

УДК 579.69:504.53

БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ БЕНЗИНОМ**¹Рзагалиева А.Д., ¹Шаймерденова У.Т., ²Мусина У.Ш., ^{1,2}Джамалова Г.А.**¹*Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы,**e-mail: aksaule_1997@mail.ru;*²*ТОО «НДЦ АЕГ», Алматы*

Биоремедиация – это наиболее прогрессивный метод очистки и восстановления нефтезагрязненных почв, т.к. основан на использовании биотехнологических ресурсов живой природы, в частности, аборигенных микроорганизмов-деструкторов. В задачу исследования входило разработка модели биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами в местах нахождения автозаправочных станций. Материалами для проведения модельного эксперимента послужили: 1) экологически чистая темно-каштановая почва, отобранная в предгорной зоне Заилийского Алатау Талгарского района Алматинской области; 2) бензин трех марок (А-92, А-95 и А-98) был использован в качестве углеводородного продукта. В каждом двух повторном опыте использовано 200 г почвы. Почвы модельно были загрязнены бензином из расчета 262,1 г/кг; количество используемых сорбентов: опилки 7,3 г/кг, коксуйский сланцевый шунгит 5 г/кг. Температурный режим эксперимента находился на уровне 35°C. Исследование модельно загрязненных почв показало, что после факта загрязнения почв нефтепродуктами (на примере бензина трех марок) при оптимизации условий очистки (использование природных сорбентов, термофильный режим) происходит усиленное размножение нефтеокисляющих микроорганизмов и снижение концентрации нефтепродуктов.

Ключевые слова: почва, биоремедиация, бензин**BIOREMEDIATION OF SOILS CONTAMINATED WITH GASOLINE****¹Rzagalieva A.D., ¹Shaimerdenova U.T., ²Mussina U.S., ^{1,2}Jamalova G.A.**¹*Kazakh National Technical University named after K.I. Satpaev, Almaty,**e-mail: aksaule_1997@mail.ru;*²*LLP «SDC AEG», Almaty*

Bioremediation is the most advanced method of cleaning and restoration of oil-contaminated soils, because it is based on the use of biotechnological resources of living nature, in particular, native microorganisms-destructors. The task of the study was to develop a model of bioremediation of soils contaminated with gasoline at petrol stations. Materials for the simulation were as follows: 1) ecologically clean dark-chestnut soil, taken in the foothills of TRANS-Ili Alatau Talgar district of Almaty region; 2) gasoline of three grades (A-92, A-95 and A-98) was used as a hydrocarbon product. In each two repeated experiment 200 g of soil was used. The model soil was contaminated with gasoline from calculation 262,1 g/kg, the number of used sorbents: sawdust of 7,3 g/kg, koksuiski shale shungite 5 g/kg. The Temperature regime of the experiment was at the level of 35°C. The study of model contaminated soils showed that after the fact of soil contamination with oil products (for example, gasoline of three grades), while optimizing the conditions of purification (use of natural sorbents, thermophilic mode), there is an increased multiplication of oil-oxidizing microorganisms and a decrease in the concentration of oil products.

Keywords: soil, bioremediation, gasoline

Придавая первостепенное значение очистке почв, загрязненных нефтепродуктами (на примере бензина), и восстановлению их исходных качеств непосредственно в местах нахождения автозаправочных станций можно снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

От автозаправочных станций среднегодовые потери бензина для одного резервуара составляет около 6 т [1]:

1) в атмосферу выбрасываются пары бензина при:

– заполнении бензином резервуаров («большое дыхание»): зимой испаряется около 11, а летом – 23 л бензина при объеме резервуара 20 м³,

– суточных температурных (ночь/день) колебаниях («малое дыхание»): зимой испаряется 330 л бензина, летом – 690 л;

2) в почву разливается топливо при:

– заполнении резервуара,

– эксплуатации и ремонте резервуара,
– дорожно-транспортном происшествии.

Цель. Разработка модели биоремедиации почв, загрязненных бензином в местах нахождения автозаправочных станций.

Бензин, как топливо для двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением, представляет собой комплекс изомеров углеводородов от C₅H₁₂ (пентан) до C₁₂H₂₆ (додекан) [2].

Материал и методика исследования. Объектом для исследования послужили почвы, «модельно» загрязненные бензином.

Материалы для проведения модельного эксперимента: 1) экологически чистая темно-каштановая почва, отобранная в предгорной зоне Заилийского Алатау Талгарского района Алматинской области; 2) бензин трех марок (А-92, А-95 и А-98) был использован в качестве углеводородного продукта.

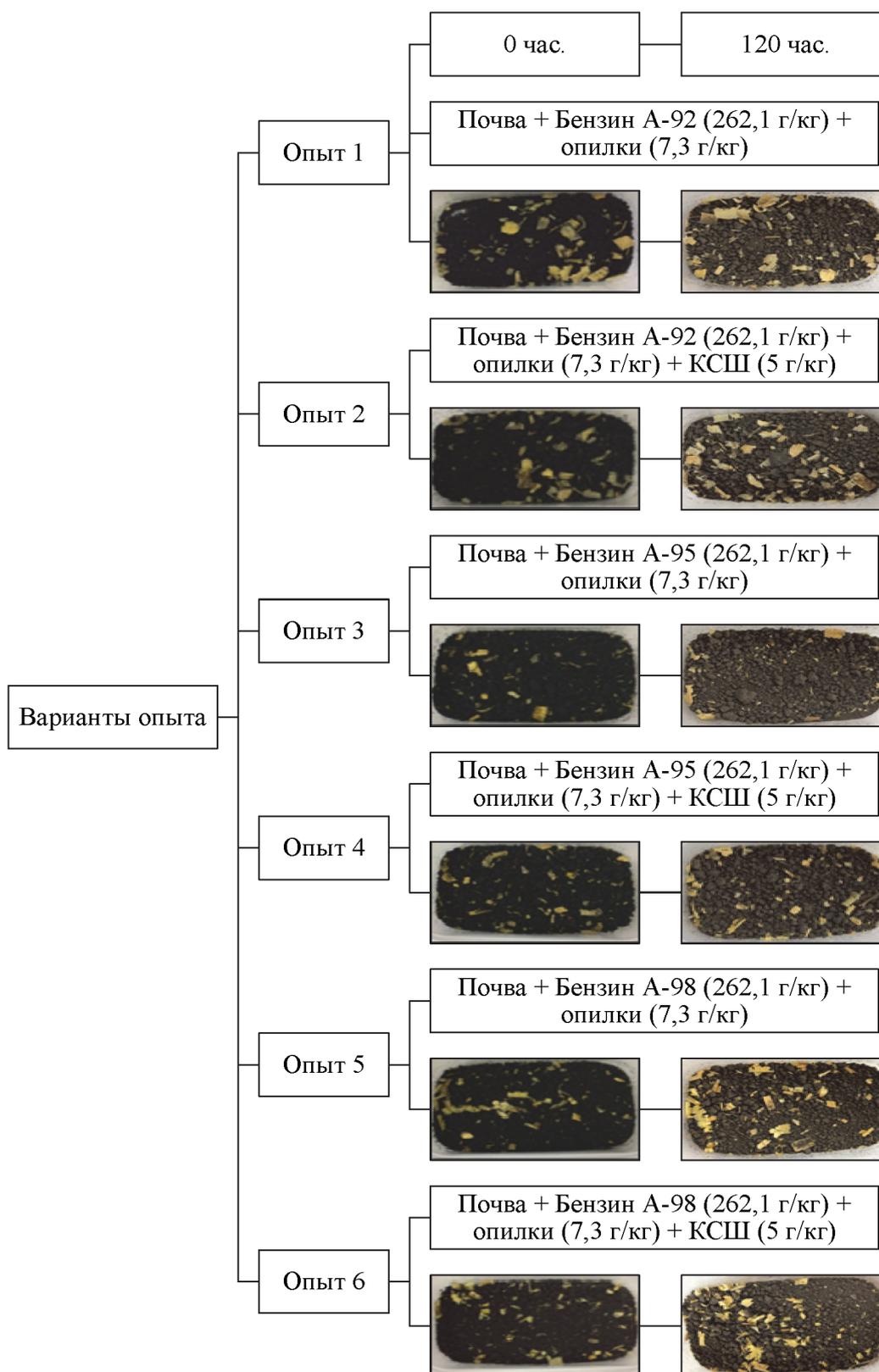


Схема проведения эксперимента по разработке биотехнологии очистки почвы от загрязнения нефтепродуктами (на примере трех марок бензина)

В маркировке бензинов буква «А» означает, что бензин автомобильный, цифры в марке – октановое число, определенное по моторному и исследовательскому методу [3].

Бензин марки экстра А-98 [4, 5], применяющийся в двигателях автомобилей высшего класса, готовят на базе бензина АИ-93 неэтилированного с добавлением ТЭС в количестве 0,82 г на 1 кг бензина, бензин марки премиум А-95 и регулярь А-92 получают на базе бензина каталитического риформинга (75–80 %) с добавлением толуола и алкилбензола, а для улучшения пусковых качеств добавляются легкие бензины прямой перегонки.

Работа выполнена на основе теоретических, аналитических и лабораторных методов исследования.

Схема проведения эксперимента по разработке биотехнологии очистки почвы от загрязнения нефтепродуктами (на примере трех марок бензина) представлена на рисунке.

Как видно из рисунка 1, эксперимент по разработке биотехнологии очистки почвы от загрязнения нефтепродуктами (на примере бензина) состоял:

в зависимости от марки используемого бензина – из трех вариантов:

- бензин марки А-92 – опыты № 1 и 2,
- бензин марки А-95 – опыты № 3 и 4,
- бензин марки А-98 – опыты № 5 и 6;

2) в зависимости от качества используемых сорбентов – из двух вариантов:

- опилки – опыты № 1, 3 и 5,
- опилки совместно с коксуйским сланцевым шунгитом – опыты 2, 4 и 6.

В дополнение следует отметить, что в каждом двух повторном опыте использовано 200 г почвы. Почвы модельно были

загрязнены бензином из расчета 262,1 г/кг, количество используемых сорбентов: опилки 7,3 г/кг, коксуйский сланцевый шунгит (КСШ) 5 г/кг. Температурный режим эксперимента 35°C.

Микробиологические исследования проводились, согласно Коршуновой Т.Ю. (2016) [6], на выявление деструкторов нефтепродуктов – микромицетов и бактерий рода *Bacillus*.

Для обнаружения микромицетов и бактерий рода *Bacillus* использовались Бакпечатки HiTouch, соответственно, FL011 и FL016.

Стерильная бакпечатка HiTouch, имеющая тройную упаковку, представляет собой чашку Петри, заполненную в объеме 5 мл питательной средой [7].

Результаты и обсуждение. Как известно, в производственных условиях успешно функционируют только те технологии, которые просты в эксплуатации и не требуют больших финансовых, трудовых и временных затрат. Именно эти аргументы и послужили основой для разработки модели проведения научного эксперимента по технологии биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами.

Влажность почв во всех вариантах опыта, в среднем, с 68 % снизилось по завершению эксперимента до 51 %. Исследуемые почвы из темно-коричневого маслянистого, вследствие «модельного» загрязнения бензином перед началом эксперимента, после опыта приобрели светло-коричневый цвет. Блеск, присущий почвам от нефтезагрязнения, обнаружен не был.

Результаты по химико-аналитическим исследованиям, проведенные согласно методике М 03–03–97 [8] представлены в таблице.

Результаты лабораторных исследований

Вариант опыта	Химико-аналитические		Микробиологические			
	Нефтепродукты, мг/кг		Бактерии рода <i>Bacillus</i>		Микромицеты	
	0 ч	120 ч	0 часов		120 часов	
			$\bar{X} \pm m_x$; КОЕ/г	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$; КОЕ/г	$C_v, \%$
Отобранная почва	-	-	$(4,0 \pm 0,4) 10^2$	10	$(4,5 \pm 0,3) 10^2$	6
1	262 100	14,7	$(6,0 \pm 1,1) 10^3$	8	$(4,5 \pm 0,3) 10^2$	4
2	262 100	10,4	$(3,0 \pm 0,3) 10^4$	6	$(2,0 \pm 0,1) 10^2$	8
3	262 100	10,4	$(1,0 \pm 0,1) 10^2$	9	$(2,0 \pm 0,2) 10^2$	7
4	262 100	11,4	$(2,5 \pm 0,3) 10^3$	7	$(1,5 \pm 0,1) 10^2$	8
5	262 100	10,8	$(4,0 \pm 0,1) 10^2$	11	$(2,5 \pm 0,4) 10^2$	6
6	262 100	11,2	$(1,5 \pm 0,7) 10^3$	9	$(2,0 \pm 0,1) 10^2$	7

Как видно из таблицы, содержание нефтепродуктов почти во всех вариантах опыта снизилось на 99%.

Согласно полученным результатам можно предположить, что на процесс очистки почв от нефтепродуктов повлияли такие факторы, как температурный режим, использование сорбентов и микробиоценоз почв. Полученные результаты подтверждают данные, полученные В.П. Коваленко (1990) и Туркаевой А. (2015) [9, 10], которые показали, что наибольший процент утилизации углеводородов нефти и нефтепродуктов происходит на 2–10 сутки.

Из данных, представленных в таблице 1 также следует, что рост колоний на плотном питательном агаре для бактерий рода *Bacillus* с первого уровня разведения в чистых почвах поднялся до третьего (опыты 1, 4, 6) и четвертого (опыт 2) уровня разведения, тогда как в опытах 3 и 5 – остался без изменения, по микромицетам – рост колоний на плотном питательном агаре во всех вариантах опыта и в контроле был зафиксирован на уровне второго разведения. Относительно низкий коэффициент вариации (4–11%) свидетельствует об однородности в обсеменении почв, загрязненные бензином разных марок.

Заключение. Биоремедиация – это наиболее прогрессивный метод очистки и восстановления нефтезагрязненных почв [11], т.к. основан на использовании биотехнологических ресурсов живой природы – аборигенных микроорганизмов-деструкторов.

Исследование модельно загрязненных почв показало, что после факта загрязнения почв нефтепродуктами (на примере бензина трех марок) при оптимизации условий очистки (использование природных сорбентов, термофильный режим) происходит усиленное размножение нефтеокисляющих микроорганизмов и снижение концентрации нефтепродуктов.

Список литературы

1. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
2. Рудзитис Г.Е., Фельдман Ф.Г. Домашняя работа по химии за 10 класс к учебнику «Химия. 10 класс»: Учебно-практическое пособие, 2000. – 128 с.
3. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. – М.: Колос С, 2007. – 199 с.
4. Стуканов В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. Лабораторный практикум. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М. – С. 2006–208.
5. Коледова Г.И. Товарные нефтепродукты, их свойства и применение (справочник) Издательство «Химия». – М., 1971. – 414 с.
6. Биотехнологический потенциал бактерии *Pseudomonas* sp. Иб-1. I как основы полифункционального биопрепарата / Коршунова Т.Ю., Четвериков С.П., Валиуллин Э.Г., Логинов О.Н. // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биология. – 2016. – № 1 (16). – С. 93–99.
7. HiMedia Laboratories Pvt. Limited (Индия). – URL: <http://www.himedialabs.ru> (дата обращения: 29.10.2017).
8. М 03–03–97. Методика выполнения измерения массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы.
9. Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнения – М.: Недра, 1990. – 140–141 с.
10. Turkayeva A., Jamalova G., Mussina U., Oshakbayev M., Timma L., Pubule Je., Blumberga D. Chemical and microbiological nature of produced water treatment biotechnology // Energy Procedia 113 (2017). P. 116–120.
11. Вельков В.В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы // Биотехнология. – 1995. – №3–4. – С. 20–27.