

УДК 581.5:632.122.2 + 631.466.1

**Абдыкадырова Рахат Эстебесовна**  
*аспирант, КТУ «Манас»*

**Тотубаева Нурзат Эрмековна**  
*доцент, к.б.н. КТУ «Манас»*

**ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ, В  
УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ:  
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БАЛЫКЧЫ**

**УЗАК МӨӨНӨТТҮҮ БУЛГАНУУ ШАРТТАРЫНДА МУНАЙ ПРОДУКТУЛАРЫ  
МЕНЕН БУЛГАНГАН ТОПУРАКТАРДЫ ФИТОТЕСТИРЛӨӨ:  
БАЛЫКЧЫ ШААРЫНЫН МИСАЛЫНДА**

**PHYTOTESTING OF SOILS CONTAMINATED WITH OIL PRODUCTS UNDER  
CONDITIONS OF LONG-TERM POLLUTION:  
ON THE EXAMPLE OF BALYKCHY CITY**

**Аннотация.** Поиск экспрессных, нетрудозатратных и достоверных методов оценки экологического состояния экосистем, загрязненных ксенобиотиками, является одной из актуальнейших задач ученых-экологов. Одним из перспективных методов, удовлетворяющих вышеуказанным требованиям является фитотестирование и фитоиндикация загрязненных экосистем. Разработка методов фитотестирования почв, загрязненных нефтепродуктами, является актуальным направлением при оценке и ремедиации загрязненных грунтов. Одним из объектов, вызывающих научный интерес является нефтезагрязненный грунт в г.Балыкчи. В результате утечки с трубы нефтебазы в городе Балыкчи, в конце 90-х г. прошлого столетия в грунт попало около 600 тонн нефтепродуктов. Проблема остается актуальной и до сегодняшнего дня, так как результативных мер по очистке и восстановлению загрязненных земель произведено не было. Вызывает научный интерес изучение и оценка фитотоксичности почв, загрязненных более 30 лет назад, и подбор оптимальных объектов для фитотеста как чувствительных, так и устойчивых видов.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, фитотест, фитоиндикация, микробиологический метод, почва, устойчивое развитие.

**Аннотация.** Ксенобиотиктер менен булганган экосистемалардын экологиялык абалын баалоонун экспресс, кымбат эмес жана так ыкмаларын издөө эколог окумуштууларынын эң актуалдуу милдеттеринин бири болуп саналат. Булганган экосистемаларды фитотест жана фитоиндикациялоо жогорудагы талаптарды канааттандырган келечектүү ыкмалардын бири болуп саналат. Нефть продуктулары менен булганган кыртыштарды фитотесттен өткөрүү методдору булганган кыртыштарды баалоодо жана рекультивациялоодо актуалдуу багыт болуп саналат. Балыкчы шаарындагы мунай менен булганган топурак илимий кызыгууну жараткан объектилердин бири. Өткөн кылымдын 90-жылдарынын аягында Балыкчыдагы нефтебазанын түтүкчөсүнөн агып кетүүнүн натыйжасында жерге 600 тоннага жакын мунай продуктулары түшкөн. Булганган жерлерди тазалоо жана калыбына келтирүү боюнча алгылыктуу чаралар көрүлбөгөндүктөн, көйгөй бүгүнкү күнгө чейин актуалдуу бойдон калууда. 30 жылдан ашык мурда булганган топурактын фитотоксиктигин изилдөө жана баалоо жана оптималдуу фитотест объекттерин, сезгич жана туруктуу түрлөрдү тандоо илимий кызыгууну жаратат.

**Негизги сөздөр:** мунайзаттар, фитотест, фитоиндикация, микробиологиялык ыкма, топурак, туруктуу өнүгүү.

**Abstract.** The search for express and reliable methods of assessing the ecological state of ecosystems polluted by xenobiotics is one of the most urgent tasks of scientists of ecologists. Phytotesting and phytoindication of contaminated ecosystems is one of the promising methods satisfying the above requirements. Methods of phytotesting of soils contaminated with oil products is an actual direction in the assessment and remediation of contaminated soils. One of the objects of scientific interest is oil-contaminated soil in Balykchy city. As a result of leakage from the pipe of the oil depot in Balykchy, in the late 90s of the last century, about 600 tonnes of oil products got into the ground. The problem remains actual till today, as no effective measures on cleaning and restoration of contaminated lands have been taken. It is of scientific interest to study and assess phytotoxicity of soils contaminated more than 30 years ago and to select optimal phytotest objects, both sensitive and resistant species.

**Key words:** oil products, phytotest, microbiological method, soil, sustainable development

## 1. Введение

Почва, как верхний геологический горизонт, представляет собой тело, сложившуюся под воздействием сложных геохимических, биологических и физических факторов. Ее фундаментальная роль в устойчивости экосистем, плодородии и циклах веществ делает почву неотъемлемым компонентом сельскохозяйственной деятельности и экологической устойчивости. Важность почвы в контексте биогеохимических и биологических циклов оказывает глубокое влияние на разнообразные аспекты природы и человеческой деятельности. Состояние почвы остается одним из приоритетных вопросов современности, и Иссык-Кульская область не является исключением. Особенно тревожит загрязнение почвы нефтью в городе Балыкчи, создавая угрозу экосистеме региона и качеству воды озера Иссык-Куль. Несколько инцидентов с разливом больших объемов не разлагающихся на почве масел были зафиксированы как основные причины серьезного вреда окружающей среде [1,2].

Кроме того, нефтяное минеральное масло широко признано как невозобновляемый источник с соединениями, которые практически не поддаются биодegradации [1–4].

Эта проблема, усугубляющаяся с каждым днем, вынуждает искать инновацион-

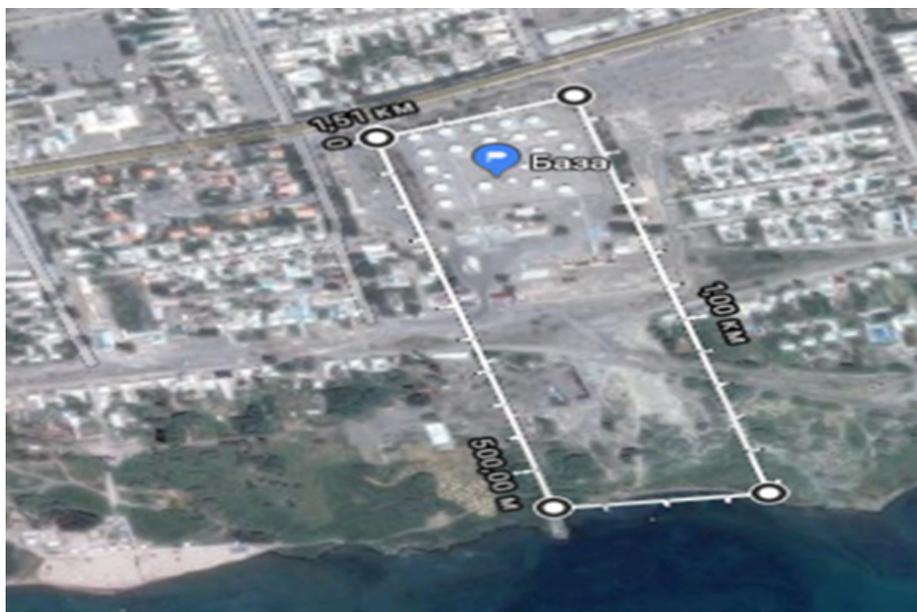
ные и экологически устойчивые методы очистки почвенного покрова. Для очистки почвы загрязненной нефтью самым оптимальным методом, является микробиологический метод, и здесь подчеркивается важность минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду при одновременном обеспечении высокой эффективности очистки почвы [5–7].

Активное использование методов фитотестирования в экологической почвенной науке представляет собой современную тенденцию, связанную с увеличением разнообразия загрязнителей и их источников [8–10].

В зависимости от используемого масштаба методы фитотестирования подразделяются на лабораторные, горшечные и микрогрядки, среди которых лабораторный вариант получил широкое распространение благодаря своей компактности, высокой чувствительности, низкой стоимости, хорошей сохранности тест-культур (семян растений) и кратковременной экспозиции семян. Увеличилось количество публикаций, посвященных его применению, увеличилось в период с 2005 по 2015 год в геометрической прогрессии. Несмотря на активное использование лабораторного фитотестирования, универсальной методики его проведения, как уже отмечалось, не существует [11].

Цель настоящей работы — подбор чувствительных и толерантных видов тест объектов пригодных для фитотестирования

почв загрязненных нефтепродуктами в условиях длительного загрязнения грунта, на примере г.Балыкчи.



*Рис.1. Исследуемый объект г. Балыкчы*

## 2. Методология

3. *Объект исследования.* Объектом исследования данной работы является город Балыкчы, расположенный в Иссык-Кульской области, Кыргызской Республики (рис.1).

Район города Балыкчы является самым засушливым местом Иссык-Кульской котловины. Средние годовые осадки-около 120 мм, испарение-около 1050 мм. Вода летом прогревается до 22-25°C. Зимой озеро не замерзает, но в январе, феврале появляются забереги. Ниже приведена карта г. Балыкчы.

*Отбор проб.* Пробы почвы были отобраны в г. Балыкчы с применением метода “конверта” на участке, загрязненном нефтепродуктами, а также проведен фоновый отбор почвенных образцов с целью сравнительного анализа почвенного состояния в зоне воздействия нефтепродуктов и соседних участках, не подвергшихся такому загрязнению.



*Рис. 2. Отбор почвы методом конверта*

### *Метод фитотестирования.*

Принцип методики основан на оценке влияния токсичных компонентов на интенсивность прорастания семян, на ранние стадии роста (общую биомассу и длину корней и наземной части) ряда растений (ISO 11269-2) [12].

Для фитотестирования были отобраны тест культуры: кресс салат (*Lepidium sativum* L1753), горчица (*Sinapis arvensis* L.), овес (*Avena Sativa*).

Эксперименты проводились в планшетах для фитотестирования размером

20×14×5 см. В контейнеры высевались по 10 семян каждого растения. В ходе эксперимента определяли, такие параметры, как всхожесть(%), длина ростка и корня.

Всхожесть была рассчитана по формуле:

$V_s = 100 - ((P - (T S K)) / K) \cdot 100$ , где  $V_s$ -всхожесть семян (%),  $P$ -количество пораженных семян (%),  $T$ -количество травмированных семян (%),  $K$  — поправочный коэффициент.

При статистической обработке рассчитывали средние арифметические значения и стандартные отклонения признаков, а для построения графиков использовали программу Excel из пакета программ Microsoft Office[13].

### 3. Результаты и обсуждения

Фитотестирование является наиболее оперативным и показательным методом при

оценке фитотоксичности почв загрязненных различными ксенобиотиками. Одной из наиболее актуальных вопросов является оценка загрязнения почв нефтепродуктами. В г.Балыкчи в результате прорыва труб вытекло более 600 тонн нефтепродуктов в грунт. Ремедиационные работы не были проведены. Сейчас уже прошло более 30 лет со дня аварии, экосистема все еще не восстановлена. Оценка фитотоксичности таких грунтов вызывает интерес. Результаты фитотестирования были представлены через 10 дней после посева. В качестве тест культур были выбраны: кресс салат (*Lepidium sativum L1753*), горчица (*Sinapis arvensis L.*), овес (*Avena Sativa*). В таблице 1 указаны результаты оценки фитотоксичности почв загрязненных нефтепродуктами.

Таблица 1

Тест культуры	Всхожесть (%)	Длина корней (мм) ср.ариф.	Длина стебля (мм) ср.ариф.
<b>Горчица</b>			
Фон	26,6	34,5	34,5
Балыкчы	6,6	25	25
<b>Овес</b>			
Фон	90	61,8	47,5
Балыкчы	100	71,8	50
<b>Кресс Салат</b>			
Фон	83	34,6	42,1
Балыкчы	40	25,4	30,8

Высокая всхожесть наблюдается у овса (90%, 100% фон и г. Балыкчы соответственно), менее слабая всхожесть у кресс салата (83%, 40% фон и г. Балыкчы соответственно). В образцах, где в качестве фитотеста были использованы горчица (*Sinapis arvensis L.*) нефтепродукты оказывали токсический эффект и полное ингибирование его роста.

Проведенные исследования позволили определить, что загрязненная нефтепродуктами почва по разному влияет на тест культуры. Горчица (*Sinapis arvensis L.*) оказалась в ряду очень чувствительных видов к загрязнению почв нефтепродуктами. Данный

вид очень чувствителен к загрязнению почв нефтепродуктами и может служить показателем токсичности почвы. Овес (*Avena Sativa*) может быть эффективным инструментом в фиторемедиации умеренно загрязненных почв нефтепродуктами. Его корни и корневая система способны абсорбировать загрязняющие вещества из почвы, такие как нефтепродукты или тяжелые металлы, способствуя их удалению и преобразованию в почве. Таким образом, проводить оценку почв загрязненных нефтепродуктами методами фитотестирования и фитоиндикации имеет перспективы и нуждается в дальнейшем развитии и разработке в местных условиях.

## Литература

1. *Sinan SS, Shawaludin SN, Jasni J, Azis N, Kadir MZAA, Mohtar MN.* Investigation on the AC breakdown voltage of RBDPO Olein. In: 2014 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA). 2014. p. 760–3.
2. *Sitorus HBH, Beroual A, Setiabudy R, Bismo S.* Comparison of streamers characteristics in jatropha curcas methyl ester oil and mineral oil under lightning impulse voltage. In: 2014 IEEE 18th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL). 2014. p. 1–4.
3. *Tokunaga J, Koide H, Mogami K, Hikosaka T.* Comparative studies on the aging of thermally upgraded paper insulation in palm fatty acid ester, mineral oil, and natural ester. IEEE Trans Dielectr Electr Insul. 2016;23(1):258–65.
4. *Mariprasath T, Kirubakaran V.* A critical review on the characteristics of alternating liquid dielectrics and feasibility study on pongamia pinnata oil as liquid dielectrics. Renew Sustain Energy Rev [Internet]. 2016;65:784–99. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116303665>
5. *Sanderson K, Módenes AN, Espinoza-Quiñones FR, Trigueros DEG, Júnior LAZ, Schuelter AR, et al.* Soybean plant-based toxicity assessment and phytoremediation of soils contaminated by vegetable and mineral oils used in power electrical transformers. Chemosphere. 2018;197:228–40.
6. *Sorana I.Ț, Mihăilescu S, Strat D, Gheorghe I.F.* Effects of oil pollution on seed germination and seedling emergence toxicity. Rom Biotechnol Lett. 2020;25(1):1194–201.
7. *Naowasarn S, Leungprasert S.* Bioremediation of Oil-contaminated Soil Using Chicken Manure. Soil Sediment Contam An Int J [Internet]. 2016 Oct 2;25(7):739–56. Available from: <https://doi.org/10.1080/15320383.2016.1213699>
8. *Kireeva N.A, Novoselova E.I, Shamaeva A.A, Grigoriadi A.S.* Biological activity of a leached chernozem contaminated with the products of combustion of petroleum gas and its restoration upon phytoremediation. Eurasian Soil Sci [Internet]. 2009;42(4):458–62. Available from: <https://doi.org/10.1134/S1064229309040139>
9. *Kolesnikov SI, Evreinova A V, Kazeev KS, Val'kov VF.* Changes in the ecological and biological properties of ordinary chernozems polluted by heavy metals of the second hazard class (Mo, Co, Cr, and Ni). Eurasian Soil Sci [Internet]. 2009;42(8):936–42. Available from: <https://doi.org/10.1134/S1064229309080122>
10. *Tynybaeva T, Kostina N, Terekhov A, Kurakov A.* The microbiological activity and toxicity of oil-polluted playa solonchaks and filled grounds within the Severnye Buzachi Oil Field (Kazakhstan). Eurasian Soil Sci. 2008 Jan 10;41:1115–23.
11. *Nikolaeva O V., Terekhova VA.* Improvement of laboratory phytotest for the ecological evaluation of soils. Eurasian Soil Sci. 2017;50(9):1105–14.
12. *Гумерова РХ, Селивановская СЮ, Галицкая ПЮ.* Тестирование Отходов, Почв, Материалов С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖИВЫХ СИСТЕМ. 2014;58.
13. *Totubaeva N, Tokpaeva Z, Uulu AA, Kojobaev K.* Microbiological diversity and biotechnological potential of the soil ecosystem of a high-mountainous landfill. Polish J Environ Stud. 2019;28(6):4429–35.