



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

Экологическая токсикология / Ecological toxicology

Оригинальная статья / Original article

УДК 631.465: 631.421.2: 631.427.12

DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-147-156

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ КАЛМЫКИИ ПРИ НЕФТЯНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

Алексей А. Булуктаев

*Калмыцкий научный центр Российской академии наук,
Элиста, Россия, buluktaev89@mail.ru*

Резюме. *Цель* заключается в изучении изменения ферментативной активности почв Калмыкии при нефтяном загрязнении, а также в исследовании фитотоксичности загрязненных почв. *Методы.* Для изучения фитотоксичности и ферментативной активности почв был проведен лабораторный опыт. В качестве объектов исследования были выбраны бурая полупустынная, светло-каштановая и черноземная почвы, тест-культура фасоль. Почву загрязняли нефтью различной концентрации. О фитотоксичности почв судили по всхожести, длине наземной части растений, длине корня и общей биомассе. Ферментативную активность почв определяли методами Т.А. Щербаковой, Штефаника, Ярни, Томеску, А.Ш. Галстяна, Ф.Х. Хазиева, Я.М. Агафоровой, А.Е. Гулько. *Результаты.* В результате проведенных исследований выявлено, что почвы Калмыкии не устойчивы к нефтяному загрязнению, даже незначительные концентрации нефти вызывают изменение ферментативной активности почв. Все исследуемые нефтезагрязненные образцы почв проявляют негативное влияние на рост и развитие растений тест-культур, уменьшается всхожесть, длина наземной и подземной частей растений. *Выводы.* Доказано, что нефтяное загрязнение влияет на изменение ферментативной активности почв Калмыкии, причем, чем больше концентрация вносимой нефти, тем сильнее прослеживается это изменение. Нефтезагрязненные почвы проявляют сильное фитотоксическое воздействие по отношению к исследуемым растениям.

Ключевые слова: почвы Калмыкии, модельный эксперимент, нефтяное загрязнение, фитотоксичность, ферментативная активность почв.

Формат цитирования: Булуктаев А.А. Фитотоксичность и ферментативная активность почв Калмыкии при нефтяном загрязнении // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N4. С.147-156. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-147-156

PHYTOTOXICITY AND ENZYMATIC ACTIVITY IN SOILS OF KALMYKIA UNDER THE INFLUENCE OF OIL POLLUTION

Aleksey A. Buluktaev

*Kalmyk Scientific Center of the RAS,
Elista, Russia, buluktaev89@mail.ru*

Abstract. The *aim* is to study the change in the enzymatic activity in Kalmykia soils under oil pollution, as well as to study the phytotoxicity of contaminated soils. *Methods.* A laboratory experiment was conducted to study the phytotoxicity and enzymatic activity in soils. As objects of research, brown semidesert, light chestnut and chernozem soils (Black soil) were selected. Common bean was chosen as the testing culture. The levels of oil pollution in the study area were different. The phytotoxicity of soils was identified by the germination, the length of the terrestrial part of the plants, the length of the root and the total biomass. The enzymatic activity in soils was determined by the methods of T.A. Shcherbakova, Shtefanika, Yarni, Tomesku, A.Sh. Galstyan, F.KH. Khazieva, Ya.M. Agaforova, A.E. Gulko.



Results. As a result of the conducted studies it was revealed that the soils of Kalmykia are not resistant to oil pollution, even insignificant concentrations of oil cause a change in the enzymatic activity in soils. All investigated oil contaminated soil samples show a negative impact on the growth of testing-culture plants, germination decreases, the length of the ground and underground parts of plants is reduced. **Conclusions.** It has been proved that oil pollution affects the change in the enzymatic activity in Kalmykia soils, and, the greater the concentration of oil contamination, the stronger this change can be traced. Oil-contaminated soils show a strong phytotoxic effect in relation to the plants under study.

Keywords: Kalmykia soils, model experiment, oil pollution, phytotoxicity, enzymatic activity in soils.

For citation: Buluktaev A.A. Phytotoxicity and enzymatic activity in soils of Kalmykia under the influence of oil pollution. *South of Russia: ecology, development*. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 147-156. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-147-156

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия степные ландшафты республики Калмыкия испытывают все возрастающее антропогенное воздействие. Нефтяные промыслы, ведущие свою деятельность на территории республики, негативно влияют на состояние окружающей среды. Экологическая ситуация, сложившаяся в настоящее время в Калмыкии свидетельствует о том, что существующая концепция охраны окружающей среды не решает двух основных проблем: во-первых, не предотвращает попадание поллютанта в окружающую среду и, во-вторых, не избавляет от угрозы деградации и истощения природных ресурсов. Проблема загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами в настоящее время является весьма актуальной. Процесс добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов в республике еще далек от совершенства, аварийные ситуации, изношенность оборудования, халатность работников – все это приводит к попаданию углеводородов в окружающую среду. Попад в почву, нефть в первую очередь влияет на ее биологические свойства, нарушается активность почвенных ферментов [1-3], также происходит резкое изменение физико-химического состояния почв, что негативно сказывается на росте и развитии растений, произрастающих на этих почвах.

Попадание нефти и нефтепродуктов в почву 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. Согласно данным ряда авторов, исследования ферментативной активности позволяют квалифицировать поч-

венные нарушения [4; 5]. Влияние нефти и нефтепродуктов на ферменты почв многостороннее: прямое – ингибирование, разрушение, или активация ферментов, и косвенное – изменение ферментативного пула почвы в результате ингибирования роста почвенной мезофауны и растений. Изучению ферментативной активности почв Юга России при нефтяном загрязнении уделено большое внимание [6].

Исследованиями различных авторов установлено, что загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами приводит к замедлению роста и развития растений и почвенных водорослей, снижению урожайности сельскохозяйственных культур [7-10]. Нефтепродукты токсичны для растений даже в относительно низких концентрациях [11; 12]. Более того, даже сублетальные концентрации загрязнителя в значительной мере тормозят их рост. Авторами Калмыкии исследовано негативное влияние нефти и нефтепродуктов на рост и развитие сельскохозяйственных растений, таких как житняк, кострец, ячмень, амарант в полевом эксперименте [13; 14].

Актуальным является исследование изменения активности ферментов при нефтяном загрязнении в почвах Калмыкии, также важным параметром нефтезагрязненных почв является их фитотоксичность по отношению к растениям. Именно поэтому **цель** нашего исследования – изучить фитотоксичность и ферментативную активность в бурых полупустынных, светло-каштановых и черноземных почвах Калмыкии при нефтяном загрязнении. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи: отобрать исследуемые почвы; провести ла-



бораторный опыт; исследовать фитотоксичность нефтезагрязненных почв; изучить из-

менение ферментативной активности почв при нефтяном загрязнении.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения влияния нефтяного загрязнения на фитотоксичность и ферментативную активность почв Калмыкии был проведен лабораторный опыт. Опыт был проведен на кафедре химии Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова. В качестве объектов исследования были использованы почвы республики Кал-

мыкия (табл. 1). Почвы для лабораторного опыта были отобраны с глубины 10–20 см без нарушения и перемешивания почвенных горизонтов. Отбор проб был проведен на целине, на фоновых участках в отдалении от дорог, трубопроводов, линий электропередач [15].

Таблица 1

Исследуемые почвы

Table 1

The studied soils

Почва / The soil	Местоположение и характеристика / Location and characteristics
Бурая полупустынная Brown semidesert	Отобрана на территории Черноземельского района в заповеднике «Черные земли» почва супесчаная, по степени засоления практически незасоленная, реакция почвенного раствора щелочная / Soil selected in the Chernozemelsky district in the reserve "Black Lands" is sandy loam, the degree of salinity is almost nonsaline, the reaction of the soil solution is alkaline
Светло-каштановая Light chestnut	Отобрана на территории Целинного района, почва суглинистая, по степени засоления – незасоленная, реакция почвенного раствора слабощелочная / Soil, selected on the territory of the Tselinny District, is loamy; degree of salinity - non-saline; the reaction of the soil solution is slightly alkaline
Черноземная Black Soil (Chernozem)	Отобрана на территории Городовиковского района, почва средне-суглинистая, незасоленная, реакция почвенного раствора слабощелочная / Soil, selected on the territory of the Gorodovikovsky district, is medium loamy; not saline; the reaction of the soil solution is slightly alkaline

Исследуемые почвы распределены в вегетационные емкости массой 5 кг, почву загрязняли нефтью Состинского месторождения, нефть легкая, малосернистая, имеет содержание серы – 0,27%, содержание парафинов – 6,40%, плотность – 0,735 г/см³, вязкость составляет 0,99 мПа/с. Изучалось действие разных концентраций нефти: 2,5%, 5% и 10% от массы почвы, в результате разлива в вегетационную емкость 90 мл, 185 мл и 370 мл нефти. Контролем служили незагрязненные образцы.

В качестве тест-культуры для изучения фитотоксичности нефтезагрязненных почв Калмыкии нами было выбрано растение фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris*). В ряде поставленных нами опытов доказано, что фасоль является быстро прорастающим растением, и подходит для выращивания на почвах степной зоны.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в биологии, экологии и почвоведении методов.

О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян фасоли (всхожесть и общая биомасса) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина зеленых проростков).

О ферментативной активности почв судили по активности каталазы, уреазы, инвертазы и фосфатазы. Определение каталазной активности почв по методу Галстяна А.Ш. Активность инвертазы определяли методом Хазиева Ф.Х., Агафаровой Я.М., Гулько А.Е. Активность уреазы в почве определяли методом Щербаковой Т.А. Фосфатазную активность определяли методом Штефаника, Ярни, Томеску.



ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты морфометрических изменений фасоли под действием нефтяного загрязнения через 1 месяц после загрязнения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Фитотоксичность нефтезагрязненных почв Калмыкии

Table 2

Phytotoxicity of oil contaminated soil in Kalmykia

Тип почв / Type of soil	Концентрация нефти в почве / Concentration of oil in the soils				
	Контроль Control specimen	2,5%	5%	10%	НСП ₀₅ NSR ₀₅
Всхожесть, % / Germination, %					
Бурая полупустынная Brown semidesert	100	43	35	-	9
Светло-каштановая Light chestnut	100	60	48	19	10
Черноземная Black Soil (Chernozem)	100	71	57	28	9
Длина побега, % / Length of shoot, %					
Бурая полупустынная Brown semidesert	100	69	47	-	8
Светло-каштановая Light chestnut	100	74	67	49	10
Черноземная Black Soil (Chernozem)	100	81	68	54	9
Длина корней, % / Root length, %					
Бурая полупустынная Brown semidesert	100	82	70	-	8
Светло-каштановая Light chestnut	100	79	62	35	8
Черноземная Black Soil (Chernozem)	100	73	69	42	11
Общая биомасса, % / Total biomass, %					
Бурая полупустынная Brown semidesert	100	38	29	-	8
Светло-каштановая Light chestnut	100	55	48	13	8
Черноземная Black Soil (Chernozem)	100	64	53	22	8

Исходя из полученных результатов, стоит отметить негативное влияние нефтяного загрязнения на рост и развитие фасоли на всех типах почв Калмыкии. Так, всхожесть фасоли на бурой полупустынной почве при нефтяном загрязнении 2,5% снижается в 2,3 раза, при концентрации нефти 5% всхожесть снижается в 2,8 раза, концентрация нефти 10% явилась для фасоли летально – семена на этих почвах не проросли. В светло-каштановой почве всхожесть при нефтяном загрязнении (2,5%, 5%, 10%) снижается в 1,7, 2,1, 3,6 раза по сравнению с контролем. В черноземной почве нефтяное загрязнение также вызывает снижение всхожести фасо-

ли, так при концентрации нефти 2,5% всхожесть фасоли снижается в 1,4 раза, при 5% в 1,8 раза, при 10% всхожесть снижается в 3,6 раза по сравнению с показателями контрольной всхожести (рис. 1).

Длина побега и корней редиса отражают фитотоксические свойства нефтезагрязненных почв. Так, в бурой полупустынной почве нефтяное загрязнение снижает рост зеленых проростков в 1,4 раза и 2,1 раза по сравнению с контролем, длина корней снижается в 1,2 раза и 1,4 раза по сравнению с контрольными показателями. В светло-каштановой почве длина зеленых проростков при концентрации нефти 2,5%, 5%, 10%



снижается в 1,3, 1,6, 2,0 раза соответственно, длина корней снижается в 1,3, 1,6, 2,8 раз по сравнению с контролем. В черноземной почве нефтяное загрязнение также приводит к угнетению роста и развития фасоли, так длина зеленых проростков при concentra-

ции нефти 2,5% снижается в 1,2 раза, при 5% в 1,5 раз, при 10% в 1,8 раз по сравнению с контролем. Длина корней в нефтезагрязненной черноземной почве снижается в 1,3, 1,4, 2,3 раза соответственно.

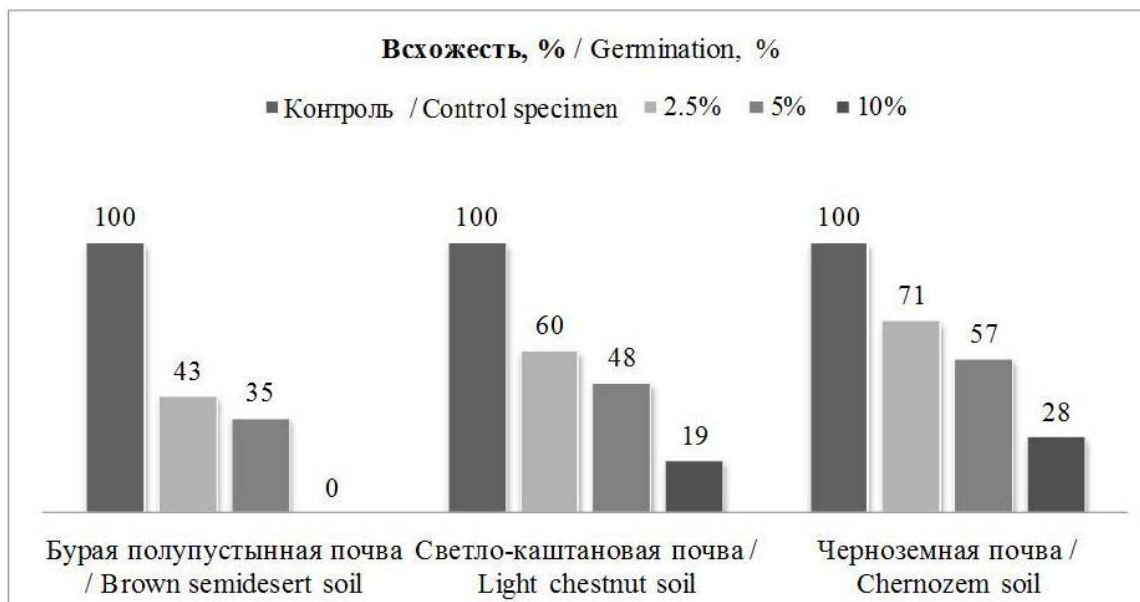


Рис. 1. Влияние нефтяного загрязнения на всхожесть фасоли
Fig. 1. Influence of oil pollution on the germination of the common bean

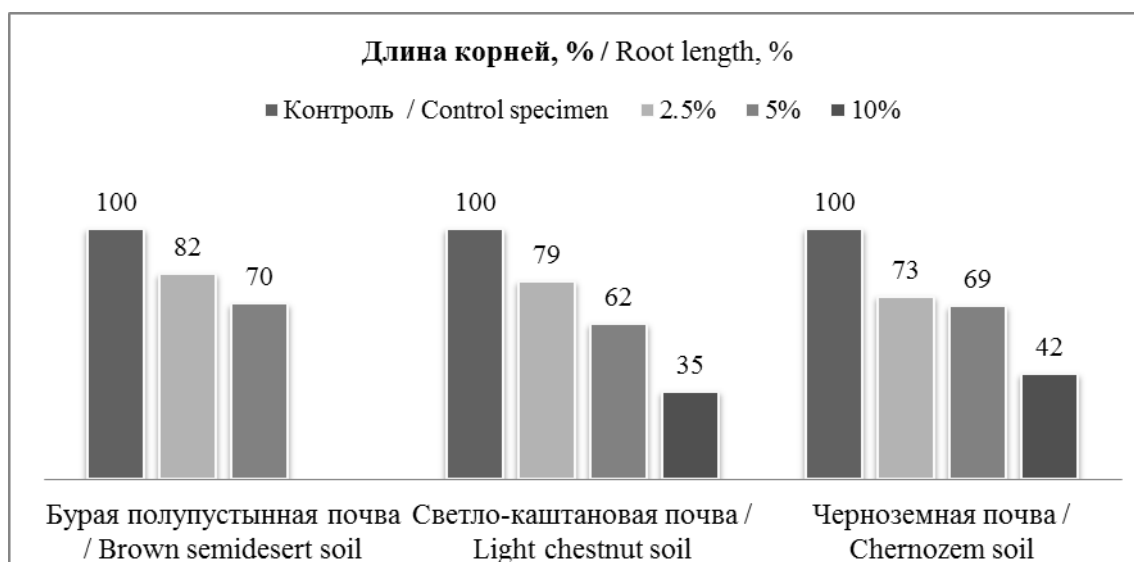


Рис. 2. Влияние нефтяного загрязнения на длину корней фасоли
Fig. 2. Influence of oil pollution on the length of the bean roots

Нефтяное загрязнение влияет на изменение ферментативной активности почв Калмыкии, в настоящем исследовании изу-

чалось действие нефти на активность каталазы, уреазы, инвертазы и фосфатазы (табл. 3).



Таблица 3
Изменение ферментативной активности почв Калмыкии при нефтяном загрязнении
Table 3
Changes in the enzymatic activity in Kalmykia soils under oil pollution

Серия опытов A series of experiments		Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту Catalase activity, ml O ₂ per 1 g of soil / 1 minute	Активность уреазы, мг N-NH ₄ на 1 г почвы за 4 ч. Urease activity, mg N-NH ₄ per 1 g of soil / 4 hours	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. Invertase activity, mg of glucose per 1 g of soil / 24 hours	Активность фосфатазы, миллиграмм-процентах P ₂ O ₅ на 1 г почвы за 48 ч. Phosphatase activity, milligram-percent P ₂ O ₅ per 1 gram of soil / 48 hours
Бурая полупустынная почва / Brown semidesert					
Контроль Control specimen		2,80±0,24	0,92±0,12	13,05±0,20	0,51±0,13
Нефть Oil	2,5%	2,30±0,15	1,26±0,18	14,88±0,33	0,48±0,15
	5%	1,40±0,33	1,58±0,20	10,79±0,12	0,46±0,12
	10%	0,50±0,10	1,79±0,22	9,61±0,45	0,33±0,20
Светло-каштановая почва / Light chestnut					
Контроль Control specimen		6,40±0,43	8,90±0,55	26,53±0,10	6,18±0,25
Нефть Oil	2,5%	4,60±0,40	9,45±0,22	24,47±0,67	5,95±0,19
	5%	2,80±0,38	11,92±0,31	19,15±0,39	4,73±0,10
	10%	1,20±0,50	14,84±0,40	17,09±0,34	2,07±0,97
Черноземная почва / Chernozem					
Контроль Control specimen		12,70±0,61	31,43±0,28	38,06±1,10	43,12±0,68
Нефть Oil	2,5%	9,30±0,50	41,12±0,56	37,09±0,56	39,68±0,55
	5%	4,00±0,27	46,98±0,59	31,55±0,22	32,07±0,87
	10%	2,90±0,33	58,23±0,40	29,29±0,60	24,28±0,43

Активность каталазы в контрольном образце: бурой полупустынной почвы составляет 2,80 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин., светло-каштановой почвы – 6,40 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин., черноземной почвы – 12,70 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин. При нефтяном загрязнении активность каталазы снижается во всех исследуемых образцах почв. Так, в бурой полупустынной почве при нефтяном загрязнении 2,5%, 5%, 10% активность каталазы снижается соответственно в 1,2, 2,0, 5,6 раз по сравнению с контрольным образцом. В светло-каштановой почве при концентрации нефтяного загрязнения 2,5% активность каталазы снижается в 1,4 раза, при 5% в 2,3 раза, при 10% в 5,3 раза по сравнению с активностью каталазы в контрольном образце. В черноземной почве нефтяное загрязнение 2,5%, 5%, 10% вызывает снижение активности каталазы в 1,3, 3,1, 4,4 раза соответственно (рис. 3).

Таким образом, нефтяное загрязнение почв Калмыкии негативно влияет на активность каталазы, причем, чем выше концентрация вносимой нефти, тем сильнее происходит угнетение активности этого фермента.

Уреазная активность в контрольном образце бурой полупустынной почвы составляет 0,92 мг N-NH₄ на 1 г почвы за 4 ч., в светло-каштановой почве 8,90 мг N-NH₄ на 1 г почвы за 4 ч., в черноземной почве 31,43 мг N-NH₄ на 1 г почвы за 4 ч. При нефтяном загрязнении происходит увеличение активности уреазы во всех исследуемых образцах почв. В нефтезагрязненной бурой полупустынной почве при концентрации нефти 2,5% уреазная активность повышается в 1,3 раза, при 5% в 1,7 раза, при 10% в 2,0 раза по сравнению с контрольной активностью уреазы. В светло-каштановой почве загрязнение нефтью 2,5% не вызывает резко-



го изменения активности уреазы, а концентрации нефти 5% и 10% повышают активность этого фермента в 1,3, 1,6 раза соответственно. В черноземной почве также прослеживается тенденция увеличения уреазной

активности, в 1,3, 1,5, 1,8 раза по сравнению с контролем (рис. 4). Исходя из полученных результатов, стоит отметить, прямую связь изменения активности фермента с концентрацией вносимой нефти.

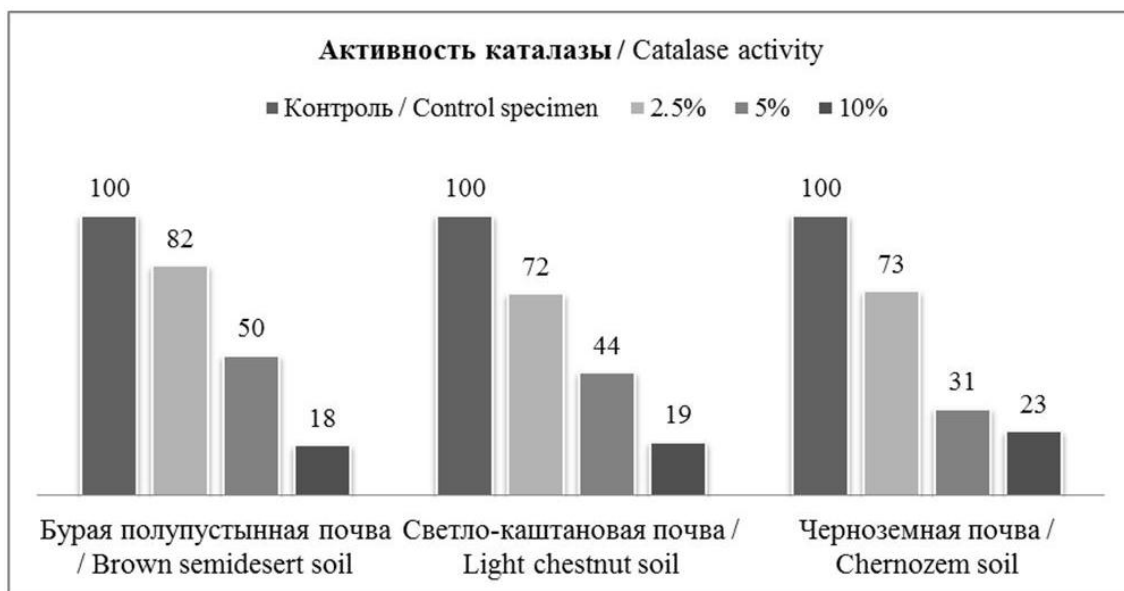


Рис. 3. Изменение активности каталазы при нефтяном загрязнении, % от контроля

Fig. 3. Change in catalase activity under oil contamination, % of control

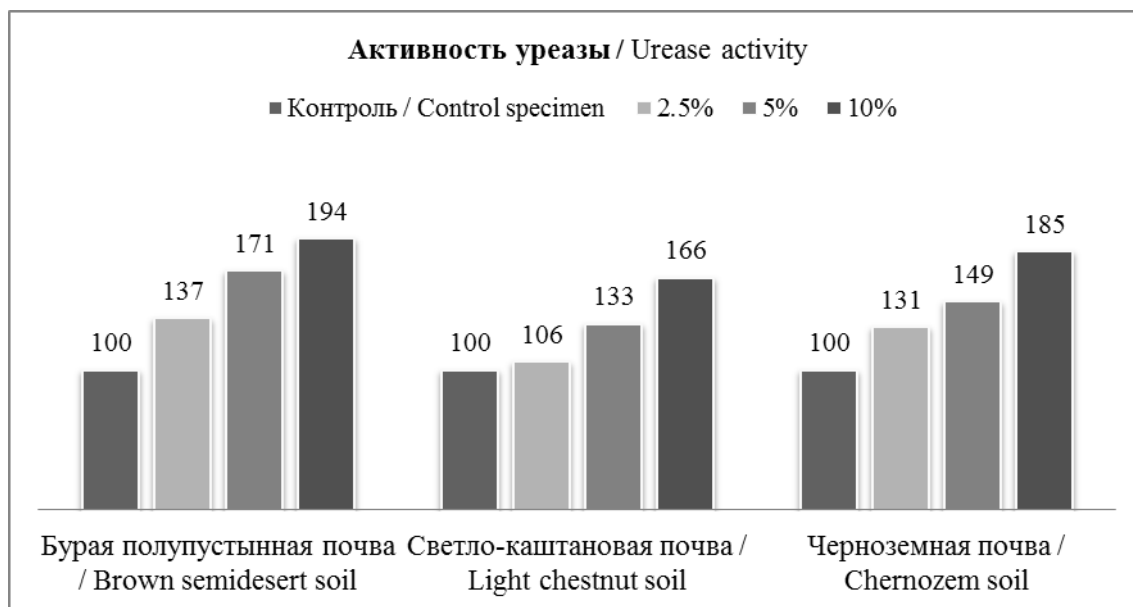


Рис. 4. Изменение активности уреазы при нефтяном загрязнении, % от контроля

Fig. 4. Change in activity of urease under oil contamination, % of control

Активность инвертазы в контрольном образце бурой полупустынной почвы составляет 13,05 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч., в светло-каштановой почве – 26,53 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч., в черноземной

почве – 38,06 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. В бурой полупустынной почве нефтяное загрязнение концентрацией 2,5% стимулировало активность инвертазы, а концентрации нефти 5% и 10% снизили активность



инвертазы в 1,2 раза и 1,4 раза по сравнению с контролем. В светло-каштановой и черноземной почве низкие и высокие concentra-

ции нефти вызывают снижение активности инвертазы (рис. 5).

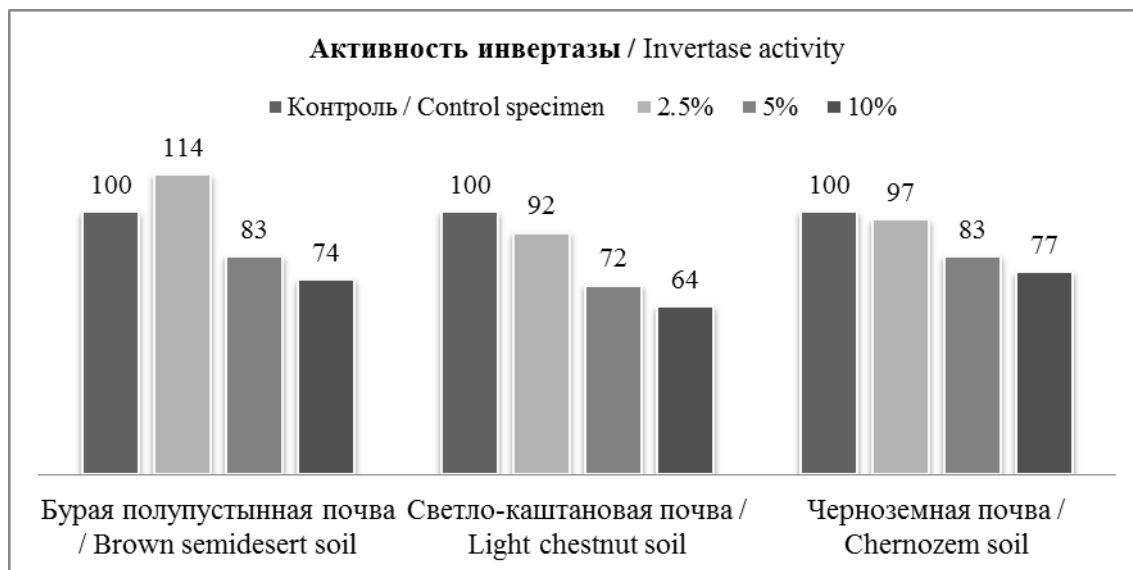


Рис. 5. Изменение активности инвертазы при нефтяном загрязнении, % от контроля

Fig. 5. Change in invertase activity under oil contamination, % of control

Активность фосфатазы в контрольном образце бурой полупустынной почвы составляет 0,51 мг-% P_2O_5 на 1 г почвы за 48 ч., светло-каштановой почвы – 6,18 мг-% P_2O_5 на 1 г почвы за 48 ч., черноземной поч-

вы – 43,12 мг-% P_2O_5 на 1 г почвы за 48 ч. Нефтяное загрязнение приводит к снижению активности фосфатазы во всех исследуемых почвах (рис. 6).

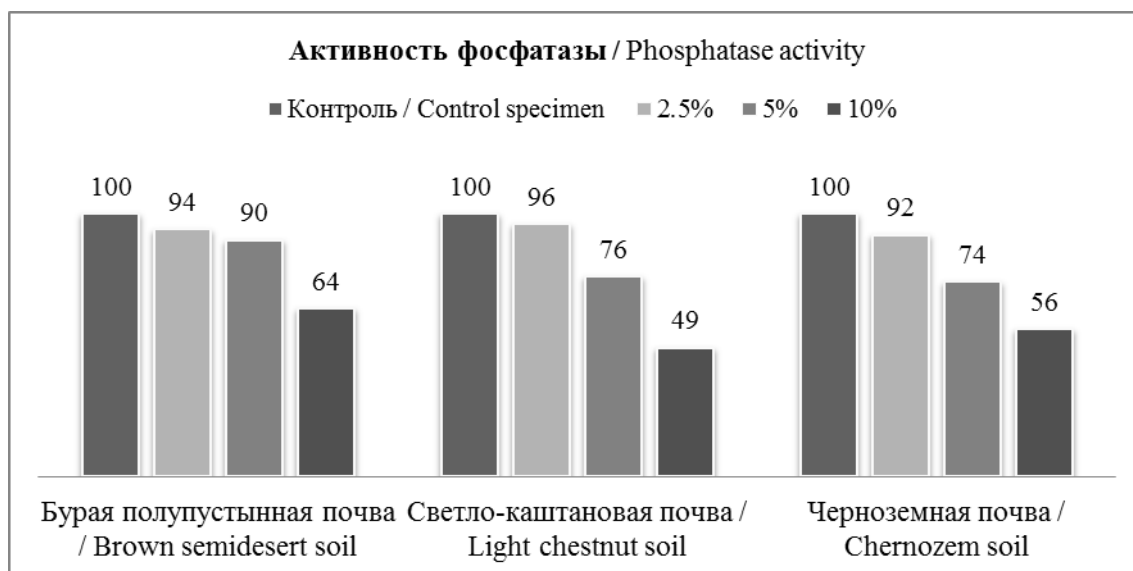


Рис. 6. Изменение активности фосфатазы при нефтяном загрязнении, % от контроля

Fig. 6. Change in phosphatase activity under oil contamination, % of control

Активность фосфатазы в нефтес- загрязненных бурых полупустынных почвах снижается в 1,1, 1,2, 1,5 раза. В светло-

каштановой почве при концентрации нефти 2,5% активность фосфатазы снижается в 1,1 раза, при 5% – в 1,3 раза, при 10% – 2,9 раз



по сравнению с контролем. В черноземной почве нефтяное загрязнение 2,5%, 5%, 10% вызывает снижение активности фосфатазы в

1,1, 1,3, 1,8 раз по сравнению с активностью фермента в контрольном образце.

ВЫВОДЫ

1. Доказано, что почвы Калмыкии загрязненные нефтью проявляют негативное воздействие на рост и развитие растения тест-культуры, по фитотоксичности почвы образуют следующий ряд: черноземная > светло-каштановая > бурая полупустынная. Всхожесть фасоли снижается более чем в два раза по сравнению с контрольным образцом, что характеризует почвы как сильно деградированные.

2. Установлено, что загрязнение бурой полупустынной, светло-каштановой и черноземной почв Калмыкии нефтью различной концентрации вызывает изменение ферментативной активности почв. Наиболее устойчивыми почвами республики по биоло-

гической активности к нефтяному загрязнению являются черноземные почвы, далее по устойчивости следуют светло-каштановые, самые неустойчивые почвы бурые полупустынные.

3. Доказано, что фитотоксичность и изменение ферментативной активности почв напрямую связаны с концентрацией вносимой нефти, так образцы загрязненные нефтью 10% проявляют наиболее негативное влияние на исследуемые параметры.

4. Исходя из полученных данных, следует отметить, что почвы Калмыкии не устойчивы к нефтяному загрязнению по биологическим показателям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антоненко А.М., Занима О.В. Влияние нефти на ферментативную активность аллювиальных почв Западной Сибири // Почвоведение. 1992. N 1. С. 38–43.
2. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Казеев К.Ш., Кутузова И.В., Самохвалова Л.С., Налета Е.В., Зубков Д.А. Оценка экотоксичности тяжелых металлов и нефти по биологическим показателям чернозема // Экология. 2014. N 3. С. 157–166. DOI:10.7868/S0367059714030056
3. Смирнова Т.С., Панина Ю.Ю. Мониторинг углеводородного загрязнения почвы посредством анализа ее ферментативной активности // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. N 12. С. 33–38.
4. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного // Почвоведение. 2006. N 5. С. 616–620.
5. Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биологических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // Агрохимия, 1981. N 10. С. 102–111.
6. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв западного Кавказа к загрязнению тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами // Сибирский экологический журнал. 2014. T. 21. N 3. С. 493–500.
7. Киреева Н.А., Тарасенко Е.М., Бакаева М.Д. Детоксикация нефтезагрязненных почв под посевами люцерны (*Medicago sativa* L.) // Агрохимия. 2004. N 10. С. 68–72.
8. Назарюк В.М., Кленова М.И., Калимуллина Ф.Р. Роль минерального питания в повышении продуктивности растений и регулировании пищевого режима почвы, загрязненной нефтью // Агрохимия. 2007. N 7. С. 64–73.
9. Околелова А.А., Заикина В.Н. Биоиндикация загрязненных нефтью светло-каштановых почв // Естественно-гуманитарные исследования. 2017. T. 17, N3. С. 16–23.
10. Околелова А.А., Мерзлякова А.С., Герман Н.В. Фитотоксичность нефтезагрязненных почв // Естественно-гуманитарные исследования. 2014. N 1(3). С. 26–31.
11. Adam G., Duncan H.J. Effect of diesel fuel on growth of selected plant species // Environmental Geochemistry and Health. 1999. V. 21, iss. 4. P. 353–357. doi:10.1023/A:1006744603461
12. Ekundayo E.O., Emede T.O., Osayande D.I. Effects of crude oil spillage on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in soils of Midwestern Nigeria // Plant Foods for Human Nutrition. 2001. V. 56, iss. 4. P. 313–324.
13. Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д. Изменение эколого-биологических свойств светло-каштановых почв Калмыкии при нефтяном загрязнении // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2013. T. 13. N 1. С. 102–107.
14. Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д., Булуктаев А.А. Влияние нефтяного загрязнения на фитотоксичность светло-каштановых почв Калмыкии // Вестник Калмыцкого университета. 2013. N 1 (17). С. 44–47.
15. Булуктаев А.А., Сангаджиева Л.Х., Горяшкиева З.В., Хейчиев Н.С. Влияние рекультивации на биологическую активность загрязненных нефтью бурых полупустынных почв // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2015. N 4. С. 16–21. DOI: 10.18384/2310-7189-2015-4-16-21



REFERENCES

1. Antonenko A.M., Zanima O.V. Influence of oil on fermentative activity of alluvial soils of Western Siberia. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science]. 1992, no. 1, pp. 38–43. (In Russian)
2. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kazeev K.Sh., Kutuzova I.V., Samokhvalova L.S., Naleta E.V., Zubkov D.A. Ecotoxicity assessment of heavy metals and crude oil based on biological characteristics of chernozem. *Russian Journal of Ecology*, 2014, no. 3, pp. 157–166. (In Russian) DOI:10.7868/S0367059714030056
3. Smirnova T.S., Panina Yu.Yu. Monitoring of soil hydrocarbon contamination by analysis of its enzymatic activity. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse* [Environment protection in oil and gas complex]. 2015, no. 12, pp. 33–38. (In Russian)
4. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosyan M.L., Val'kov V.F. The effect of pollution with oil and oil products on the biological status of ordinary chernozems. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science]. 2006, no. 5, pp. 616–620. (In Russian)
5. Khaziev F.Kh., Fatkhiev F.F. Change of biological processes in soils at oil pollution and oil decomposition activation. *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry]. 1981, no. 10, pp. 102–111. (In Russian)
6. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Denisova T.V., Dadenko E.V. Biodiagnostics of brown forest soils' resistance to oil pollution and heavy metals pollution in Western Caucasus. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology]. 2014, vol. 21, no. 3, pp. 493–500. (In Russian)
7. Kireeva N.A., Tarasenko E.M., Bakaeva M.D. Detoxification of oil-contaminated soils under alfalfa (*Medicago Sativa* L.) plantations. *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry]. 2004, no. 10, pp. 68–72. (In Russian)
8. Nazaryuk V.M., Klenova M.I., Kalimullina F.R. Effect of mineral nutrition on the productivity of plants and the nutritive regime of oil-contaminated soil. *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry]. 2007, no. 7, pp. 64–73. (In Russian)
9. Okolelova A.A., Zaikina V.N. Bioindication of the light chestnut soils polluted by oil. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya* [Natural and humanitarian researches]. 2017, vol. 17, no. 3, pp. 16–23. (In Russian)
10. Okolelova A.A., Merzlyakova A.S., German N.V. Phytotoxicity of the oil polluted soils. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya* [Natural and humanitarian researches]. 2014, no. 1(3), pp. 26–31. (In Russian)
11. Adam G., Duncan H.J. Effect of diesel fuel on growth of selected plant species. *Environmental Geochemistry and Health*. 1999, vol. 21, iss. 4, pp. 353–357. doi:10.1023/A:1006744603461
12. Ekundayo E.O., Emede T.O., Osayande D.I. Effects of crude oil spillage on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in soils of Midwestern Nigeria. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2001, vol. 56, iss. 4, pp. 313–324.
13. Buluktaev A.A., Sangadzhieva L.Ch., Davaeva Ts.D. Change of ecological and biological properties of light brown soils of Kalmykia at oil pollution. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya* [Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology]. 2013, vol. 13, no. 1, pp. 102–107. (In Russian)
14. Sangadzhieva L.Ch., Davaeva Ts.D., Buluktaev A.A. Influence of oil pollution on phytotoxicity of light brown soils of Kalmykia. *Vestnik Kalmytskogo universiteta* [Bulletin of the Kalmyk University]. 2013, no. 1(17), pp. 44–47. (In Russian)
15. Buluktaev A.A., Sangadzhieva L.Ch., Goryashkieva Z.V., Kheychiev N.S. Influence of recultivation on biological activity of brown semidesertic soils polluted by oil. *Bulletin of the Moscow state regional university. Series: Natural sciences*, 2015, no. 4, pp. 16–21. (In Russian) DOI:10.18384/2310-7189-2015-4-16-21

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Алексей А. Булуктаев – младший научный сотрудник отдела комплексного мониторинга и информационных технологий Калмыцкого научного центра Российской академии наук, ул. им. И.И. Илишкина, д. 8, г. Элиста, 358000, Россия, тел.: 89963539797, e-mail: buluktaev89@mail.ru

Критерии авторства

Алексей А. Булуктаев провел анализ научной литературы, модельного эксперимента, написал статью и несет ответственность за самоплагиат и плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Поступила в редакцию 27.08.2017

Принята в печать 30.10.2017

AUTHOR INFORMATION

Affiliations

Aleksey A. Buluktaev – Junior researcher of department of complex monitoring and information technologies, Kalmyk scientific center of the Russian Academy of Sciences, I.K. Ilishkina st., 8 Elista, Russian Federation. Tel.: 89963539797; e-mail: buluktaev89@mail.ru

Contribution

Aleksey A. Buluktaev conducted an analysis of the model experiment, studied and analyzed scientific literature; wrote the article and is responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest

Received 27.08.2017

Accepted for publication 30.10.2017