

**ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ЖӘНЕ ГЕОГРАФИЯ ҒЫЛЫМДАРЫНЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ И
ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК ACTUAL PROBLEMS OF NATURAL
AND GEOGRAPHICAL SCIENCES**

FTAMP 34.27.23

<https://doi.org/10.51889/3005-6217.2024.80.2.015>

Г.А. Спанкулова*, А.К. Саданов

«Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС,

Алматы, Қазақстан

e-mail: gulzhan_aspan@mail.ru

**МҰНАЙТОТЫҚТЫРҒЫШ БАКТЕРИЯЛАР НЕГІЗІНДЕГІ
АССОЦИАЦИЯЛАРДЫҢ МҰНАЙ МЕН МҰНАЙӨНІМДЕРІМЕН ЛАСТАНҒАН
ТОПЫРАҚТЫ ТАЗARTУ МҰМКІНДІГІН ЗЕРТTEУ**

Аңдатпа

Мақалада мұнай және мұнайөнімдерімен ластанған топырақты мұнайтотықтырғыш деструктор-бактериялардан құралған белсенді ассоциацияларды қолдану арқылы тазарту бойынша жүргізілген зертханалық модельдік тәжірибе қарастырылған. Мұнай және мұнай-өнімдері биосфераны ең көп таралған ластаушы заттардың қатарына жатады. Осы мақсаттарда механикалық және физикалық-химиялық тазарту әдістерін қолдану мүмкіндіктері шектеулігіне (дәлірек айтсақ, қоршаған ортаға зиянын тигізетіні) байланысты қоршаған ортаны мұнаймен ластанудан тазарту мәселесі өзекті болып отыр. Осыған байланысты соңғы кезде мұнай ластануын тазартудың биологиялық әдісі ғалымдардың назарын көбірек аударып келеді. Биологиялық әдіс көміртегінің жалғыз көзі ретінде мұнай мен мұнайөнімдерінің көмірсутектерін пайдалануға қабілетті микроорганизмдерді пайдалануға негізделген. Зертханалық модельдік тәжірибе белсенді Ассоциация I (*Rhodococcus sp.* 1D/1, *Tessaracoccus sp.* 13/8, *Dietzia sp.* 13/4) мен Ассоциация II (*Gordonia sp.* 12/5, *Dietzia sp.* 12/7, *Rhodococcus erythropolis* 14/1, *Arthrobacter sp.* 15/3) және осы ассоциациялармен бірге органоминералды тыңайтқыштарды (NPK + көң) бірге енгізу арқылы жүргізілген. Тәжірибе нәтижелері мұнайтотықтырғыш бактериялардан құралған белсенді ассоциациялармен бірге органоминералды тыңайтқыш енгізу топырақты мұнай мен мұнайөнімдерінен тазартуда тиімді ықпал ететінін көрсетті. Зертханалық тәжірибе барысында Ассоциация II органоминералды тыңайтқышпен бірге және органоминералды тыңайтқышсыз да мұнай және мұнайөнімдерін деструкциялауда жоғары нәтиже көрсеткенін анықтады.

Түйін сөздер: мұнайтотықтырғыш бактериялар, биоремедиация, деструкция, мұнай, мұнайөнімдері, органоминералды тыңайтқыштар.

*Спанкулова Г.А. *, Саданов А.К.*

*ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии», Алматы, Казахстан
e-mail: gulzhan_aspan@mail.ru*

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ АССОЦИАЦИЙ НА ОСНОВЕ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ.

Аннотация

Рассмотрен лабораторный модельный эксперимент по очистке почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами, с помощью активных ассоциаций на основе нефтеокисляющих бактерий-деструкторов. Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее распространенным загрязнителям биосферы. Проблема очистки окружающей среды от нефтяных загрязнений приобретает все большую остроту в связи с ограниченностью возможностей (точнее экологического вреда) применения для этих целей механических и физико-химических способов очистки. В связи с этим в последнее время все больше внимание ученых привлекает биологический метод очистки от нефтяных загрязнений. Биологический метод основан на применение микроорганизмов, способных использовать углеводороды нефти и нефтепродуктов в качестве единственного источника углерода. Лабораторный модельный эксперимент проведен с активными ассоциациями: Ассоциация I (*Rhodococcus sp.* 1D/1, *Tessaracoccus sp.* 13/8, *Dietzia sp.* 13/4) и Ассоциация II (*Gordonia sp.* 12/5, *Dietzia sp.* 12/7, *Rhodococcus erythropolis* 14/1, *Arthrobacter sp.* 15/3) и совместным внесением органоминеральных удобрений (NPK + навоз) с этими ассоциациями. Результаты эксперимента показали, что внесение органоминеральных удобрений с активными ассоциациями на основе нефтеокисляющих бактерий оказывает эффективное воздействие на очистку почвы от нефти и нефтепродуктов. В ходе лабораторного эксперимента Ассоциация II показала высокие результаты по утилизацию нефти и нефтепродуктов с применением и без применения органоминеральных удобрений.

Ключевые слова: нефтеокисляющие бактерии, биоремедиация, деструкция, нефть, нефтепродукты, органоминеральные удобрения.

*G. Spankulova *, A. Sadanov*

*LLP "Research and Production Center for Microbiology and Virology", Almaty, Kazakhstan
e-mail: gulzhan_aspan@mail.ru*

STUDY OF THE POSSIBILITY OF ASSOCIATIONS BASED ON OIL OXIDIZING BACTERIA TO CLEAN UP SOIL CONTAMINATED BY OIL AND OIL PRODUCTS

Abstract

The article discusses a laboratory model experiment on cleaning soil contaminated with oil and petroleum products using active associations based on oil-oxidizing bacteria-destructors. Oil and petroleum products are among the most common pollutants of the biosphere. The problem of cleaning the environment from oil pollution is becoming increasingly acute due to the limited possibilities (more precisely, environmental harm) of using mechanical and physico-chemical cleaning methods for these purposes. In this regard, recently the biological method of cleaning up oil pollution has attracted more and more attention from scientists. A laboratory model experiment was carried out with active associations: Association I (*Rhodococcus sp.* 1D/1, *Tessaracoccus sp.* 13/8, *Dietzia sp.* 13/4) and Association II (*Gordonia sp.* 12/5, *Dietzia sp.* 12/7, *Rhodococcus*

erythropolis 14/1, *Arthrobacter* sp. 15/3) and joint application of organomineral fertilizers (NPK + manure) with these associations. The results of the experiment showed that the application of organomineral fertilizers with active associations based on oil-oxidizing bacteria has an effective effect on cleaning the soil from oil and oil products. During a laboratory experiment, Association II showed high results in the destruction of oil and petroleum products with and without the use of organomineral fertilizers.

Keywords: oil-oxidizing bacteria, bioremediation, destruction, oil, petroleum products, organomineral fertilizers.

Негізгі ережелер. Интенсивті мұнай өндіретін аймақтарда соңғы 10-15 жылдықтарда қоршаған ортаның айтарлықтай нашарлауы топырақтың деградациясына байланысты болды. Бұл негізінен мұнай және мұнай өнімдерінің төгілуі нәтижесінде мұнай өндіру процесінің барлық дерлік кезеңдерінде пайда болатын топырақтың ластануымен байланысты. Қоршаған ортаны ластанудан тазарту шараларының ішінде мұнайды жоюдың микробиологиялық әдістерін күшейту маңызды орын алады. Бұл жағдайда ластанған объектілердің табиғи микрофлорасын белсендіру мен бірге мұнай мен мұнайөнімдерін ыдыратуға қабілетті, белсенді бактерия штамдарынан құралған биопрепараттарды енгізудің маңызы зор. Биопрепараттар жасау үшін мұнайотықтырғыш микроорганизмдердің мұнай мен мұнайөнімдерін жоюға қабілетті белсенді штамдарын таңдап алып, солардың негізінде белсенді ассоциациялар құру қажет. Биологиялық әдістің тиімділігі зертханалық және далалық тәжірибелермен дәлелденеді, яғни табиғи ресурстарды көктем-жаз уақытында қолдануға қарамастан, пайдалану анағұрлым экологиялық және экономикалық жағынан тиімді.

Кіріспе. Мұнай және мұнай өнімдері қоршаған ортаны ластаушы заттардың ішінде ең көп таралған. Оның төгілуі организмдердің өлуіне, экожүйелердің қасиеттерінің өзгеруіне және олардың деградациясына әкеледі. мұнаймен ластану ХХ ғасырдың аяғында жаһандық масштабты мәселеге ие болды. Себебі, мұнай ең көп қолданылатын энергия көзіне айналды. Қазіргі заманғы мұнай өндірудегі шығын жылына ондаған миллион тоннаны құрайды. Мұнаймен ластанған аймақтардағы биоценоздардың өзін-өзі қалпына келтіру үрдісі өте ұзақ және 10-25 жылға созылады [1].

Экожүйедегі мұнайдың концентрациясын төмендететін көптеген әдістердің ішінде көмірсутекті тотықтырғыш микроорганизмдер: бактериялар, микроскопиялық саңырауқұлақтар және ашытқылар қатысатын табиғаттағы мұнай ыдырауының табиғи үрдістеріне негізделген биологиялық әдістер ең перспективті болып табылады. Биологиялық кәдеге жарату әдістері көміртегінің жалғыз көзі ретінде мұнай көмірсутектерін пайдалануға қабілетті микроорганизмдерді пайдалануға негізделген. Қоршаған ортаны ластанудан тазарту шараларының ішінде мұнайды жоюдың микробиологиялық әдістерін күшейту маңызды орын алады. Бұл жағдайда ластанған объектілердің табиғи микрофлорасын белсендіру ғана емес, сонымен қатар белсенді мұнай деструкциялаушы-штамдар негізінде құрылған биологиялық препараттарды енгізу ұсынылады.

Мұнаймен ластанған топырақты рекультивациялауда минералды және органикалық тыңайтқыштарды қолдану қажеттілігі туралы көптеген авторлардың пікірлері сәйкес келеді, бірақ ұсынылған тыңайтқыштардың мөлшері айтарлықтай өзгереді. Табиғи жағдайда көмірсутектерді жою процесі көбінесе қолайсыз экологиялық жағдайлармен шектеледі. Белгілі бір элементтері жоқ микроорганизмдерде көмірсутектотықтыру белсенділігінің күрт төмендеуі байқалады, бұл биоремедиация процесінің тоқтауына әкеледі [2]. Бұндай жағдайда зертханалық тәжірибелер барысында ластанған топырақ үлгілерін пайдалану, ластанған нысанға қанша мөлшерде және анық қандай кешендер енгізу керектігі анықталады, яғни ластаушыларды ыдыратуға қабілетті микроорганизмдердің өсімін реттейді. Мұнаймен ластануды

жоюды тездету үшін минералды тыңайтқыштар [3, 4], мысалы, нитроаммофоска, құрамында азот, фосфор, калий, сондай-ақ органикалық тыңайтқыштар - көң қолданылады [5].

Зерттеу жұмысының мақсаты - мұнайотықтырғыш бактериялар негізінде құралған ассоциациялардың мұнай мен мұнай өнімдерімен ластанған топырақты тазарту бойынша модельдік зерттеулер жүргізу.

Материалдар мен әдістер. Құрылған ассоциациялардың мұнай деградациясына әсерін зерттеу үшін модельдік тәжірибелер жүргізу үшін Қызылорда облысының таза топырағы қолданылды. Ыдысқа 300 г топырақ салынды, содан кейін көлемі бойынша 5% және 10% мөлшерінде мұнай және мұнайөнімдерімен (мазут, дизельді отын) жасанды түрде ластанды. Содан кейін органикалық -минералды тыңайтқыштары суспензия түрінде қосылды (ОМТ-орғано-минаралды тыңайтқыш - Нитроаммофоска NPK + көң). ОМТ ластанудан 7 күн өткен соң енгізілді. Титрі 10^9 жасуша/мл болатын микроорганизмдердің суспензиясы 5 мл мөлшерінде енгізілді. Топырақты ылғалдандыру және қопсыту кезенді түрде жүргізіліп отырды. Тәжірибе бөлме температурасында (22-28 °С) табиғи жарық жағдайында 90 күн бойы жүргізілді, тұрақты суару жүргізілді. Топырақтан сынама алу микробиологиялық және физика-химиялық анализге топырақ сынамаларын алу мен дайындаудың белгіленген әдісіне [6, 7] сәйкес жүргізілді.

Кесте 1– Мұнай және мұнай өнімдерінің модельдік тәжірибесінің үлгілерінің тізімі

Р/н	Үлгілер
1	2
1	Бақылау 1 (Таза топырақ)
1	2
2	Бақылау 2 (Топырақ + 5 % мұнай)
3	Топырақ + 5 % мұнай + Ассоциация I
4	Топырақ + 5 % мұнай + Ассоциация II
5	Бақылау 3 (Топырақ + 5 % мұнай + ОМТ)
6	Топырақ + 5 % мұнай + Ассоциация I + ОМТ
7	Топырақ + 5 % мұнай + Ассоциация II + ОМТ
8	Бақылау 4 (Топырақ + 5 % мазут)
9	Топырақ + 5 % мазут + Ассоциация I
10	Топырақ + 5 % мазут + Ассоциация II
11	Бақылау 5 (Топырақ + 5 % мазут + ОМТ)
12	Топырақ + 5 % мазут + Ассоциация I + ОМТ
13	Топырақ + 5 % мазут + Ассоциация II + ОМТ
14	Бақылау 6 (Топырақ + 5 % ДО)
15	Топырақ + 5 % ДО(дизельді отын) + Ассоциация I
16	Топырақ + 5 % ДО + Ассоциация II
17	Бақылау 7 (Топырақ + 5 % ДО + ОМТ)
18	Топырақ + 5 % ДО + Ассоциация I + ОМТ
19	Топырақ + 5 % ДО + Ассоциация II + ОМТ
20	Бақылау 2 ¹ (Топырақ + 10 % мұнай)
21	Топырақ + 10 % мұнай + Ассоциация I
22	Топырақ + 10 % мұнай + Ассоциация II
23	Бақылау 3 ¹ (Топырақ + 10 % мұнай + ОМТ)

24	Топырақ + 10 % мұнай + Ассоциация I + ОМТ
25	Топырақ + 10 % мұнай + Ассоциация II + ОМТ
26	Бақылау 4 ¹ (Топырақ + 10 % мазут)
27	Топырақ + 10 % мазут + Ассоциация I
28	Топырақ + 10 % мазут + Ассоциация II
29	Бақылау 5 ¹ (Топырақ + 10 % мазут + ОМТ)
30	Топырақ + 10 % мазут + Ассоциация I + ОМТ
31	Топырақ + 10 % мазут + Ассоциация II + ОМТ
32	Бақылау 6 ¹ (Топырақ + 10 % ДО)
33	Топырақ + 10 % ДО + Ассоциация I
34	Топырақ + 10 % ДО + Ассоциация II
35	Бақылау 7 ¹ (Топырақ + 10 % ДО + ОМТ)
36	Топырақ + 10 % ДО + Ассоциация I + ОМТ
37	Топырақ + 10 % ДО + Ассоциация II + ОМТ

Зертханалық модельдік тәжірибеде мұнай мен мұнай өнімдерінің деструкциялану дәрежесі 1 және 3 айдан кейін гравиметриялық әдіспен анықталды [8].

Нәтижелер. Топырақтың мұнай және мұнай өнімдерімен ластану нәтижесінде топырақтың азот режимінің бұзылуы негізгі қоректік заттардың мөлшерінің төмендеуіне әкеледі. Топырақтың биогенді элементтермен - азотпен, фосформен және калиймен қамтамасыз етілуі мұнай және өнімдерін өндеуде олардың ыдырау жылдамдығын анықтайтын маңызды фактор екені белгілі. Биогенді заттардың жетіспеушілігін топыраққа минералды тыңайтқыштарды енгізу арқылы толтыру керек. Көмірсутектердің ең қарқынды ыдырауы құрамында NPK бар тыңайтқыштар кешенін көңмен бірге енгізгенде болады [9, 10]. Әдебиеттердегі мәліметтер бойынша [11, 12, 13, 14] азот-фосфор тыңайтқышымен өндеу топырақтың аборигенді мұнайототықтырғыш микрофлорасын ынталандыратыны белгілі. Сондықтан тәжірибеде ассоциациялармен бірлесіп органоминералды тыңайтқыштар (азофоска (нитроаммофоска) және көң) қолданылды.

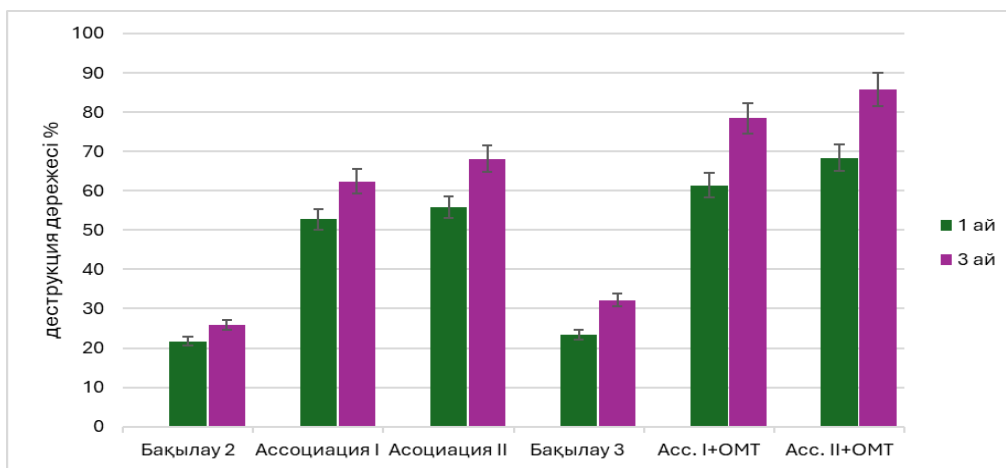
Бізде зерттеу жұмысымызда зертханалық модельдік тәжірибемізді белсенді ассоциациялармен бірге органоминералды тыңайтқыштарды (NPK + көң) бірге енгізу және органоминералды тыңайтқыштарсыз тек ассоциациялардың өздерін ғана енгізу арқылы жүргіздік.

Топырақтағы мұнай мен мұнай өнімдерін деструкциялау бойынша модельдік тәжірибені жүргізу үшін келесі белсенді 2 ассоциация таңдалды:

1. *Rhodococcus sp.* 1D/1, *Tessaracoccus sp.* 13/8, *Dietzia sp.* 13/4 штамдарынан құралған - Ассоциация I-;

2. *Gordonia sp.* 12/5, *Dietzia sp.* 12/7, *Rhodococcus erythropolis* 14/1, *Arthrobacter sp.* 15/3 штамдарынан құралған - Ассоциация II.

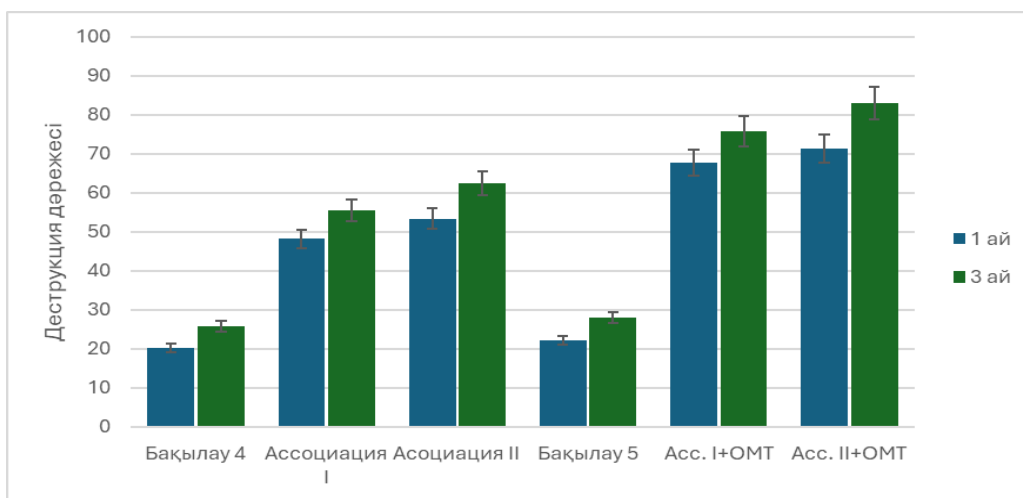
1 және 3 айдан кейін таңдап алынған ассоциациялар мен ОМТ қосылған ассоциациялардың көмегімен топырақтың мұнай мен мұнайөнімдерінен тазартылу дәрежесі анықталды. Зерттеу нәтижелері тек қана ассоциациялар бар нұсқаларда топырақтағы мұнайдың жойылу дәрежесі оның 5% ластану мөлшерінде 1 айдан кейін 52,8-55,8% және 3 айдан кейін 62,4-68,1% құрайтынын көрсетті. Бақылау үлгілерінде мұнайдың мөлшері өздігінен микрофлораның дамуына байланысты сәйкесінше 21,7% және 25,8% төмендеді (Сурет - 1).



Сурет– 1. 1 және 3 айдан кейін 5% ластану кезінде белсенді ассоциацияларымен мұнайдың деструкциялану дәрежесі

Ассоциациямен бірлесіп ОМТ енгізу топырақты мұнайдан тазарту қарқынының артуына ықпал етті. Мәселен, бір айдан кейін мұнай мөлшері 61,4-68,4%-ға, ал үш айдан кейін 78,47-85,7%-ға төмендеді. ОМТ қосылған бақылау нұсқасында топырақтағы мұнайдың жойылу дәрежесі 3 айдан кейін 8,8%-ға өсті.

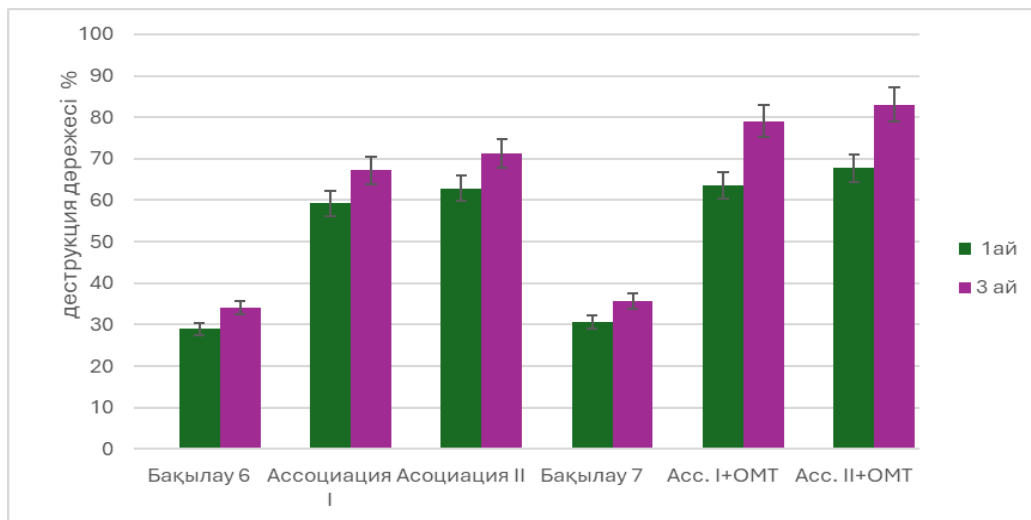
Топырақтағы мазуттың жойылу дәрежесі оның 5% мөлшерінде 3 айдан кейін тек ассоциациялардың өздерін ғана енгізу кезінде 55,4-62,4% және ассоциациялар мен бірге ОМТ енгізу кезінде 75,8-83,1% құрады (Сурет - 2).



Сурет –2. 1 және 3 айдан кейін 5% ластану кезінде белсенді ассоциацияларымен мазуттың жойылу дәрежесі

Бақылау үлгілерінде осы уақыт аралығында мазут мөлшері 25,8%-ға азайған. ОМТ қосу өздігінен микрофлораның белсендірек дамуына ықпал етті, бұл тазарту дәрежесінің 5,6%-ға артуына әкелді.

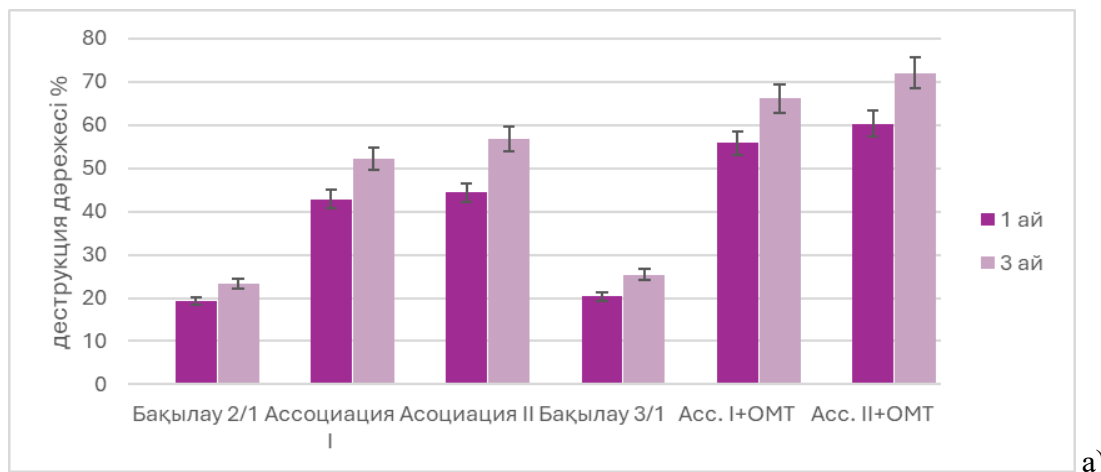
Құрамында 5% болған дизельді отынның топырақта жойылуы белсендірек болды және тәжірибелік нұсқаларда 1 айдан кейін 59,2-67,7% және 3 айдан кейін 67,2-83,1% құрады (Сурет - 3).



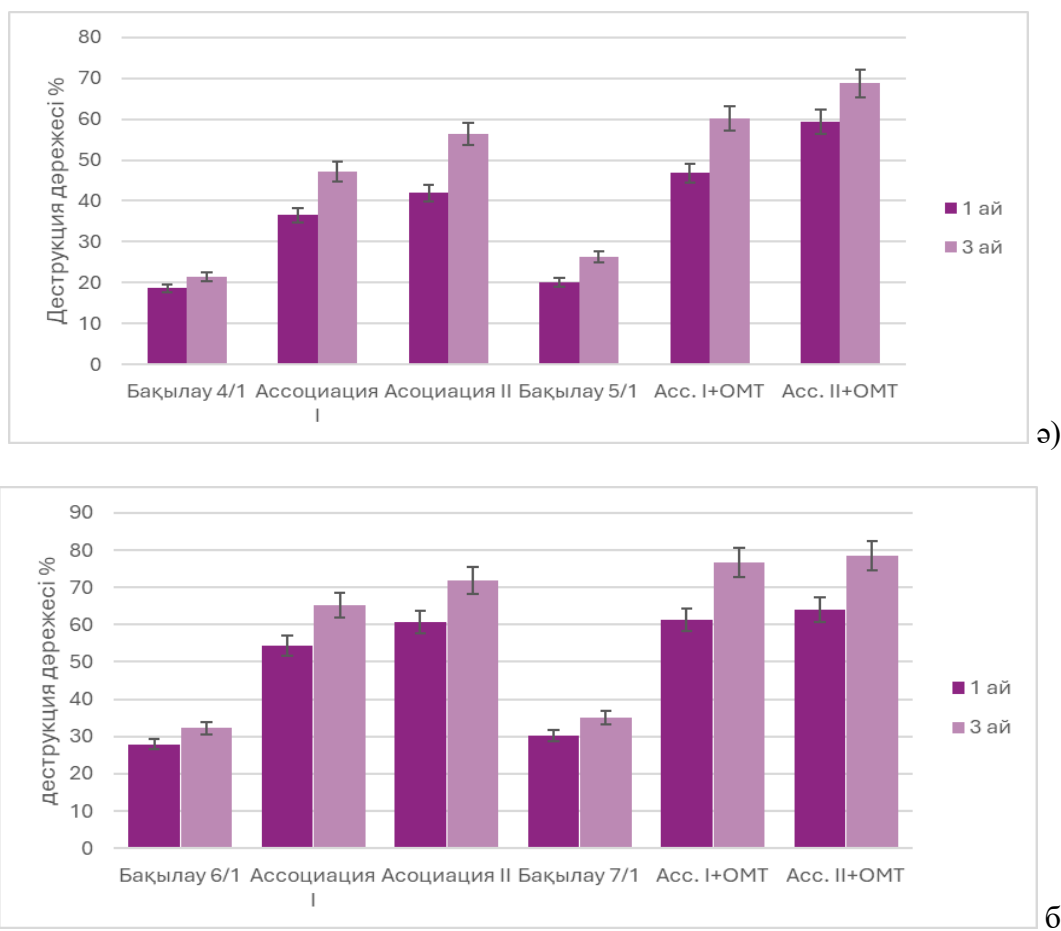
Сурет –3. 1 және 3 айдан кейін 5% ластану кезінде белсенді ассоциацияларымен дизельді отынның жойылу дәрежесі

Бақылау үлгілерінде дизель отынының мөлшері сәйкесінше 28,9% және 34,1% төмендеді. Ластанған топыраққа ОМТ қосқанда мұнай өнімінің жойылу дәрежесі 30,7% және 35,7% дейін өсті.

Топырақтағы мұнай мен мұнай өнімдерінің құрамының 10%-ға дейін артуы кезінде ассоциациялар өздерінің жоғары белсенділігін сақтап қалды. Үш айдағы мұнайдың төмендеуі ассоциацияларды ОМТ-сыз және ОМТ-пен бірге енгізу кезінде тиісінше 52,3- 56,8% және 66,2- 72,1% құрады. Осы уақыт аралығында топырақтағы мазут мөлшері 47,2- 68,8%-ға, ал дизельдік отын 65,2-78,4%-ға төмендеді (Сурет - 4).



а)



Сурет – 4. Белсенді ассоциациялардың 1 және 3 айдан кейін 10 % ластану деңгейіндегі көмірсутектерді деструкциялау дәрежесі

Ескерту: а – мұнай, ә – мазут, б – дизельді отын.

Тәжірибе нәтижелері мұнай және мұнай өнімдерімен 5% және 10% ластану кезінде мұнайототықтырғыш микроорганизмдерден құралған ассоциациялармен бірге ОМТ (органоминералды тыңайтқыштар) енгізу топырақты мұнай мен мұнай өнімдерінен тазартуда тиімді болатынын көрсетті.

Талқылау. Топырақтың мұнай және мұнай өнімдерімен ластану нәтижесінде топырақтың азот режимінің бұзылуы негізгі қоректік заттардың мөлшерінің төмендеуіне әкеледі. Топырақтың биогенді элементтермен - азотпен, фосформен және калиймен қамтамасыз етілуі мұнай және өнімдерін өндеуде олардың ыдырау жылдамдығын анықтайтын маңызды фактор екені белгілі. Биогенді заттардың жетіспеушілігін топыраққа минералды тыңайтқыштарды енгізу арқылы толтыру керек. Көмірсутектердің ең қарқынды ыдырауы құрамында NPK бар тыңайтқыштар кешенін көңмен бірге енгізгенде болады [9, 10]. Әдебиеттердегі мәліметтер бойынша [11, 12, 13, 14] азот-фосфор тыңайтқышымен өңдеу топырақтың абorigенді мұнайототықтырғыш микрофлорасын ынталандыратыны белгілі. Сондықтан тәжірибеде ассоциациялармен бірлесіп органоминералды тыңайтқыштар (азофоска (нитроаммофоска) және көң) қолданылды.

Жүргізілген зертханалық модельдік тәжірибеде ОМТ мен мұнайототықтырғыш микроорганизмдер ассоциациялары мен бірлесіп қолдануда 3 айдың ішінде топырақтағы мұнай мен мұнайөнімдерінің мөлшері сәйкесінше 5% және 10% ластану кезінде айтарлықтай азайды. Зертханалық модельдік тәжірибеде *Gordonia sp.* 12/5, *Dietzia sp.* 12/7, *Rhodococcus*

erythropolis 14/1, *Arthrobacter sp.* 15/3 деструктор-бактериялар негізіндегі Ассоциация II ең жоғары белсенділік танытты.

Қорытынды. Зертханалық модельдік тәжірибеде мұнайототықтырғыш микроорганизмдер ассоциациялары мен органоминералды тыңайтқыштарды бірлесіп қолдану топырақты мұнай мен мұнай өнімдерінен тиімді тазартуға ықпал еткенін көрсетті. Үш айдың ішінде топырақтағы мұнай мен мұнай өнімдерінің мөлшері сәйкесінше 5% және 10% ластану кезінде 62,4-85,7% және 60,1-78,4% төмендеді. Бұл ретте ассоциация II жоғары белсенділік танытты. Зертханалық модельді тәжірибеде белсенділік танытқан ассоциациялар мұнай және мұнайөнімдерімен ластанған топырақтарды биоремедиациялау үшін қолданылатын биологиялық препараттар жасаудың негізі бола алады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1. Мязин В.А., Фокина Н.В. Исследование эффективности различных способов биологической рекультивации почв, загрязненных нефтепродуктами, в климатических условиях Кольского полуострова // *Современные проблемы загрязнения почв: Сб. материалов IV Межд. научн. конф. Москва, Изд. МГУ, 2013. С. 402-406.*
2. Godleads Omokhagbor Adams, Prekeyi Tawari Fufeyin, Samson Eruke Okoro, Igelenyah Ehinomen. *Bioremediation, Biostimulation and Bioaugmentation: A Review // International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation. – 2015. - Vol. 3, № 1. - P. 28-39.*
3. Пунтус И.Ф., Рязанова Л.П., Звонарев А.Н. и др. Роль минеральных фосфорных соединений в процессе биodeградации нафталина бактериями *Pseudomonas putida* // *Прикладная биохимия и микробиология. – 2015. – Т. 51, № 2. – С. 198-205.*
4. Попов А.И. Биологическая рекультивация буровых площадок в Ненецком АО // *Матер. междунар. конф. «Антропогенная трансформация природной среды». - Пермь: Пермский гос. ун-т., 2010. - Т.3. – С.245-247.*
5. Smith E., Thavamani P., Ramadass K., Naidu R., Srivastava P., and Megharaj M. *Remediation trials for hydrocarbon-contaminated soils in arid environments: evaluation of bioslurry and biopiling techniques. // Int. Biodeterior. Biodegradation. - 2015. - Vol. 101. - P.56–65*
6. *Практикум микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова. –М.: Ademia, 2005, - С. 597.*
7. Другов Ю.С., Родин А.А. *Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: практическое руководство. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 270 с.*
8. Лурье Ю.Ю. *Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – с. 450*
9. Сулейманов Р.Р., Абдрахманов Т.А., Жаббаров З.А., Турсунов Л.Т. / *Ферментативная активность и агрохимические свойства лугово-аллювиальной почвы в условиях нефтяного загрязнения // Известия Самарского научного центра РАН. – 2008. – Т.10, №2. – С. 294-298.*
10. Fabianska M. *Biodegradation of brown coals caused by fungi and bacteria // J. Planar Chromatography. 2015. V. 13. P. 20.*
11. Hamdi H., Benzarti S., Manusadžianas L., Aoyama I., Jedidi N. *Bioaugmentation and biostimulation effects on PAH dissipation and soil ecotoxicity under controlled conditions / H. Hamdi, // Soil Biology and Biochemistry. – 2007. – V. 39, № 8. – P. 1926–1935.*
12. Chaudhary D.K., Bajagain R., Jeong S.W., Kim J. *Biodegradation of diesel oil and n- alkanes (C₁₈, C₂₀, and C₂₂) by a novel strain Acinetobacter sp. K-6 in unsaturated soil // Environmental Engineering Research 2020. № 25(3). - P. 290-298*
13. Lee S.-H., Oh B.-I., Kim J.-G. *Effect of various amendments on heavy mineral oil bioremediation and soil microbial activity // Biores. Technol. – 2008. – V. 99, No 7. –P. 2578–2587.*
14. *Вержичинская С.В. Химия и технология нефти и газа. М.: ИНФРА-М, 2007. 400 с.*

References:

1. Myazin V.A., Fokina N.V. *Issledovaniye effektivnosti razlichnykh sposobov biologicheskoy rekul'tivatsii pochv, zagryaznennykh nefteproduktami, v klimaticheskikh usloviyakh Kol'skogo poluoostrova // Sovremennyye problemy zagryazneniya pochv: Sb. materialov IV Mezhd. nauchn. konf. Moskva, Izd. MGU, 2013. pp. 402-406*
2. Godleads Omokhagbor Adams, Prekeyi Tawari Fufeyin, Samson Eruke Okoro, Igelenyah Ehinomen. *Bioremediation, Biostimulation and Bioaugmentation: A Review // International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation. – 2015. - Vol. 3, № 1. - pp. 28-39.*
3. Puntus I.F., Ryazanova L.P., Zvonarev A.N. *i dr. Rol' mineral'nykh fosfornykh soyedineniy v protsesse biodegradatsii naftalina bakteriyami Pseudomonas putida // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. – 2015. – T. 51, № 2. – pp. 198-205.*
4. Popov A.I. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya burovykh ploshchadok v Nenetskom AO // Mater. mezhdunar. konf. «Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy». - Perm': Permskiy gos. un-t., 2010. - T.3. – pp.245-247.*
5. Smith E., Thavamani P., Ramadass K., Naidu R., Srivastava P., and Megharaj M. *Remediation trials for hydrocarbon-contaminated soils in arid environments: evaluation of bioslurry and biopiling techniques. // Int. Biodeterior. Biodegradation. - 2015. - Vol. 101. – pp.56–65*
6. *Praktikum mikrobiologii / Pod red. N.S. Yegorova. –M.: Ademia, 2005, - 597 P.*
7. Drugov YU.S. Rodin A.A. *Ekologicheskiye analizy pri razlivakh nefi i nefteproduktov: prakticheskoye rukovodstvo. M: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012. - 270 P.*
8. Lur'ye YU.YU. *Analiticheskaya khimiya promyshlennykh stochnykh vod. – M.: Khimiya, 1984. – 450 P.*
9. Suleymanov R.R., Abdrakhmanov T.A., Zhabbarov Z.A., Tursunov L.T. / *Fermentativnaya aktivnost' i agrokhimicheskiye svoystva lugovo-allyuvial'noy pochvy v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2008. – T.10, №2. – S. 294-298.*
10. Fabianska M. *Biodegradation of brown coals caused by fungi and bacteria // J. Planar Chromatography. 2015. V. 13. P. 20.*
11. Hamdi H., Benzarti S., Manusadžianas L., Aoyama I., Jedidi N. *Bioaugmentation and biostimulation effects on PAH dissipation and soil ecotoxicity under controlled conditions / H. Hamdi, // Soil Biology and Biochemistry. – 2007. – V. 39, № 8. – P. 1926–1935.*
12. Chaudhary D.K., Bajagain R., Jeong S.W., Kim J. *Biodegradation of diesel oil and n-alkanes (C18, C20, and C22) by a novel strain Acinetobacter sp. K-6 in unsaturated soil // Environmental Engineering Research 2020. № 25(3). - R. 290-298*
13. Lee S.-H., Oh B.-I., Kim J.-G. *Effect of various amendments on heavy mineral oil bioremediation and soil microbial activity // Biores. Technol. – 2008. – V. 99, No 7. –P. 2578– 2587.*
14. Verzhichinskaya S.V. *Khimiya i tekhnologiya nefi i gaza. M.: INFRA-M, 2007. 400 s.*