

## ФИТОТОКСИЧНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА)

**А. А. Булуктаев**

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

## PHYTOTOXICITY OF OIL-POLLUTED SOILS IN ARID TERRITORIES: ANALYZING RESULTS OF SIMULATION EXPERIMENTS

**A. A. Buluktaev**

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

**Аннотация.** Актуальность и цели. В последние десятилетия степные ландшафты Республики Калмыкия испытывают все возрастающее антропогенное воздействие. Нефтяные промыслы, ведущие свою деятельность на территории республики, автозаправки, транспорт – все это отражается на состоянии окружающей среды. Нефть и нефтепродукты негативно влияют на рост и развитие растений, токсичны для них даже в относительно низких концентрациях. Цель исследования – изучение фитотоксических свойств почв Калмыкии при их загрязнении нефтью и нефтепродуктами. *Материалы и методы.* Лабораторные исследования выполнены с использованием общепринятых в биологии и почвоведении методов [1–3]. В данной работе большое значение придается модельным экспериментам. В качестве объектов исследования использованы основные типы зональных почв Республики Калмыкия. Эксперимент проведен в вегетационных емкостях и чашках Петри, загрязнение производили путем внесения нефти и нефтепродуктов. В качестве растения тест-объекта использован редис; в ряду исследований доказано, что редис является хорошим индикатором нефтяного загрязнения, а относительно короткий вегетационный период позволяет использовать редис для лабораторных опытов [4–8]. О фитотоксичности судили по числу проросших семян, длине побега и корней. *Результаты.* Изучена фитотоксичность нефтезагрязненных почв Калмыкии. Выявлено влияние нефти с высокоминерализованными пластовыми водами на рост и развитие растения тест-объекта. Построен ряд по степени влияния нефти и нефтепродуктов на изменения фитотоксических свойств, а также ряд по устойчивости почв Калмыкии к загрязнению. *Выводы.* Все исследуемые почвы, загрязненные нефтепродуктами, проявляют сильное фитотоксическое воздействие по отношению к растению тест-организму, исключение – бурые полупустынные почвы, в которых при загрязнении низкими концентрациями мазута и керосина увеличивается длина побегов и корней.

**Ключевые слова:** фитотоксичность, нефтепродукты, загрязнение, модельный эксперимент, вегетационные емкости, Республика Калмыкия.

**Для цитирования:** Булуктаев, А. А. Фитотоксичность нефтезагрязненных почв аридных территорий (в условиях модельного эксперимента) / А. А. Булуктаев // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2019. – Vol. 4 (3). – <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2019-3-5>

**Abstract.** *Rationale and Goals.* Recent decades have witnessed an increasing anthropogenic impact on Kalmykia's steppe landscapes. Active oil fields, numerous filling stations and vehicles adversely affect the environment. Oil and oil products impair the growth and development of plants, not to mention that oil products are toxic to plants even at minor concentrations. The study aims at investigating phytotoxic properties of Kalmykia soils when polluted with oil and oil products. *Materials and Methods.* The laboratory studies were performed with the help of methods customary for biology and soil science. The work pays special attention to simulation experiments. The objects of research are key zonal soil types of the Republic of Kalmykia. The experiments have been performed in vegetation vessels and Petri dishes with oil and oil products serving as polluting agents. The target test plant is radish. Numerous research works prove that radish is a good indicator of oil pollution, and its relatively short vegetation period allows using it for laboratory experiments. The phytotoxicity was estimated by numbers of germinated seeds, lengths of sprouts and roots. *Results.* The work provides an insight into phytotoxicity of Kalmykia's oil-polluted soils and reveals the influence of oils with mineralized stratal waters on the growth and development of the target test plant. The paper draws up a data series by degree of influence of oil and oil products on changing phytotoxic properties, supplemented with a data series to characterize Kalmykia soils by degree of oil pollution resistance. *Conclusions.* All the examined oil-polluted soils show severe phytotoxic impact on target test plant organisms, the exception being brown semi-desert soils where low-concentration of oil-fuel and kerosene pollution resulted in some extension of plant sprouts and roots length.

**Keywords:** phytotoxicity, oil products, pollution, simulation experiment, vegetation vessels, Republic of Kalmykia.

**For citation:** Buluktaev A.A. Phytotoxicity of oil-polluted soils in arid territories: analyzing results of simulation experiments. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2019;4(3). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2019-3-5>

## Введение

Наиболее токсичными нефтепродуктами для растений считаются углеводороды с температурой кипения в пределах от 150–275 °С, т.е. керосиновые и нефтяные фракции. Менее токсичны либо вообще безвредны нефтепродукты с более низкой температурой кипения, особенно их летучие фракции, поскольку они испаряются, не успев проникнуть в почвенный раствор, а, следовательно, и в растительную ткань. Высококипящие тяжелые фракции нефти также менее токсичны, чем нефтяные и керосиновые.

М. Ю. Гилязов [9] считает, что вредное влияние тяжелых фракций нефти обусловлено закупоркой пор и каналов почвы, по которым происходит обмен веществ между почвой и сопредельными средами. Образуется механический барьер между растением и окружающей средой, который затрудняет водный, воздушный, а также пищевой режимы растений.

Химическая токсичность нефти и нефтепродуктов по отношению к биологическим тест-объектам не всегда очевидна. Известно, что небольшие количества нефти в ряде случаев даже оказывают стимулирующее действие на рост и развитие некоторых растений [10].

Так, к примеру, Ж. Адам и Х. Дункан [11] в результате своих исследований пришли к следующим выводам: бобовые и некоторые злаковые травы при низкой степени загрязнения дизельным топливом (25 г/кг) остаются почти незатронутыми, при уровне же загрязнения 50 г/кг половина из 22 исследованных видов отставала в росте от нормы на 50 %. По данным Н. И. Никитской [12], при слабом загрязнении грунта нефтью и нефтепродуктами длина побегов, масса проростков и длина корней пшеницы больше по сравнению с контрольными образцами на 6, 12 и 16 % соответственно.

Ингибирующее влияние нефти на рост и развитие растений обусловлено нарушением экологической обстановки в почвенной среде: изменением гидротермического и воздушного

режимов, физико-химических свойств, связыванием нефтью биогенных элементов – фосфора, азота и калия.

Большая часть компонентов нефти, будучи аналогами биотических углеводородов, может легко усваиваться растениями через корневую систему и создавать тем самым повышенные уровни их содержания в биомассе [13, 14]. Чем больше токсических ингредиентов в атмосфере, тем больше их аккумуляция в почве и растениях [15].

В настоящее время существует много работ, посвященных исследованию фитотоксических свойств нефтезагрязненных почв [16–23], однако работ по изучению воздействия нефтезагрязненных почв аридных территорий на рост и развитие растений не так много.

Цель исследования – изучение фитотоксических свойств почв Калмыкии при их загрязнении нефтью и нефтепродуктами. В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи: отобрать почвенные образцы; провести модельный эксперимент; исследовать влияние нефти и нефтепродуктов на изменение роста и развития растения тест-объекта.

## Материал и методы

Модельный эксперимент был проведен на кафедре химии Калмыцкого государственного университета им. Б. Б. Городовикова. Для модельных экспериментов почвенные образцы отбирали на целинных фоновых участках в отдалении от дорог, трубопроводов, линий электропередач. Бурую полупустынную почву отбирали на территории Черноземельского района республики Калмыкия, светло-каштановую – на территории Ики-Бурульского района, чернозем – на территории Городовиковского района республики. Почвенные образцы отбирали из верхнего 10-сантиметрового слоя, подсушивали до сыпучего состояния и просеивали через сетку с размером ячеек 3 мм. Основные характеристики исследуемых почв представлены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Физико-химические и биологические свойства почв Калмыкии [16]

Physical, chemical and biological properties of Kalmykia soils

Почва	Гранулометрический состав	Гумус, %	рН водный	Суммарный N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г
				мг/100 г			
Бурая полупустынная	Супесчаная	1,0	8,4	1,1	1,74	25,3	2,36
Светло-каштановая	Среднесуглинистая	1,5	8,7	1,5	3,58	36,1	7,13
Чернозем	Тяжелосуглинистая	3,9	8,9	2,8	6,00	44,2	12,73

Образцы бурых полупустынных, светло-каштановых и черноземных почв помещены в вегетационные емкости (пластиковые ящики размером 50×15×10) массой 5 кг (в пересчете на сухой вес), почвы увлажнены дистиллированной водой до 60 % от полной влагоемкости. В каждую вегетационную емкость высевали 10 г семян редиса. Почву загрязняли поверхностно: товарной нефтью Состинского месторождения, нефтью с пластовой водой Тенгу-

тинского месторождения (химический состав пластовой воды представлен в табл. 2), а также мазутом, керосином и бензином. Концентрация нефти и нефтепродуктов составила 2,5, 5 и 10 % от массы почвы. На протяжении всего эксперимента поддерживалась температура 22 °С ± 10 °С, оптимальное увлажнение 60 % ± 25 % и 16-часовое солнечное освещение (климатические условия региона позволяют не использовать дополнительное освещение).

Таблица 2

Table 2

Солевой состав пластовых вод Тенгутинского месторождения, мг-экв./л

Composition of salt in solution of reservoir waters of the Tengutinsky field, mg-ekv./l

pH	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>
5,4	4,5	1740,0	0,6	450,0	125,0	1170,1

О фитотоксичности почв мы судили по изменению показателей прорастания семян (всхожесть) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина побегов, общая биомасса). В качестве тест-объекта использовали редис.

Определение всхожести семян тест-растений в модельном эксперименте на нефтезагрязненных почвах выполнено в лабораторных условиях – в чашках Петри. Сущность метода заключается в том, что исследуемые бурые полупустынные, светло-каштановые и черноземные почвы были помещены в чашки Петри слоем 1 см, почвы были увлажнены. В каждую чашку Петри высажено по 10 семян исследуемых тест-растений, полив осуществляли по ме-

ре необходимости. О всхожести семян судили через 5–10 суток по числу проросших семян от контроля; длина побегов, корней и общая биомасса исследованы в вегетационных емкостях через 1 месяц после начала эксперимента.

Лабораторные эксперименты проводили в трехкратной повторности.

### Результаты исследования

Результаты влияния нефти и нефтепродуктов на фитотоксичность бурых полупустынных почв в лабораторном эксперименте представлены на рис. 1, а также в табл. 3.

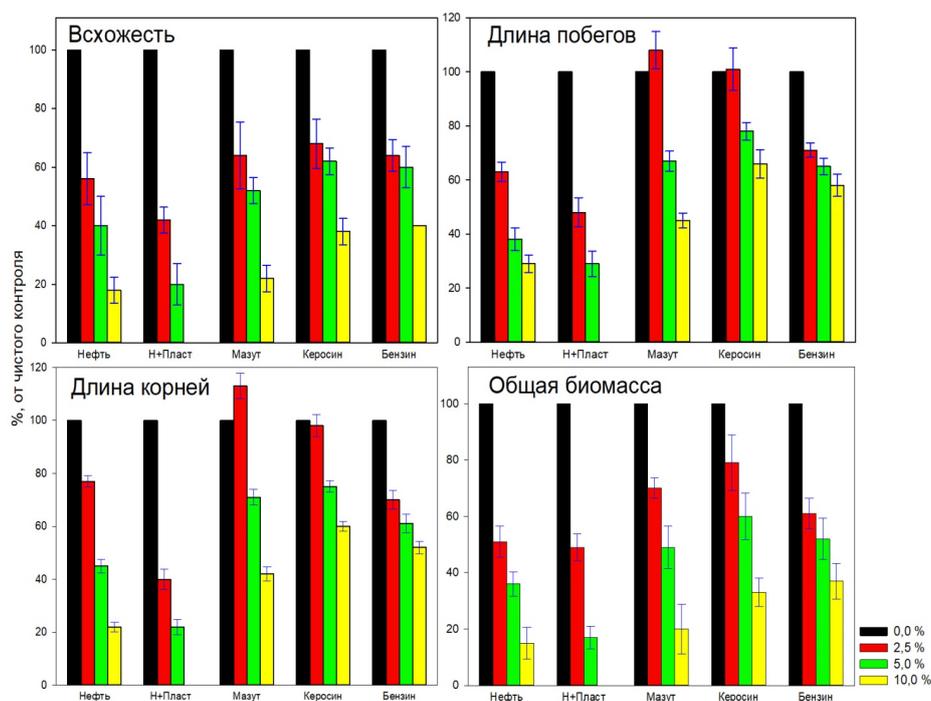


Рис. 1. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на фитотоксические свойства бурой полупустынной почвы

Fig. 1. The pollution impact by oil and oil products on phytotoxic properties of brown semidesertic soil

Таблица 3

Table 3

Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами  
на фитотоксические свойства бурой полупустынной почвы

The pollution impact by oil and oil products on phytotoxic properties of brown semidesertic soil

Доза загрязняющего вещества, %	Всхожесть	Длина побега	Длина корня	Общая биомасса
	%, к контролю			
Моделирование загрязнения нефтью				
0	100	100	100	100
2,5	58	63	77	51
5,0	40	38	45	36
10,0	18	29	22	15
<i>HCP<sub>05</sub></i>	8	9	8	10
Моделирование загрязнения нефтью с пластовой водой				
0	100	100	100	100
2,5	43	48	40	49
5,0	28	29	22	17
10,0	0	0	0	0
<i>HCP<sub>05</sub></i>	11	10	12	11
Моделирование загрязнения мазутом				
0	100	100	100	100
2,5	63	108	113	70
5,0	53	67	71	49
10,0	23	45	42	20
<i>HCP<sub>05</sub></i>	9	13	12	8
Моделирование загрязнения керосином				
0	100	100	100	100
2,5	68	101	98	89
5,0	61	78	75	60
10,0	38	66	60	33
<i>HCP<sub>05</sub></i>	9	9	8	9
Моделирование загрязнения бензином				
0	100	100	100	100
2,5	64	71	70	61
5,0	60	65	61	52
10,0	40	58	52	37
<i>HCP<sub>05</sub></i>	8	10	9	8

Нефтяное загрязнение бурой полупустынной почвы приводит к снижению всхожести, длины корней и побегов, а также общей биомассы растений. Так, в бурых полупустынных почвах при нефтяном загрязнении происходит снижение всхожести в зависимости от концентрации вносимой нефти (2,5, 5 и 10 %) на 42, 60 и 82 % от контроля. Длина побегов снижается на 37 % при дозе нефти 2,5 %, а при максимальной концентрации нефти – на 71 %. Длина корней уменьшается в 4,5 раза по сравнению с контролем. Общая биомасса растений эксперимента уменьшается до 15 %.

Загрязнение бурой полупустынной почвы нефтью с пластовой водой приводит к резкому ухудшению свойств почв вследствие высокой минерализации пластовых вод. Так, при концен-

трации нефти с пластовой водой 10 % семена редиса не проросли, при дозе нефти с пластовой водой 5 % всхожесть редиса снизилась на 72 %, при 2,5 %-ном содержании загрязнителя в почве всхожесть снизилась на 57 % от контроля. Кроме того, исследуемый загрязнитель существенно ингибирует рост и развитие проростков редиса, длина побегов снижается в 2,0 и 3,4 раза, длина корней уменьшается в 2,5 и 4,5 раза по сравнению с контролем. Общая биомасса даже при концентрации загрязнителя 5 % снижается на 83 % по сравнению с контролем.

Мазут вызывает не столь очевидные изменения свойств бурых полупустынных почв, как нефть и нефть с пластовой водой; так, при низких концентрациях мазутное загрязнение привело к стимулированию роста растений редиса.

Всхожесть при дозе мазута 2,5, 5 и 10 % соответственно составляет 63, 53 и 23 % по сравнению с контролем. Длина побегов и корней при концентрации мазута 2,5 % незначительно стимулируется и ингибируется дозами мазута 5 % и 10 %. Общая биомасса растений снижается на 30, 51 и 80 % по сравнению с контролем.

Загрязнение бурой полупустынной почвы различными дозами керосина приводит, как правило, к снижению всех исследуемых параметров, однако при концентрации керосина 2,5 % длина побега практически не отличается от контрольных образцов и даже незначительно превышает его. Всхожесть растений при данном виде загрязнения снижается на 32, 39 и 62 %, снижение длины побегов и корней при максимальной концентрации керосина составляет 40 % от контроля. Общая биомасса редиса при загрязнении керосином уменьшается в 1,1, 1,6 и 3,0 раза по сравнению с незагрязненными образцами.

Бензин также вызывает снижение всех исследуемых параметров растений. Всхожесть редиса на бурых полупустынных почвах при

действии различных доз бензина уменьшается соответственно на 36, 40 и 60 % по сравнению с контролем. Длина побегов уменьшается в 1,4, 1,5 и 1,7 раза от контроля, длина корней снижается до 52 %. Общая биомасса тест-растений при загрязнении почв бензином дозой 2,5, 5 и 10 % снижается на 39, 48 и 63 % соответственно.

Таким образом, загрязнение бурых полупустынных почв нефтью и нефтепродуктами, как правило, приводит к существенному ухудшению свойств почв. Наиболее негативное фитотоксическое воздействие на тест-растения проявляют почвы, загрязненные нефтью с пластовой водой; загрязнение бурых полупустынных почв нефтью и мазутом приводит к подобному фитотоксическому воздействию на исследуемые растения; также сходное влияние оказывает загрязнение почв керосином и бензином.

Влияние нефти и нефтепродуктов на изменения фитотоксических свойств светло-каштановых почв в лабораторном эксперименте представлено на рис. 2, а также в табл. 4.

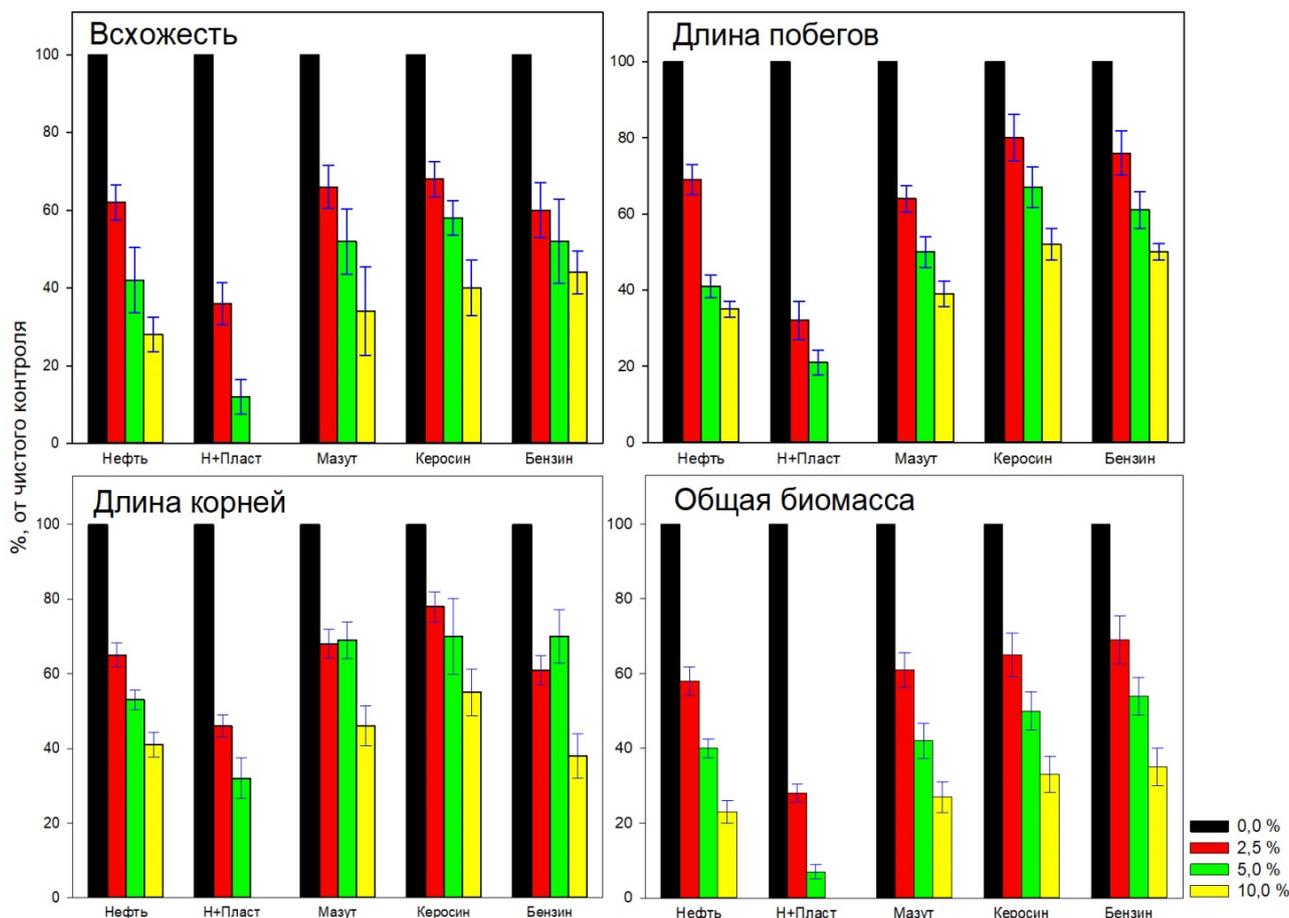


Рис. 2. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на фитотоксические свойства светло-каштановой почвы

Fig. 2. The pollution impact by oil and oil products on phytotoxic properties of light chestnut soil

Таблица 4

Table 4

 Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами  
на фитотоксические свойства светло-каштановой почвы

## The pollution impact by oil and oil products on phytotoxic properties of light chestnut soil

Доза загрязняющего вещества, %	Всхожесть	Длина побега	Длина корня	Общая биомасса
	%, к контролю			
Моделирование загрязнения нефтью				
0	100	100	100	100
2,5	63	69	65	61
5,0	45	41	53	40
10,0	29	35	41	23
<i>HCP<sub>05</sub></i>	9	9	8	9
Моделирование загрязнения нефтью с пластовой водой				
0	100	100	100	100
2,5	37	52	66	28
5,0	11	41	52	7
10,0	0	0	0	0
<i>HCP<sub>05</sub></i>	11	13	12	12
Моделирование загрязнения мазутом				
0	100	100	100	100
2,5	65	64	68	67
5,0	52	50	69	50
10,0	35	39	46	31
<i>HCP<sub>05</sub></i>	8	8	8	9
Моделирование загрязнения керосином				
0	100	100	100	100
2,5	69	80	78	63
5,0	58	67	70	54
10,0	42	52	55	35
<i>HCP<sub>05</sub></i>	10	11	8	9
Моделирование загрязнения бензином				
0	100	100	100	100
2,5	60	76	61	58
5,0	53	61	70	42
10,0	44	50	38	33
<i>HCP<sub>05</sub></i>	8	10	12	10

Нефтяное загрязнение светло-каштановых почв приводит к снижению всхожести семян редиса в 1,6, 2,2 и 3,4 раза по сравнению с контролем. Длина побегов редиса на загрязненных почвах снижается до 69, 53 и 41 % от контроля. Длина корней снижается на 35, 47 и 59 % по сравнению с контролем. Общая биомасса редиса снижается до 23 %.

Загрязнение светло-каштановых почв нефтью с пластовой водой при дозе 10 % приводит к полной гибели семян редиса. Загрязнение дозой 5 % приводит к снижению всхожести на 89 % от контроля, доза загрязнителя 2,5 % уменьшает всхожесть редиса до 37 %. Длина побегов при дозе загрязнителя 2,5 % снижается на 48 %, доза 5 % приводит к снижению данного показателя на 59 % от контроля. При загрязнении светло-каштановых почв нефтью с пластовой

водой происходит снижение длины корней до 52 % по сравнению с контролем. Общая биомасса растений существенно снижается: так, при концентрации загрязняющего вещества 5 % биомасса снизилась до 7 %, при 2,5 % происходит снижение до 28 %.

Моделирование мазутного загрязнения на светло-каштановых почвах приводит к снижению всхожести семян редиса: так, всхожесть редиса при 2,5 %-ной дозе мазута снижается в 1,5 раза, при 5 %-ной дозе снижается в 1,9 раза, доза мазута 10 % снижает всхожесть семян редиса до 35 %. Длина побегов снижается на 36, 50 и 61 % соответственно. Длина корней уменьшается в 1,5, 1,4 и 2,2 раза по сравнению с контролем. Общая биомасса растений снижается от 67 % при минимальной дозе мазута до 31 % при максимальной концентрации мазута.

Загрязнение светло-каштановых почв различными дозами керосина приводит к снижению всхожести семян редиса соответственно на 31, 42 и 58 % по сравнению с контролем. Длина побегов редиса снижается до 52 % при максимальной концентрации керосина. Длина корней при дозе керосина 2,5 % уменьшается в 1,3 раза, при 5 %-ной концентрации керосина уменьшается в 1,4 раза, при 10 %-ной дозе керосина снижается в 1,8 раза в отличие от контроля. Общая биомасса растений при загрязнении светло-каштановой почвы керосином уменьшается до 35 %.

Внесение различных доз бензина в светло-каштановую почву также приводит к снижению всех исследуемых параметров растений. Всхожесть семян редиса при загрязнении бензином дозой 2,5 % снижается на 40 %, при 5 %-ной дозе бензина всхожесть снижается на 47 %, максимальная доза бензина вызывает снижение всхожести на 56 % от контроля. Длина побегов снижается на 24 % (2,5 % доза бензина), 39 % (5 % доза бензина), 50 % (10 % доза бензина). Длина корней снижается до 38 %. Общая биомасса редиса снижается от 58 % при минимальной дозе загрязнителя до 33 % при максимальной концентрации бензина.

На рис. 3, а также в табл. 5 представлены результаты влияния нефтепродуктов на фитотоксические свойства черноземов Калмыкии.

Нефтяное загрязнение черноземов приводит к снижению всхожести семян редиса: так, при дозе нефти 2,5, 5 и 10 % всхожесть снижается на 34, 52 и 64 % соответственно. Длина побегов при указанных дозах нефти снижается в 1,6, 2,0 и 2,7 раза по сравнению с контролем. Длина корней снижается в 1,7, 1,9 и 3,3 раза от контроля. Общая биомасса снижается при дозе нефти 2,5 % на 42 %, при концентрации нефти 5 % снижается на 58 %, при 10 %-ной дозе нефти уменьшается на 73 %.

Загрязнение черноземов нефтью с пластовой водой при дозе 2,5 % и 5 % приводит к снижению всхожести семян редиса на 47 % и 63 % соответственно, доза загрязнителя 10 % приводит к полной гибели семян. Длина побегов и корней редиса значительно ингибируется данным загрязнителем: так, даже минимальные его концентрации вызывают снижение исследуемых параметров на 50 %. Общая биомасса редиса при дозе нефти с пластовой водой 5 % снижается на 65 % от контрольных образцов.

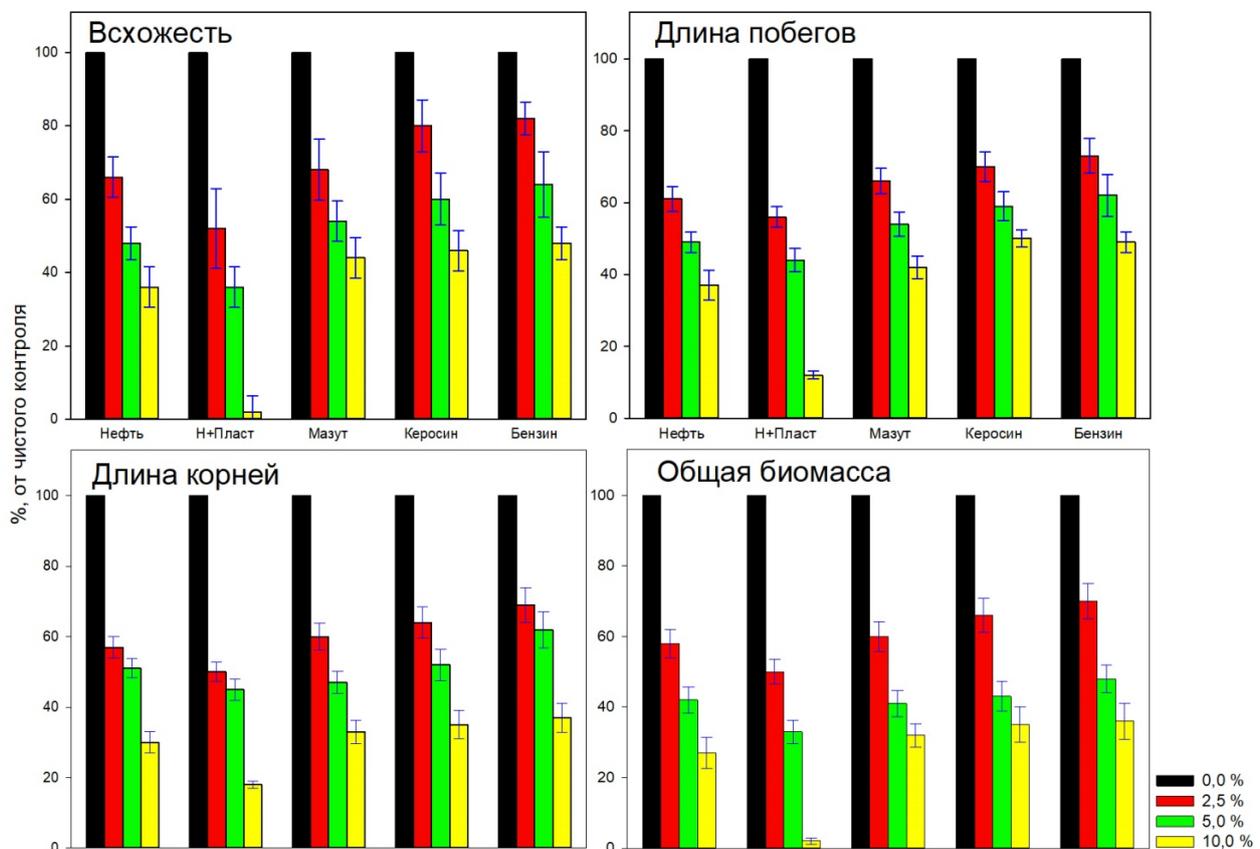


Рис. 3. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на фитотоксические свойства черноземной почвы

Fig. 3. The pollution impact by oil and oil products on phytotoxic properties of chernozem soil

Таблица 5

Table 5

 Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами  
на фитотоксические свойства черноземной почвы

## The pollution impact by oil and oil products on phytotoxic properties of chernozem soil

Доза загрязняющего вещества, %	Всхожесть	Длина побега	Длина корня	Общая биомасса
	%, к контролю			
Моделирование загрязнения нефтью				
0	100	100	100	100
2,5	66	61	57	58
5,0	48	49	51	42
10,0	36	37	30	27
<i>HCP<sub>05</sub></i>	9	9	10	8
Моделирование загрязнения нефтью с пластовой водой				
0	100	100	100	100
2,5	53	56	50	59
5,0	37	44	45	35
10,0	0	0	0	0
<i>HCP<sub>05</sub></i>	14	12	12	13
Моделирование загрязнения мазутом				
0	100	100	100	100
2,5	68	66	69	62
5,0	55	54	47	50
10,0	43	42	35	36
<i>HCP<sub>05</sub></i>	8	8	9	9
Моделирование загрязнения керосином				
0	100	100	100	100
2,5	83	70	68	61
5,0	64	59	62	43
10,0	46	50	37	35
<i>HCP<sub>05</sub></i>	9	9	10	11
Моделирование загрязнения бензином				
0	100	100	100	100
2,5	82	73	64	65
5,0	60	62	52	41
10,0	45	49	33	32
<i>HCP<sub>05</sub></i>	11	9	9	8

Мазутное загрязнение черноземов вызывает снижение всхожести семян редиса на 32, 45 и 57 % от контроля. Длина побегов при минимальной концентрации мазута снижается на 34 %, при максимальной дозе мазута – на 58 %. Длина корней снижается от 69 % до 35 % от контроля. Общая биомасса редиса уменьшается до 36 %.

Схожее действие на фитотоксичность черноземов оказывает загрязнение керосином и бензином. Всхожесть при максимальном загрязнении в среднем снижается на 45 %. Длина побегов снижается более чем на 50 %, длина корней снижается в среднем на 65 %. Общая биомасса снижается до 32 %.

### Заключение

В результате проведенного исследования доказано, что нефть и нефтепродукты, как пра-

вило, негативно влияют на рост и развитие растения тест-объекта; исключением в данной работе являются бурые полупустынные почвы: здесь при низких концентрациях керосина и мазута отмечено незначительное увеличение длины побега и корней редиса.

Таким образом, нами доказано, что почвы аридных территорий Республики Калмыкия неустойчивы к загрязнению нефтью и нефтепродуктами по показателям фитотоксичности.

Исследуемые нефтепродукты по степени влияния на изменения фитотоксических свойств бурых полупустынных, светло-каштановых и черноземных почв образовали следующий ряд: *нефть с пластовой водой* > *нефть* > *мазут* > *керосин* > *бензин*. По устойчивости к нефтяному загрязнению почвы образовали следующий ряд: *чернозем* > *светло-каштановые* > *бурые полупустынные*.

## Благодарности

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

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

## Библиографический список

1. Практикум по агрохимии / отв. ред. В. Г. Минеев. – Москва : Изд-во МГУ, 1989. – 303 с.
2. Практикум по почвоведению / отв. ред. И. С. Кауричев. – Москва : Мир, 1983. – 279 с.
3. Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 202 с.
4. Гайворонский, В. Г. Моделирование загрязнения чернозема слитого и бурой лесной почвы мазутом с целью установления его экологически безопасной концентрации / В. Г. Гайворонский, С. И. Колесников // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2008. – № 4. – С. 86–88.
5. Рубин, В. М. Оценка фитотоксичности нефтепродуктов в лабораторных условиях / В. М. Рубин, И. И. Ильюкова // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2014. – № 1 (45). – С. 73–76.
6. Динамика восстановления биологических свойств чернозема обыкновенного, загрязненного нефтью / И. В. Кутузова, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Ю. В. Акименко, Ю. С. Козунь и др. // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 104 (10). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/40.pdf>.
7. Околелова, А. А. Фитотоксичность нефтезагрязненных почв / А. А. Околелова, А. С. Мерзлякова, Н. В. Герман // Естественно-гуманитарные исследования. – 2014. – № 1 (3). – С. 26–31.
8. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность почв аридных экосистем юга России / Р. М. Дауд, Е. А. Астанина, Н. Ю. Шишко, А. А. Медведева, Ю. С. Бонадарева, С. И. Колесников // Почвы в биосфере : сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. – Новосибирск, 2018. – С. 219–221.
9. Гилязов, М. Ю. Изменение некоторых агрохимических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении его нефтью / М. Ю. Гилязов // Агрохимия. – 1980. – № 12. – С. 72–75.
10. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем / отв. ред. М. А. Глазовская. – Москва : Наука, 1988. – 254 с.
11. Adam, G. Effect of diesel fuel on growth of selected plant species / G. Adam, H. J. Duncan // Environmental Geochemistry and Health. – 1999. – № 21. – P. 353–357.
12. Никитская, Н. И. Оценка фитотоксичности нефтезагрязненных грунтов ООО «Природа-Пермь» Пермского края / Н. И. Никитская // Сохранить почвы России : сб. материалов V Всерос. съезда почвоведов. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 55.
13. Угрехелидзе, Д. Ш. Метаболизм экзогенных алканов и ароматических углеводов в растениях / Д. Ш. Угрехелидзе. – Тбилиси : Мецниереба, 1976. – 221 с.
14. Орлова, Е. Е. Деградация гумуса почв при нефтезагрязнении / Е. Е. Орлова, Л. Г. Бакина // Проблемы антропогенного почвообразования : тез. докл. Междунар. конф. – Москва, 1997. – Т. 2. – С. 175–176.
15. Джугарян, О. А. Экотоксикология техногенного загрязнения / О. А. Джугарян. – Смоленск : Ойкумена, 2000. – 280 с.
16. Киреева, Н. А. Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы / Н. А. Киреева, А. М. Митрофанова, Г. Г. Кузяхметов // Агрохимия. – 2001. – № 5. – С. 64–69.
17. Киреева, Н. А. Рост и развитие растений овса на почвах, загрязненных нефтью / Н. А. Киреева, Х. А. Юмагузина, Г. Г. Кузяхметов // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 5. – С. 48–54.
18. Назаров, А. В. Формирование растительности на экспериментальных загрязненных площадках / А. В. Назаров, С. А. Иларионов, Э. А. Азизова // Вестник Пермского университета. – 2000. – № 2. – С. 80–84.
19. Сангаджиева, Л. Х. Влияние нефтяного загрязнения на фитотоксичность светло-каштановых почв Калмыкии / Л. Х. Сангаджиева, Ц. Д. Даваева, А. А. Булуктаев // Вестник Калмыцкого университета. – 2013. – № 1 (17). – С. 44–47.
20. Ekundayo, E. O. Effects of crude oil spillage on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in soils of midwestern Nigeria / E. O. Ekundayo, T. O. Emede, D. I. Osayande // Plant Foods for Human Nutrition. – 2001. – № 56. – P. 313–324.
21. Колесников, С. И. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, М. Л. Татосян, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 2006. – № 5. – С. 616–620.
22. Булуктаев, А. А. Фитотоксичность и ферментативная активность почв Калмыкии при нефтяном загрязнении / А. А. Булуктаев // Юг России: экология, развитие. – 2017. – № 4. – С. 147–156.

## References

1. Mineev V. G. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow: Izd-vo MGU, 1989. 303 p.
2. Kaurichev I. S. *Praktikum po pochvovedeniyu* [Workshop on soil science]. Moscow: Izd-vo Mir, 1983. 279 p.

3. Kazeev K. SH., Kolesnikov S. I., Val'kov V. F. *Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy* [Biological diagnostics and indication of soils: methodology and methods of research]. Rostov-na-Donu: Izd-vo Rost. un-ta, 2003. 202 p.
4. Gajvoronskiy V. G., Kolesnikov S. I. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazkiy Region. Estestvennye Nauki* [Proceedings of higher education institutions. North Caucasus region. Natural sciences]. 2008. vol. 4. pp. 86–88.
5. Rubin V. M., Il'yukova I. I. *ZHurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Journal of Grodno State Medical University]. 2014. Vol. 1 (45). pp. 73–76.
6. Kutuzova I. V., Kolesnikov S. I., Kazeev K. SH., Akimenko YU. V., Kozun' YU. S. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [The scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2014. vol. 104 (10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/40.pdf>
7. Okolelova A. A., Merzlyakova A. S., German N. V. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya* [Natural and humanitarian research]. 2014. vol. 1 (3). pp. 26–31.
8. Daud R. M., Astanina E. A., SHishko N. YU., Medvedeva A. A., Bonadareva YU. S., Kolesnikov S. I. *Vliyanie zagryazneniya neft'yu na fitotoksichnost' pochv aridnykh ehkosistem yuga Rossii Pochvy v biosfere: sb. materialov Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyash. 50-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrokhimii SO RAN* [Influence of oil pollution on phytotoxicity of soils of arid ecosystems of the South of Russia: collection of articles of the all-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS.]. Novosibirsk, 2018. pp. 219–221.
9. Gilyazov M. YU. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 1980, vol. 12. pp. 72–75.
10. Glazovskaya M. A. *Vosstanovlenie neftezagryaznennykh pochvennykh ehkosistem* [Restitution of the oil-polluted soil ecosystems]. Moscow: Izd-vo Nauka, 1988. 254 p.
11. Adam G., Duncan H. J. [Environmental Geochemistry and Health]. 1999, vol. 21. pp. 353–357.
12. Nikitskaya N. I. *Otsenka fitotoksichnosti neftezagryaznennykh gruntov OOO «Priroda-Perm» Permskogo kraya Sokhranit' pochvy Rossii: sb. materialov V Vseros. s"ezda pochvovedov.* [Assessment of phytotoxicity of the oil-polluted soils of OOO Priroda-Perm of the Perm Krai. Keep soils of Russia: collection of articles of 5<sup>th</sup> All-Russian congress of soil scientists.] Rostov-na-Donu, 2008. P. 55.
13. Ugrehelidze D. SH. *Metabolizm ehkzogennykh alkanov i aromatcheskikh uglevodorodov v rasteniyakh* [Metabolism of exogenetic alkanes and aromatic hydrocarbons in plants]. Tbilisi: Izd-vo Metsniereba, 1976. 221 p.
14. Orlova E. E., Bakina L. G. *Degradatsiya gumusa pochv pri neftezagryaznenii. Problemy antropogennogo pochvoobrazovaniya: tez. dokl. Mezhdunar. konf.* [Degradation of a humus of soils under oil pollution. Problems of anthropogenic soil formation: abstracts of reports of the international conference] Moscow, 1997. vol. 2. pp. 175–176.
15. Dzhugaryan O. A. *EHkotosikologiya tekhnogennogo zagryazneniya* [Ecotoxicology of technogenic pollution]. Smolensk: Ojkmuna, 2000. 280 p.
16. Kireeva N. A., Mitrofanova A. M., Kuzyakhmetov G. G. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2001. vol. 5. pp. 64–69.
17. Kireeva N. A., YUmaguzina KH. A., Kuzyakhmetov G. G. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya* [Agricultural biology]. 1996. vol. 5. pp. 48–54.
18. Nazarov A. V., Ilarionov S. A., Azizova EH. A. *Vestnik Permskogo universiteta* [Bulletin of the Perm University]. 2000. vol. 2. pp. 80–84.
19. Sangadzhieva L. KH., Davaeva TS. D., Buluktaev A. A. *Vestnik Kalmytskogo universiteta* [Bulletin of the Kalmyk University]. 2013. vol. 1 (17). pp. 44–47.
20. Ekundayo E. O., Emede T. O. [Plant Foods for Human Nutrition]. 2001. vol. 56. pp. 313–324.
21. Kolesnikov S. I., Kazeev K. SH., Tatosyan M. L., Val'kov V. F. *Pochvovedenie* [Soil science]. 2006. vol. 5. pp. 616–620.
22. Buluktaev A. A. *YUg Rossii: ehkologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2017. vol. 4. pp. 147–156.