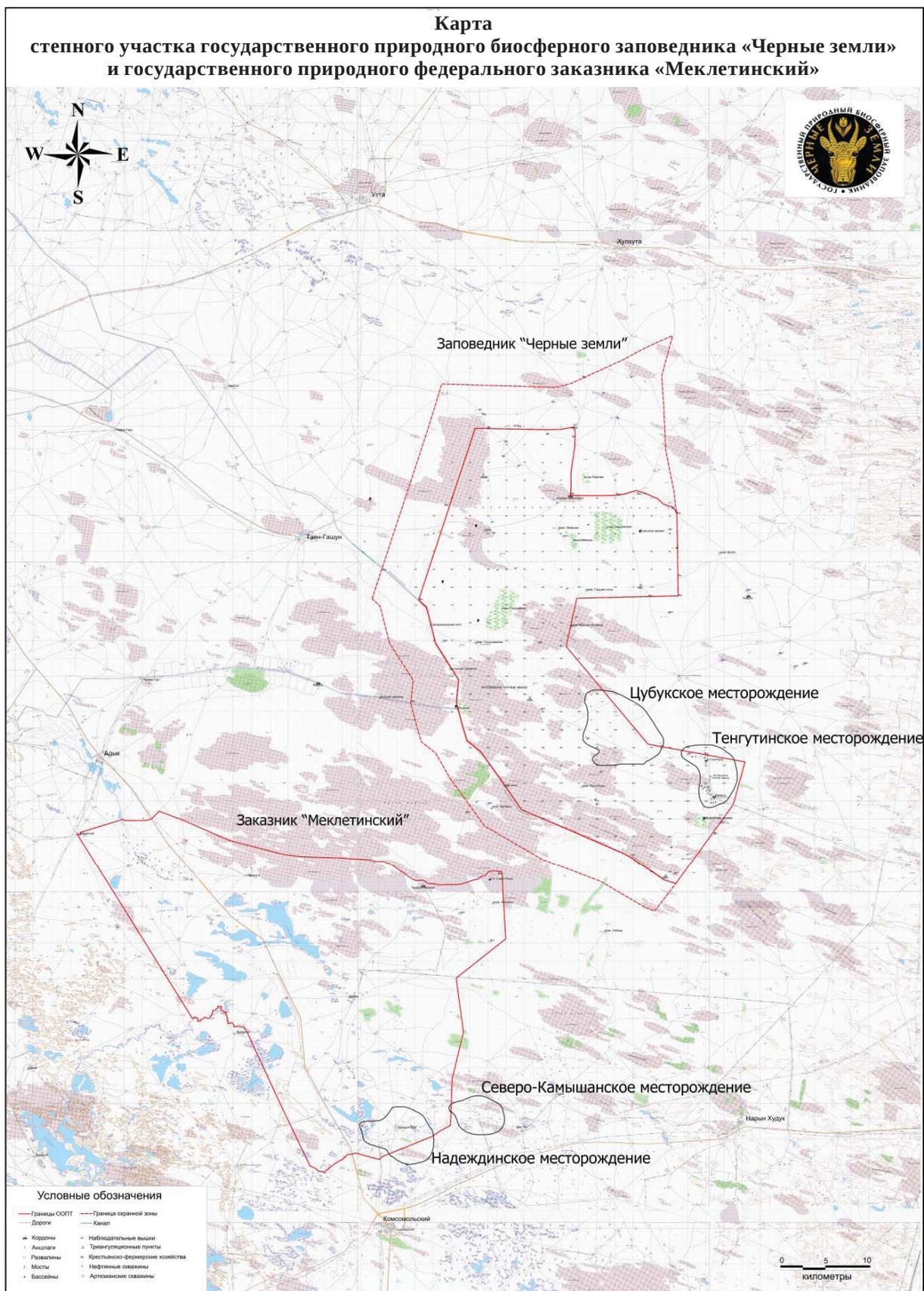


Рис. 1. Схема расположения нефтепромыслов на территории заповедника «Черные земли» и заказника «Меклетинский»  
Fig. 1. Scheme of the location of oil fields on the territory of the «Chernye Zemlya» Reserve and the «Mekletinsky» Reserve



Таблица 1 / Table 1

**Координаты мест отбора почвенных образцов**  
**Coordinates of soil sampling sites**

№	Порядковый номер нефтяной вышки / Serial number of the oil rig	Координаты мест отбора проб / Sampling site coordinates	Статус / Status
Надеждинское нефтегазовое месторождение / Nadezhdinskoye oil and gas field			
1	Скважина № 127 / Well No. 127	N45° 25.147' E46° 01.718'	Действующая / Working
2	Скважина № 37 / Well No. 37	N45° 25.147' E46° 01.718'	Действующая / Working
3	Скважина № 145 / Well No. 145	N45° 25.566' E46° 01.131'	Действующая / Working
4	Скважина № 150 / Well No. 150	N45° 25.815' E46° 00.983'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
5	Скважина № 42 / Well No. 42	N45° 25.908' E46° 01.413'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
6	Скважина № 126 / Well No. 126	N45° 24.999' E46° 01.399'	Законсервирована / Stopped
7	Скважина № 137 / Well No. 137	N45° 25.033' E46° 00.945'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
8	Скважина № 125 / Well No. 125	N45° 24.849' E46° 01.074'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
9	Скважина № 143 / Well No. 143	N45° 25.202' E46° 00.202'	Действующая / Working
10	Скважина № 52 / Well No. 52	N45° 25.178' E45° 59.845'	Действующая / Working
11	Скважина № 131 / Well No. 131	N45° 24.991' E46° 02.194'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
12	Скважина № 4 / Well No. 4	N45° 25.107' E46° 02.618'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
13	Скважина № 133 / Well No. 133	N45° 24.892' E46° 02.552'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
14	Скважина № 135 / Well No. 135	N45° 24.732' E46° 02.241'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
15	Скважина № 132 / Well No. 132	N45° 24.601' E46° 01.836'	Законсервирована / Stopped
16	Скважина № 146 / Well No. 146	N45° 25.712' E46° 01.355'	Действующая / Working
17	Скважина без номера / Well without a number	N46° 20.110' E45° 25.043'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
18	Скважина без номера / Well without a number	N46° 10.199' E45° 25.919'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig
Северо-Камышанское нефтяное месторождение / Severo-Kamyshanskoye oil field			
19	Скважина № 20 / Well No. 20	N45° 25.997' E46° 10.703'	Действующая / Working
20	Скважина № 17 / Well No. 17	N45° 26.129' E46° 10.206'	Временно недействующая / Temporarily idle oil rig



Активность каталазы и дегидрогеназ измеряли по методикам Галстяна (Галстян, 1978), уреазы – по методу Галстяна (Галстян, 1978), фосфатазы – по методу Штефаника, Ярни, Томеску (Stefanic et al., 1965), активность инвертазы определяли по А. Ш. Галстяну в модификации Ф. Х. Хазиева (Галстян, 1990).

О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян (всхожесть) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина зеленых проростков, масса проростков, общая фитомасса) (ГОСТ 33061-2014, 2015). В качестве тест-объекта был использован редис (*Raphanus sativus* L.) сорта «Рубин». Всхожесть семян тест-растений определяли в лабораторных условиях на чашках Петри. Для этого исследуемые (фоновые и загрязненные) почвы помещали в чашки Петри слоем 1 см, массой 80 г и увлажняли водой. В каждую чашку Петри высеивали 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.

Для объединения биологических показателей была использована методика определения интегрального показателя биологических свойств почвы (ИПБС) предложенная С. И. Колесниковым, К. Ш. Казеевым и В. Ф. Вальковым [23]. Данная методика позволяет оценить совокупность биологических показателей. Для этого значение каждого из показателей на контроле принималось за 100% и по отношению к нему в процентах выражались значения, полученные в остальных вариантах опыта (в загрязненной почве). Затем суммировались относительные значения многих показателей, поскольку их абсолютные значения не могут быть суммированы, так как имеют разные единицы измерения. Итог был выражен в процентах по отношению к контролю. ИПБС был рассчитан по следующим показателям: всхожесть, длина корней, активность каталазы, дегидрогеназ, фосфатазы, уреазы и инвертазы.

Все варианты лабораторных экспериментов закладывали в трех повторностях, а при проведении биотестирования также использовали образцы в трехкратной повторности.

### Результаты и их обсуждение

Содержание нефтепродуктов в почвах нефтепромыслов находится в широких пределах:

от 0,4 до 12,5%, причем минимальные концентрации нефтепродуктов зафиксированы в почвах законсервированных скважин, а максимальные – в почвах под нефтяным разливом. Фоновые образцы почв Надеждинского и Северо-Камышанского месторождений имеют следовые значения нефтепродуктов, что можно объяснить методом экстракции нефтепродуктов. Так, гексан и хлороформ растворяют все органические соединения почв (прил. 1). Стоит отметить, что активности исследованных почвенных ферментов низкие даже на фоновых участках, что характерно для бурых полупустынных почв Калмыкии, вследствие климатических условий (прессинг высоких температур, недостаточная влажность и скудность растительного покрова).

В работе Ф. Х. Хазиева установлена существенная трансформация ферментного пула черноземов Шкаповского месторождения, при загрязнении нефтью и нефтепродуктами. Автором доказано, что активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов ингибируется, однако это зависит от концентрации, состава нефтепродукта и срока экспозиции поллютанта с почвой [24]. В работе С. И. Колесникова и соавторов исследовано изменение активности каталазы при действии различных доз нефти, в результате авторами установлено ингибирование активности каталазы на всех исследуемых почвах, причем чем выше концентрация вносимой нефти, тем сильнее ингибируется активность каталазы. Каталаза, по мнению авторов, является хорошим индикаторным ферментом процессов окисления нефти [25].

Активность каталазы в фоновых почвах исследуемых нефтепромыслов находится в пределах 2,36 мл  $O_2$  1 г / 1 минуту, при содержании в почве нефтепродуктов 12,5% активность каталазы ингибируется до 0,23 мл  $O_2$  1 г / 1 мин. При среднем содержании нефти в почвах нефтепромысла активность каталазы снижается до 1,40 мл  $O_2$  1 г / 1 мин, что в 1,68 раза меньше чем фоновые значения. Высокая каталазная активность отмечается в почвах у законсервированных скважин № 132 и 126, которые были ликвидированы еще в начале 2000-х гг., это может говорить о восстановлении в них биологических процессов. Между содержанием в почве нефтепродуктов и активностью каталазы установлена отрицательная корреляционная зависимость ( $r = -0,96$ ) (рис. 2, а).

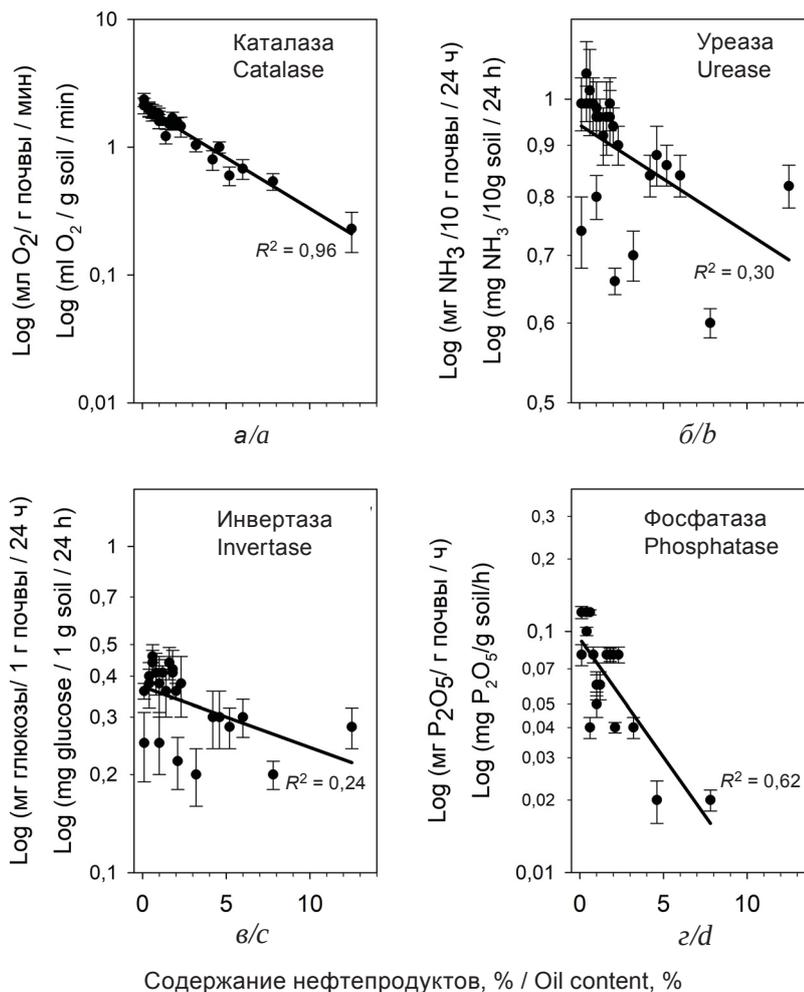


Рис. 2. Корреляционная зависимость между концентрацией нефтепродуктов и активностью ферментов (а – каталазы, б – уреазы, в – инвертазы и г – фосфатазы) в почвах месторождений в полулогарифмической системе координат

Fig. 2. Correlation between the concentration of petroleum products and the activity of enzymes (a – catalase, b – urease, c – invertase, d – phosphatase) in the soils of the oil fields in a semilogarithmic coordinate system

В работе Л. К. Каримуллина и А. М. Петрова показано то, что активность уреазы при загрязнении нефтью практически не изменяется, а ее вариация определяется как типом почв, так и остаточным содержанием в них нефтепродуктов [26]. В работе Е. И. Новоселовой и соавторов установлено увеличение активности уреазы при загрязнении товарной нефтью от 0,39 до 1,24 мг  $\text{NH}_3$  при концентрации нефти 25 л/м<sup>2</sup>. Активность инвертазы при нефтяном загрязнении находится на уровне контрольных значений независимо от уровня загрязнения [27].

В настоящем исследовании изменения активностей уреазы и инвертазы в почвах следующие: при относительно низких кон-

центрациях нефтепродуктов (до 2%) в почвах активности этих почвенных ферментов увеличиваются, при высоких концентрациях (более 2%) активности ингибируются. Фоновые показатели данных ферментов следующие: уреазы – 0,99 мг  $\text{NH}_3$  10 г / 24 ч; инвертазы – 0,36 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. При максимальной концентрации нефти в 12,5% в почвах активность уреазы снижается до 0,82 мг  $\text{NH}_3$  10 г / 24 ч, а активность инвертазы снижается до 0,28 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. У законсервированных скважин активность данных ферментов превышает фоновые показатели и составляет соответственно 1,06 мг  $\text{NH}_3$  10 г / 24 ч и 0,40 мг глюкозы на



1 г почвы за 24 ч. Между содержанием в почвах нефтепродуктов и активностями уреазы и инвертазы не прослеживается высокой степени корреляции, поэтому мы считаем, что данные показатели не информативны и не подходят для мониторинга аридных территорий, подверженных загрязнению нефтью и нефтепродуктами (см. рис. 2 б, в).

Фоновые почвы характеризуются относительно невысокой активностью фосфатазы 0,12 мг  $P_2O_5$  на 1 г почвы за 1 ч. Фосфатазная активность при нефтяном загрязнении снижается, стоит отметить, что при высоких концентрациях нефти в почве фосфатазная активность снижается до нулевых значений, исключением являются почвы у скважины под № 131 – где содержание нефти составляет 1%, однако фосфатазная активность ингибируется полностью, что, скорее всего, связано с загрязнением почв пластовыми и буровыми водами. Активность фосфатазы в почвах законсервированных скважин находится на уровне фоновых значений. Степень корреляции между содержанием в почвах нефтепродуктов и активностью фосфатазы  $r = -0,62$  (см. рис. 2, з).

И. А. Павловым и А. С. Цепляевой проведено исследование фитотоксических свойств нефтезагрязненных светло-каштановых и бурых почв Волгоградской области. В результате на всех типах исследуемых почв отмечался эффект торможения роста стебля и корней салата, редиса и яровой пшеницы, установлено, что степень угнетения зависит от их индивидуальных особенностей и типов почв. Для всех исследуемых растений можно отметить, что высокие концентрации нефти и нефтепродуктов задерживают фазы прорастания и развития растений [28].

А. А. Околеловой и соавторами доказано, что фитотоксичность светло-каштановой почвы Волгоградской области зависит от уровня загрязнения нефтепродуктами. Авторами проведен лабораторный эксперимент с почвами ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» с целью установления их фитотоксических свойств, в качестве тест-растения использован редис. В результате проведенного исследования установлено, что на почвах санитарной зоны ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», всхожесть семян редиса при концентрации нефти 146,4 мг/кг в 2,5 раза ниже, чем на фоновых светло-каштановых почвах, а при концентрации загрязнения 347 мг/кг всхожесть семян редиса снижается до 1% [18].

Общеизвестно, что нефтяное загрязнение почвы приводит к снижению всхожести, уменьшению длины корней и побегов, а также общей фитомассы тест-растений. Однако для расчета ИПБС необходимы данные показатели.

Фитотоксические свойства почв нефтепромыслов Калмыкии при загрязнении нефтью и нефтепродуктами не столь очевидны. Так, при низких концентрациях нефтяное загрязнение может даже стимулировать длину корней такого растения, как редис (*Raphanus sativus* L.). В исследуемых почвах происходит снижение всхожести в зависимости от концентрации поллютанта. Так, концентрация нефтепродуктов 12,5% в почвах привела к гибели семян редиса. На почвах законсервированных скважин всхожесть и показатели роста редиса находятся на уровне контрольных значений (прил. 2). Зависимость снижения всхожести от концентрации нефтепродуктов очень высокая и составляет в среднем  $r = -0,90$  (рис. 3, а).

Установлена высокая корреляционная зависимость между концентрацией нефтепродуктов и длиной побегов и корней редиса ( $r = -0,81$  и  $r = -0,80$ ) (см. рис. 3, б, в). Нефтепродукты приводят к торможению роста и развития редиса, высокие концентрации поллютанта в почве приводят к уменьшению длины побегов и корней в 5 раз по сравнению с фоновыми значениями. Важным параметром оценки токсичности загрязненных почв является фитомасса растений, т. е. продуктивность почв. В настоящем исследовании доказано, что нефтепродукты в почвах существенно снижают фитомассу тест-растений (см. рис. 3, з).

С. И. Колесников с соавторами предполагает, что значительного нарушения экологических свойств почвы не происходит до тех пор, пока значение ИПБС не снизится более чем на 10%.

Результаты изменения показателя ИПБС в нефтезагрязненных почвах показаны на рис. 4. Установлено, что существенное снижение ИПБС (более чем на 10%) происходило в загрязненных почвах уже при минимальном уровне загрязнения 0,6%. При максимальной дозе нефтепродуктов 12,5% ИПБС сокращается до 21% по сравнению с контролем. ИПБС почв у законсервированных скважин находится на уровне фоновых значений (табл. 2).

Таким образом, установлено, что концентрация нефти даже 0,6% вызывает снижение

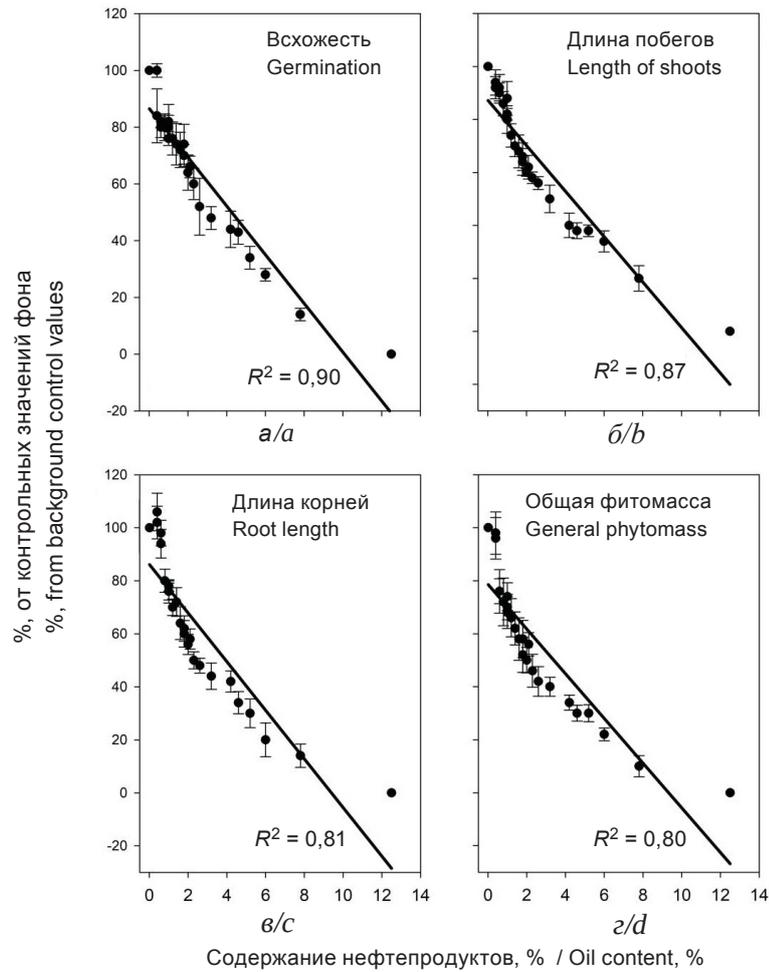


Рис. 3. Корреляционная зависимость между концентрацией нефтепродуктов и ростом и развитием редиса обыкновенного (а – всхожесть, б – длина побегов, в – длина корней, г – общая фитомасса) на почвах месторождений  
Fig. 3. Correlation between the concentration of oil products and the growth of radish (a – germination, b – shoot length, c – root length, d – general phytomass) on the soils of oil fields

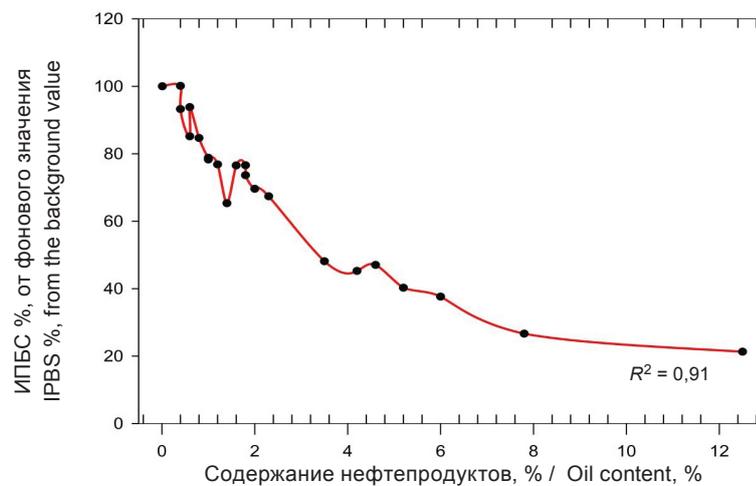


Рис. 4. Изменение интегрального показателя биологического состояния почвы при нефтяном загрязнении  
Fig. 4. Changes in the integral indicator of the biological state of the soil in case of oil pollution



Таблица 2 / Table 2

**Снижение интегрального показателя биологических свойств почв нефтепромыслов**  
**Decrease in the integral index of biological properties of oil field soils**

Место отбора / Sampling location	Нефтепродукты, % / Content of oil products, %	ИПБС, % / Integral indicator of the biological state of soils
Фон / Control	0,01	100,00*
У скважины № 132 / Well No. 132	0,40	100,11*
У скважины № 52 / Well No. 52	0,60	93,82*
У скважины № 4 / Well No. 4	0,40	93,24*
У скважины № 126 / Well No. 126	0,60	85,17**
У скважины № 125 / Well No. 125	0,80	84,67**
У скважины № 150 / Well No. 150	1,00	78,80**
У скважины № 42 / Well No. 42	1,00	78,29**
У скважины № 137 / Well No. 137	1,20	76,83**
У скважины № 135 / Well No. 135	1,80	76,57**
У скважины № 127 / Well No. 127	1,60	76,53**
Без номера 2 / Well without a number	1,80	73,62***
У скважины № 133 / Well No. 133	2,00	69,60***
У скважины № 37 / Well No. 37	2,30	67,37***
У скважины № 131 / Well No. 131	1,40	65,32***
У скважины № 17 / Well No. 17	3,20	48,12***
У скважины № 146 / Well No. 146	4,60	47,03***
У скважины № 145 / Well No. 145	4,20	45,26***
Без номера 1 / Well without a number	5,20	40,25***
У скважины № 143 / Well No. 143	6,00	37,62***
У нефтепровода / At the oil pipeline	7,80	26,63***
Под нефтяным разливом / Under an oil spill	12,50	21,29***

Примечание. Доза загрязнения: \* – безопасная, \*\* – умеренно опасная, \*\*\* – высокая.  
 Note. Dose of pollution: \* – safe, \*\* – moderately dangerous, \*\*\* – high degree.

ИПБС почвы более, чем на 10%. Концентрация нефти 3% вызывает снижение ИПБС более, чем на 40%. Сокращение ИПБС на 50% зарегистрировано при загрязнении нефтью почвы в концентрации 7,8%, более чем на 70% – при концентрации нефтепродуктов в почве 12,5%.

**Заключение**

Исследование нефтепромыслов, расположенных на ООПТ показало, что почвы нефтепромыслов подвергаются значительной антропогенной нагрузке. Часть почвенных образцов имеет повышенное содержание неф-

тепродуктов и пониженную ферментативную активность. Активности каталазы и фосфатазы можно использовать как индикаторы нефтяного загрязнения почв аридных территорий.

Наиболее информативными показателями влияния нефтепродуктов на биологические свойства почв являются их фитотоксические свойства по отношению к тест-растениям. Интегральный показатель биологического состояния почв нефтепромыслов снижается в зависимости от уровня загрязнения, и практически все почвы нефтепромыслов характеризуются значительным нарушением экологических свойств.



**Содержание нефтепродуктов и активность почвенных ферментов в почвах месторождений**  
**Content of oil products and activity of soil enzymes in soils of oil fields**

Место отбора / sampling location	Нефте-продукты, % / Content of oil products, %	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин / Catalase activity, ml O <sub>2</sub> per 1 g of soil in 1 minute	Активность уреазы, мг NH <sub>3</sub> на 10 г почвы за 24 ч / Urease activity, mg NH <sub>3</sub> per 10 g of soil in 24 hours	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч / Invertase activity, mg of glucose per 1 g of soil in 24 hours	Активность фосфатазы, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> на 1 г почвы за 1 ч / Phosphatase activity, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per 1 g of soil for 1 hour
У скважины № 132 / Well No. 132	0,40	2,00	1,06	0,40	0,12
У скважины № 4 / Well No. 4	0,40	1,96	0,99	0,38	0,10
У скважины № 126 / Well No. 126	0,60	1,80	0,99	0,46	0,12
У скважины № 52 / Well No. 52	0,60	1,92	1,02	0,44	0,10
У скважины № 125 / Well No. 125	0,80	1,86	0,99	0,41	0,08
У скважины № 150 / Well No. 150	1,00	1,65	0,96	0,38	0,06
У скважины № 42 / Well No. 42	1,00	1,60	0,98	0,38	0,06
У скважины без № / Well without a number	1,00	1,82	0,80	0,25	0,05
У скважины № 137 / Well No. 137	1,20	1,60	0,96	0,41	0,06
У скважины № 131 / Well No. 131	1,40	1,22	0,92	0,36	0,00
У скважины № 127 / Well No. 1127	1,60	1,52	0,96	0,44	0,08
У скважины № 135 / Well No. 132	1,80	1,70	0,99	0,41	0,08
Без номера 2 / Well without a number	1,80	1,48	0,96	0,42	0,08
У скважины № 133 / Well No. 133	2,00	1,54	0,94	0,36	0,08
У скважины № 20 / Well No. 20	2,10	1,56	0,66	0,22	0,04
У скважины № 37 / Well No. 37	2,30	1,46	0,90	0,38	0,08
У скважины № 17 / Well No. 17	3,20	1,04	0,70	0,20	0,04
У скважины № 145 / Well No. 145	4,20	0,80	0,84	0,30	0,00
У скважины № 146 / Well No. 146	4,60	1,00	0,88	0,30	0,02
Без номера 1 / Well without a number	5,20	0,60	0,86	0,28	0,00
У скважины № 143 / Well No. 143	6,00	0,68	0,84	0,30	0,00
У нефтепровода / At the oil pipeline	7,80	0,54	0,60	0,20	0,02
Под нефтяным разливом / under an oil spill	12,50	0,23	0,82	0,28	0,00
Фон / Control	0,01	2,36	0,99	0,36	0,12



Показатели роста и развития редиса на почвах нефтепромыслов  
Indicators of growth and development of radish on the soils of oil fields

Место отбора / Sampling location	Нефтепродукты, % / Content of oil products, %	Всхожесть, % / Germination, %	Длина побегов, % / Shoot length, %	Длина корней, % / Root length, %	Общая фитомасса, % / General phytomass, %
У скважины № 132 / Well No. 132	0,40	100	100	100	100
У скважины № 4 / Well No. 4	0,40	84	94	106	98
У скважины № 126 / Well No. 126	0,60	80	92	102	96
У скважины № 52 / Well No. 52	0,60	82	90	98	76
У скважины № 125 / Well No. 125	0,80	80	92	94	76
У скважины № 150 / Well No. 150	1,00	82	86	80	72
У скважины № 42 / Well No. 42	1,00	76	80	76	70
У скважины без № / Well without a number	1,00	80	88	76	74
У скважины № 137 / Well No. 137	1,20	76	82	78	68
У скважины № 131 / Well No. 131	1,40	74	74	70	66
У скважины № 127 / Well No. 1127	1,60	72	70	72	62
У скважины № 135 / Well No. 132	1,80	74	68	64	58
Без номера 2 / Well without a number	1,80	70	66	62	58
У скважины № 133 / Well No. 133	2,00	64	64	60	52
У скважины № 20 / Well No. 20	2,10	66	62	58	56
У скважины № 37 / Well No. 37	2,30	60	60	56	50
У скважины № 17 / Well No. 17	3,20	48	50	44	40
У скважины № 145 / Well No. 145	4,20	44	40	42	34
У скважины № 146 / Well No. 146	4,60	43	38	34	30
Без номера 1 / Well without a number	5,20	34	38	30	30
У скважины № 143 / Well No. 143	6,00	28	34	20	22
У нефтепровода / at the oil pipeline	7,80	14	20	14	10
Под нефтяным разливом / under an oil spill	12,50	0	0	0	0
Фон / Control	0,01	100	100	100	100



## Список литературы

1. Республика Калмыкия. Статистический ежегодник. 2021 : статистический сборник / Астраханьстат. Элиста : Б. и., 2021. 164 с.
2. Волгоградская область в цифрах. 2021 : краткий сборник / Волгоградстат. Волгоград : Б. и., 2021. 384 с.
3. Ставропольский край в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Северо-Кавказстат. Ставрополь : Б. и., 2021. 88 с.
4. Чеченская республика в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Чеченстат. Грозный : Б. и., 2021. 156 с.
5. Республика Дагестан в цифрах. 2021: краткий статистический сборник / Дагестанстат. Махачкала : Б. и., 2021. 468 с.
6. Булуктаев А. А. Аварийный разлив нефти на территории Тенгутинского нефтегазового месторождения, расположенного в пределах заповедника «Черные земли» // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022. № 3. С. 43–51. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-3-4>
7. Гилязов М. Ю. Изменение некоторых агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении товарной нефтью в условиях Татарстана // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1515–1519.
8. Солнцева Н. П., Пиковский Ю. И. Особенности загрязнения почв при нефтедобыче // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Л. : Гидрометеиздат, 1980. С. 76–95.
9. Хазиев Ф. Х., Фатхиев Ф. Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активации разложения нефти // Агрехимия. 1981. № 10. С. 102–111.
10. Гайнутдинов М. З., Храмов И. Т., Гилязов М. Ю. Загрязнение почв нефтепромысловыми сточными водами // Химия в сельском хозяйстве. 1985. № 3. С. 68–71.
11. Сангаджиева Л. Х., Сангаджиева О. С., Даваева Ц. Д., Манджиев В. У. Мониторинг загрязнения окружающей среды в Республике Калмыкия // Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: тезисы докл. Всерос. конф. молодых ученых и студентов (г. Уфа, 18–22 октября 2004 г.). Уфа : Башкирский госуниверситет, 2004. С. 99–101.
12. Демидиенко А. Я., Демурджан В. М. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М. : Наука, 1988. С. 197–206.
13. Васильева Г. К., Стрижакова Е. Р., Бочарникова Е. А., Семенюк Н. Н., Яценко В. С., Слюсаревский А. В., Барышникова Е. А. Нефть и нефтепродукты как загрязнители почв. Технология комбинированной физико-биологической очистки загрязненных почв // Российский химический журнал. 2013. Т. 57, № 1. С. 79–104.
14. Воеводина Т. С., Русанов А. М., Васильченко А. В. Влияние нефти на химические свойства чернозема обыкновенного южного Предуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 157–161.
15. Киракосян Д. В., Молчанова Я. П. Анализ первых последствий нефтяного разлива в Норильске // Успехи в химии и химической технологии. 2021. № 2. С. 43–46.
16. Киреева Н. А., Митрофанова А. М., Кузьяматов Г. Г. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы // Агрехимия. 2001. № 5. С. 64–69.
17. Колесников С. И., Татлок Р. К., Тлехас З. Р. Влияние загрязнения нефтью, мазутом, бензином и дизельным топливом на биологические свойства дерново-карбонатных почв Западного Кавказа // Новые технологии. 2012. № 2. С. 97–101.
18. Околелова А. А., Мерзлякова А. С., Герман Н. В. Фитотоксичность нефтезагрязненных почв // Естественно-гуманитарные исследования. 2014. № 1 (3). С. 26–31.
19. Miralles I., Domingo F., Cantón Y., Trasar-Cepeda C., Leirós M.C., Gil-Sotres F. Hydrolase enzyme activities in a successional gradient of biological soil crusts in arid and semi-arid zones // Soil Biology and Biochemistry. 2012. Vol. 53. P. 124–132.
20. Ansari N., Hassanshahian M., Ravan H. Study the microbial communities' changes in desert and farmland soil after crude oil pollution // International Journal of Environmental Research. 2018. Vol. 12, iss. 3. P. 391–398. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0099-6>
21. Błońska E., Lasota J., Szuszkiewicz M., Łukasik A., Klamerus-Iwan A. Assessment of forest soil contamination in Krakow surroundings in relation to the type of stand // Environmental Earth Sciences. 2016. Vol. 75. P. 1205. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6005-7>
22. Chukwuma C. C., Monanu M. O., Ikewuchi J. C., Ekeke C. Variance in protease, dehydrogenase, phosphatase and respiratory activities during phytoremediation of crude oil polluted agricultural soil using *Schwenkia americana* L. and *Spermacoce ocyroides* Burm f. // Annual Research & Review in Biology. 2018. Vol. 28, № 6. P. 1–9. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/44122>
23. Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Биологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения. Ростов н/Д : Центры валеологии вузов России, 2001. 64 с.
24. Хазиев Ф. Х. Экологические связи ферментативной активности почв // Экобиотех. 2018. Т. 1, № 2. С. 80–92.
25. Колесников С. И., Азнаурьян Д. К., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению // Экология. 2010. № 5. С. 357–364.
26. Каримуллин Л. К., Петров А. М. Биологическая активность и фитотоксичность почв, содержащих нефтяное загрязнение // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2013. № 3. С. 65–66.



27. Новоселова Е. И., Киреева Н. А., Гарипова М. И. Роль ферментативной активности почв в осуществлении ею трофической функции в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19, № 2. С. 474–479.
  28. Павлов И. А., Цепляева А. С. Влияние загрязнения нефтью на рост и развитие сельскохозяйственных культур // Наука и молодежь: новые идеи и решения в АПК : материалы Всерос. науч.-метод. конф. с междунар. участием. Т. 1. Иваново : ФГБОУ ВПО Ивановская ГСХА им. акад. Д. К. Беляева, 2018. 242 с.
- References**
1. *Respublika Kalmykia. Statisticheskii ezhegodnik. 2021: statisticheskii sbornik* [Republic of Kalmykia. Statistical Yearbook. 2021. Astrakhanstat]. Elista, 2021. 164 p. (in Russian).
  2. *Volgogradskaya oblast' v tsifrakh. 2021: kratkii sbornik* [Volgograd region in numbers. 2021: Short statistical collection. Volgogradstat]. Volgograd, 2021. 384 p. (in Russian).
  3. *Stavropol'skii krai v tsifrakh. 2021: kratkii statisticheskii sbornik* [Stavropol Territory in numbers. 2021: Short statistical collection. Severo-Kavkazstat]. Stavropol', 2021. p. (in Russian).
  4. *Chechenskaia respublika v tsifrakh. 2021: kratkii statisticheskii sbornik* [Chechen Republic in numbers. 2021: Short statistical collection. Chechenstat]. Grozny, 2021. 156 p. (in Russian).
  5. *Respublika Dagestan v tsifrakh. 2021: kratkii statisticheskii sbornik* [Republic of Dagestan in numbers. 2021: Short statistical collection. Dagestanstat]. Makhachkala, 2021. 468 p. (in Russian).
  6. Buluktaev A. A. Tengutinsky oil and gas field: exploring one emergency oil spill in the Chyornye Zemli Nature Reserve. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2022, no. 3, pp. 43–51 (in Russian). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-3-4>
  7. Gilyazov M. Yu. Changes in agrophysical properties of leached chernozem upon its contamination by commercial oil in the Republic of Tatarstan. *Eurasian Soil Science*, 2002, no. 12, pp. 1515–1519 (in Russian).
  8. Solntseva N. P., Pikovsky Yu. I. Features of soil pollution during oil production. In: *Migratsiya zagryaznyashchikh veshchestv v pochvakh i sopredel'nykh sredakh* [Migration of pollutants in soils and adjacent environments]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1980, pp. 76–95 (in Russian).
  9. Khaziev F. Kh., Fatkhiev F. F. Changes in biochemical processes in soils under oil pollution and activation of oil decomposition. *Agrochemistry*, 1981, no. 10, pp. 102–111 (in Russian).
  10. Gainutdinov M. Z., Khramov I. T., Gilyazov M. Yu. Soil pollution by oilfield wastewater. *Chemistry in Agriculture*, 1985, no. 3, pp. 68–71 (in Russian).
  11. Sangadzhieva L. Kh., Sangadzhieva O. S., Davayeva Ts. D., Mandzhiev V. U. Monitoring of environmental pollution in the Republic of Kalmykia. In: *Aktual'nye problemy ekologii i okhrany okruzhaiushchei sredy: tezisy dokl. Vseros. konf. molodykh uchenykh i studentov* [Actual problems of ecology and environmental protection: Abstracts of reports. All-Rus. conf. young scientists and students]. Ufa, Bashkir State University Publ., 2004, pp. 99–101 (in Russian).
  12. Demidienko A. Ya., Demurdzhan V. M. Ways to restore the fertility of oil-contaminated soils of the chernozem zone of Ukraine. In: *Vosstanovlenie neftezagryaznennykh pochvennykh ekosistem* [Restoration of oil-contaminated soil ecosystems]. Moscow, Nauka, 1988, pp. 197–206 (in Russian).
  13. Vasilyeva G. K., Strizhakova E. R., Bocharnikova E. A., Semenyuk N. N., Yatsenko V. S., Slyusarevsky A. V., Baryshnikova E. A. Oil and oil products as soil pollutants. Technology of combined physico-biological treatment of polluted soils. *Russian Chemical Journal*, 2013, vol. 57, no. 1, pp. 79–104 (in Russian).
  14. Voevodina T. S., Rusanov A. M., Vasilchenko A. V. Influence of oil on the chemical properties of ordinary chernozem in the southern Cis-Urals. *Bulletin of the Orenburg State University*, 2015, no. 10 (185), pp. 157–161 (in Russian).
  15. Kirakosyan D. V., Molchanova Ya. P. Analysis of first consequences of the oil spill in Norilsk. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 2021, no. 2, pp. 43–46 (in Russian).
  16. Kireeva N. A., Mitrofanova A. M., Kuzyakhmetov G. G. Influence of oil pollution on the phytotoxicity of gray forest soil. *Agrochemistry*, 2001, no. 5, pp. 64–69 (in Russian).
  17. Kolesnikov S. I., Tatlok R. K., Tlekhas Z. R. Influence of pollution by oil, fuel oil, gasoline and diesel fuel on the biological properties of soddy-calcareous soils of the Western Caucasus. *New Technologies*, 2012, no. 2, pp. 97–101 (in Russian).
  18. Okolelova A. A., Merzlyakova A. S., German N. V. Phytotoxicity of oil-contaminated soils. *Natural-humanitarian Research*, 2014, no. 1 (3), pp. 26–31 (in Russian).
  19. Miralles I., Domingo F., Cantón Y., Trasar-Cepeda C., Leirós M. C., Gil-Sotres F. Hydrolase enzyme activities in a successional gradient of biological soil crusts in arid and semi-arid zones. *Soil Biology and Biochemistry*, 2012, no. 53, pp. 124–132.
  20. Ansari N., Hassanshahian M., Ravan H. Study the microbial communities' changes in desert and farmland soil after crude oil pollution. *International Journal of Environmental Research*, 2018, no. 12, pp. 391–398. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0099-6>
  21. Błońska E., Lasota J., Szuszkiewicz M., Łukasik A., Klamerus-Iwan A. Assessment of forest soil contamination in Krakow surroundings in relation to the type of stand. *Environmental Earth Sciences*, 2016, no. 75, pp. 1205. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6005-7>



22. Chukwuma C. C., Monanu M. O., Ikwuchi J. C., Ekeke C. Variance in protease, dehydrogenase, phosphatase and respiratory activities during phytoremediation of crude oil polluted agricultural soil using *Schwenkia americana* L. and *Spermacoce ocyroides* Burm f. *Annual Research & Review in Biology*, 2018, vol. 28, no. 6, pp. 1–9. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/44122>
23. Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh., Valkov V. F. *Biologicheskie printsipy monitoringa i normirovaniya zagryazneniya* [Bioecological principles of monitoring and normalization (rate setting) of contamination of soils by heavy metals]. Rostov-on-Don, Centers of Valeology of Russian Universities Publ., 2001. 64 p. (in Russian).
24. Khaziev F. Kh. Ecological connections of soil enzymatic activity. *Ecobiotech.*, 2018, vol. 1, no. 2, pp. 80–92 (in Russian).
25. Kolesnikov S. I., Aznaur'ian D. K., Kazeev K. Sh., Val'kov V. F. Sustainability of biological properties of soils in the South of Russia to oil pollution. *Ecology*, 2010, no. 5, pp. 357–364 (in Russian).
26. Karimullin L. K., Petrov A. M. Biological activity and phytotoxicity of soils containing oil pollution. *Journal of Ecology and Industrial Safety*, 2013, no. 3, pp. 65–66 (in Russian).
27. Novoselova E. I., Kireeva N. A., Garipova M. I. Role of enzymatic activity of soils in the discharge of the trophic function in oil pollution. *Bulletin of the Bashkir University*, 2014, vol. 19, no. 2, pp. 474–479 (in Russian).
28. Pavlov I. A., Tsepliaeva A.S. Influence of oil pollution on the growth and development of agricultural crops. In: *Nauka i molodezh': novye idei i reshenia v APK: materialy Vseros. nauch.-metod. konf. s mezhdunarodnym uchastiem* [Science and youth: New ideas and solutions in the agro-industrial complex. Materials of All-Russian scientific method. conf. with international participation]. Ivanovo, FGBOU VPO Ivanovo State Agricultural Academy named after acad. D. K. Belyaeva Publ., 2018. 242 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 14.04.2023; одобрена после рецензирования 01.05.2023; принята к публикации 01.07.2023  
The article was submitted 14.04.2023; approved after reviewing 01.05.2023; accepted for publication 01.07.2023