

ӘОЖ 622.276

*М.Қ. Қазанқапова, Н.С. Төлеуханова, М.Қ. Наурызбаев
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
*E-mail: maira_1986@mail.ru

Мұнаймен ластанған топырақты микроағзалар көмегімен тазалау

Мақалада мұнаймен ластанған топыраққа және біркатар жеке көмірсутектерге *Pseudomonas mendocina* H-3 және *Oscillatoria* C-3 штамдарының әсерінің нәтижелері көрсетілген. Көмірсутектердің химиялық құрамындағы өзгерістер анықталды. Топырақ құрамындағы мұнайға штамдардың әсері ИҚ-спектроскопия және хроматография әдістерімен зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша, микроағзалардың мұнай құрамындағы парафинді және ароматты көмірсутектерді ыдыратуға қабілеті анықталынып, мұнаймен ластанған топырақты тазалау үшін қолдану мүмкіндігі көрсетілді.

Түйін сөздер: мұнай, *Pseudomonas mendocina* H-3, *Oscillatoria* C-3, ИҚ-спектроскопия, хроматография, топырақты тазалау.

M.K. Kazankapova, N.S. Toleuhanova, M.K. Nauryzbaev
Purification of soil contaminated by oil with microorganisms

The paper presents the results of studying the influence of strains of *Pseudomonas mendocina* H-3 and *Oscillatoria* C-3 on soil contaminated with petroleum and hydrocarbons. The changes in chemical composition of hydrocarbons were determined. The influence of strain on the soil was studied by IR spectroscopy and chromatography. It was found that microorganisms can break down paraffinic and aromatic petroleum hydrocarbons.

Keywords: soil, *Pseudomonas mendocina* H-3, *Oscillatoria* C-3, IR-spectroscopy, chromatography, purification of soil.

М.К. Казанқапова, Н.С.Төлеуханова, М.К. Наурызбаев
Очистка загрязненной нефтью почвы с помощью микроорганизмов

В статье представлены результаты изучения влияния штаммов *Pseudomonas mendocina* H-3 и *Oscillatoria* C-3 на почву, загрязненную нефтью, и на углеводороды. Было определено изменение химических составов углеводородов. Влияние штаммов на почву было исследовано методами ИК-спектроскопии и хроматографии. В результате исследования было выявлено, что микроорганизмы способны расщеплять парафиновые и ароматические углеводороды нефти.

Ключевые слова: нефть, *Pseudomonas mendocina* H-3, *Oscillatoria* C-3, ИК-спектроскопия, хроматография, очистка почвы.

Кіріспе

Бүкіл дүние жүзінде өндірілетін мұнай көлемінің ұлғаюы нәтижесінде топырақтың мұнаймен ластану қауіпі артуда. Мұнай және мұнай өнімдерінің қалдықтарынан табиғи экожүйелердің, әсіресе топырақтың ластануы күрделі экологиялық қауіп-қатерге әкелуде. Топырақтың жоғары адсорбциялау қабілетіне байланысты, мұнай ұзақ уақыт бойы топырақта сақталады. Мұнай өнімдерінің төгілуінен, әртүрлі апаттардың салдарынан топырақтың физика-химиялық қасиеттері өзгеріп, су-ауа режимі бұзылып, нәтижесінде топырақтың микробио-

логиялық белсенділігі өзгереді [1,2]. Жыл сайын әлемде мұнайды өндіру, тасымалдау, сақтау және қолдану кезінде мұнай және мұнай өнімдерінің 60 млн.тоннаға жуығы жоғалады. Мұнай өнімдерімен ластануды тазарту үшін әртүрлі әдістер қолданылуда, соның бірі микроағзалар мен бактерияларды пайдалануға негізделген – биологиялық әдіс. Олар көмірсутектерді қорек ретінде пайдаланып, нәтижесінде өнімді көмірқышқыл газына айналдырады. Бірақ осы кезде қандай аралық өнімдер түзілетіні, мұнай және мұнай өнімдерінің химиялық құрамы қалай өзгередіні толық зерттелмеген. Микроағзалар мұнайдың әртүрлі көмірсутекті қосылыстарына

әсер еткенімен, оларды тотықтыру қабілеті бірдей болмайды. Бірінші кезекте н-алкандар ыдырайды [3]. Мұнайдың ароматты қосылыстарының терең деградацияға ұшырауы таңдамалы әдіспен алынған микрофлорамен байланысқа түскенде жүзеге асады [4].

Тәжірибелік бөлім

Зерттеу нысаны ретінде Ақтөбе облысының Мұғалжар ауданының Жаңажол кен орнының территориясында орналасқан “Химпромсервис-Ақтөбе” ЖШС шлам жинағышынан мұнаймен ластанған топырағы алынды. Келесі көмірсутектер таңдап алынды: бензол, толуол, декан, изоктан (2,2,4-триметилпентан). Топыраққа енгізілетін микроағзалар ретінде әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология факультетінің микробиология кафедрасының мұнаймен ластанған топырақ субстраттарынан бөлініп алынған *Pseudomonas* туысына жататын *Pseudomonas mendocina* H-3 және *Oscillatoria* C-3 бактериялары пайдаланылды. Олардың жасушаларының титрі 10^6 кл/мл.

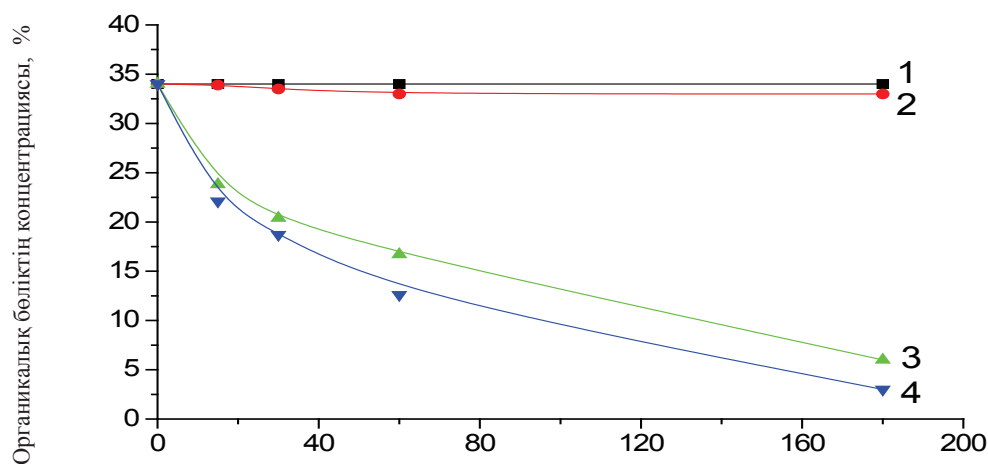
Топырақтағы мұнайдың және органикалық бөлігінің мөлшері экстракция әдісімен анықталды. Еріткіш ретінде бензол қолданылды.

Топырақ құрамындағы мұнайдың бастапқы және микроағзалардың әсерінен кейінгі көмірсутектік құрамы хроматографиялық әдіспен

зерттелді. Анализ “Кристалл-люкс-2000” хроматографында жүргізілді. Топырақтан бөлініп алынған мұнай үлгілерінің құрамы инфрақызыл спектроскопия (ИК) әдісімен зерттелді. Мұнай үлгілерінің инфрақызыл жұтылу спектрлері FTIR Satellite (Mattson, АҚШ) спектрометрінде $400-4000 \text{ см}^{-1}$ облыста түсірілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Ақтөбе облысының Мұғалжар ауданының Жаңажол кен орнының территориясында орналасқан ЖШС «Химпромсервис-Ақтөбе» шлам жинақтаушысының мұнаймен ластанған топырағының биоремедиациясы бойынша егістіктік және зертханалық зерттеулер жүргізілді. Мұнай деструкторы ретінде *Pseudomonas mendocina* H-3 бактериясы қосылды. Зертханалық жағдайда құрамында мұнай тотықтырғыш бактериялардың жасушалары бар ортамен топырақ өңделіп, алты ай бойы органикалық бөліктің құрамында болған өзгерістер бақыланды. Мұнай деструкциясына аборигенді (топырақ құрамындағы) және енгізілген микрофлораның қатысуын дұрыс бағалау үшін тәжірибелер стерилді және стерилді емес топырақтармен жүргізілді. Тәжірибе 180 тәулікке созылды. Топырақ биоремедиациясының нәтижелері 1 суретте көрсетілген.



τ, тәулік

1-сурет – Жаңажол кен орнының мұнайымен ластанған топырақ биоремедиациясы, *Pseudomonas mendocina* H-3 жасушасы. Топырақ: 1 – стерильді, 2 – стерильді емес, 3 – стерильді, мұнаймен ластанған топырақ пен микроағзалары бар орта, 4 – стерильді емес, мұнаймен ластанған топырақ пен микроағзалары бар орта

1-суреттен көрініп тұрғандай, органикалық заттардың ең жылдам деструкциясы стерильді емес, мұнаймен ластанған топырақ пен микроағзалары бар ортада байқалды. Стерилді және стерилді емес топырақтағы бақылау үлгілерінде органикалық заттардың концентрациясы тәжірибе соңына дейін мүлдем өзгермеді. Мұнайототықтырғыш бактериясы бар ортаны қосқанда тәжірибенің бірінші айының өзінде стерилді және стерилді емес топырақтарда органикалық заттардың концентрациясы сәйкесінше 18,7 және 20,4 %-ға дейін төмендеген. Екінші айдың соңына таман органикалық заттардың мөлшері 12,6 және 16,7 %-ға дейін төмендеді. Алты айлық тәжірибеден кейін ластанған топырақтағы органикалық заттардың мөлшері 3-6 мас.% құрады, ал деградация дәрежесі 83 және 91 %-ды құрайды.

Егістіктік зертеулерде анализ үшін топырақ үлгілері тәжірибенің басында және соңында алынды. Интродукция үшін мұнайототықтырғыш микроағзалар жасушасының суспензиясы қолданылды. Тәжірибелер 1x1x0,8 м өлшемді алқапта бес рет қайталап жүргізілді. Зерттеліп жатқан алқаптардың 6 ай өткеннен кейін сырт көзге түсі мен иісінде айтарлықтай айырмашылықтар байқалды. Оларға ашық-қоңыр түсті топырақтың түсі тән, қышқыл органикалық иіс сезілмеді.

Хроматография әдісімен Жаңажол кен орнының мұнайымен ластанған топырақтың органикалық бөлігінің биоремедиацияға дейінгі және одан кейінгі химиялық құрамының сандық және сапалық өзгерістері зерттелді. 1-кестеде топырақтың бастапқы және алты ай микроағзалардың әсерінен кейінгі органикалық бөлігінің хроматографиялық анализ нәтижелері келтірілген.

1-кесте – Жаңажол кен орнының мұнайымен ластанған топырақтың органикалық бөлігінің биоремедиацияға дейінгі және одан кейінгі компоненттік құрамы

Компоненттер	Бастапқы үлгі	6 айдан кейінгі үлгі
	құрамы, мас. %	
2-метилпентан	3,341	-
3-метилпентан	16,633	-
<i>n</i> -гексан	9,470	-
2,2,3-триметилбутан	1,553	-
1,1-диметилциклопентан	2,367	-
2,2,4-триметилпентан	1,262	-
C ₇	2,826	-
C ₈	0,874	-
C ₉	0,999	-
C ₁₀	2,707	0,011
C ₁₁	1,108	0,293
C ₁₂	17,673	0,978
C ₁₃	3,461	1,684
C ₁₄	7,153	2,671
1,6-диметилнафталин	4,675	-
1,5-диметилнафталин	13,222	-
1,3-диметилнафталин	2,969	-
C ₁₅	7,708	2,640
C ₁₆	-	2,385
C ₁₇	-	2,105
C ₁₈	-	2,017
C ₁₉	-	2,111
C ₂₀	-	2,482
C ₂₁	-	3,011
C ₂₂	-	4,439
C ₂₃	-	4,658

Кестенің жалғасы

C ₂₄	-	4,632
C ₂₅	-	6,743
C ₂₆	-	7,845
C ₂₇	-	9,669
C ₂₈	-	9,842
C ₂₉	-	8,080
C ₃₀	-	6,643
C ₃₁	-	6,429
C ₃₂	-	4,788
C ₃₃	-	3,034
C ₃₄	-	0,809
Жалпы мөлшері	100,0	100,0

Топырақтың органикалық бөлігінің компоненттік құрамының хроматографиялық анализ нәтижелерінен көрініп тұрғандай негізінен жеңіл парафиндер көрсетілген. Бастапқы ластанған топырақтың органикалық бөлігінде изопарафиндер, циклді және ароматты көмірсутектер болды. 3-метилпентан, 1,5-диметилнафталин және C₁₂ көмірсутектерінің концентрациясы жоғары. Алты ай микроағзалардың әсерінен кейін топырақтың органикалық бөлігінің хроматограммасынан көмірсутектердің мөлшерінің айтарлықтай өзгерісін көруге болады. C₁₀ -нан C₁₅ -ке дейінгі төмен молекулалы көмірсутектердің мөлшері төмендеді. Органикалық бөліктің құрамында C₁₆ -дан C₃₄ -ке дейінгі қатты жоғары молекулалы көмірсутектердің пайда болғаны байқалды. Алты ай бойы топырақтың 34 %-дық ластануы

кезінде биототығу процестері топырақтағы жеңіл парафиндердің мөлшерінің азаюына және C₁₆ -C₃₄ компоненттерінің жоғарлауына әкелді.

Сондай-ақ ЖШС «Химпромсервис-Ақтөбе» шлам жинақтаушы топырағының органикалық бөлігінің топтық құрамына, микроағзалармен тазалағанға дейінгі және кейінгі адсорбционды-хроматографиялық әдісі бойынша анализ жүргізілді, оның нәтижелері 2-кестеде көрсетілген. Кестедегі мәліметтер бойынша топырақтың органикалық бөлігінің құрамын негізінен майлар (50,2 мас.%) мен шайырлар (41,3 мас.%) құрайды. Майлардың ішінде парафинді-нафтенді майлардың (32,9 мас.%), ал шайырлардың арасында - бензолды шайырлардың (33,1 мас.%) мөлшері көп. Асфальтендер мөлшері 8,5 мас.%-ды құрайды.

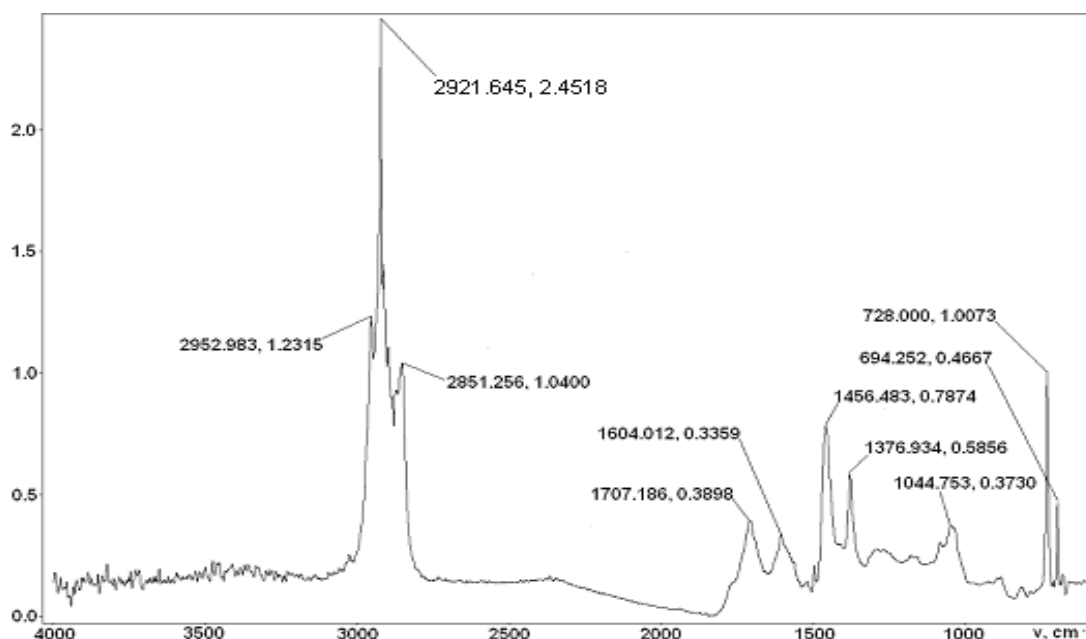
2-кесте – Жаңажол кен орнының мұнаймен ластанған топырақтың органикалық бөлігінің *Pseudomonas mendocina* H-3 жасушасы суспензиясының интродукциясына дейінгі және кейінгі топтық құрамы

Топтық құрам	Мұнаймен ластанған топырақтың органикалық бөлігі	
	бастапқы	6 айдан кейінгі
Майлар, мас. %:	32,9	27,7
парафинді-нафтенді моноциклоароматтық	1,4	5,4
бициклоароматтық	0,3	2,9
полициклоароматтық	15,6	1,4
Жалпы мөлшері	50,2	37,4
Шайырлар, мас. %:		
бензолды	33,1	2,4
спиртті-бензолды	8,2	39,0
Жалпы мөлшері	41,3	41,4
Асфальтендер	8,5	21,2

Алты ай өткен соң микроағзалары бар ортаның интродукциясынан кейін топырақта мұнайдың майлы фракциясының мөлшері айтарлықтай азайған, ал асфальтендер мөлшері көбейген. Майдың құрамында парафинді-нафтенді, полициклді және ароматты компоненттердің концентрациясы төмендеген, ал моно- және бициклоароматты көмірсутектердің мөлшері жоғарылаған. Шайырдың жалпы мөлшері өзгермегенімен, бензолды шайырдың концентрациясы 10 есеге азайған және 2,4 %-ды ғана құраған. Спиртті-бензолды шайыр құрамының жоғарлауы қосылыстардың екінші ретті тотығуымен байланысты. Органикалық бөліктің құрамында асфальтендердің мөлшері 2,5 ретке жоғарылаған.

Органикалық қосылыстардың тербелмелі спектрлерінің анализі инфрақызыл облыста тотығу кезіндегі функционалды топтардың табиғаты мен олардың құрылысындағы өзгерістерді анықтау үшін сенімді әдіс болып табылады. Мұнай деградациясы өнімдерінің ИҚ-спектрінен мұнайдың қарқынды тотығуын көруге және бақылау үлгісімен салыстырып, деструкция процесінің жылдамдығын бағалауға болады. Топырақтың органикалық бөлігінің құрамындағы өзгерістерді анықтау үшін, сондай-ақ ИҚ-спектрометрлік ана-

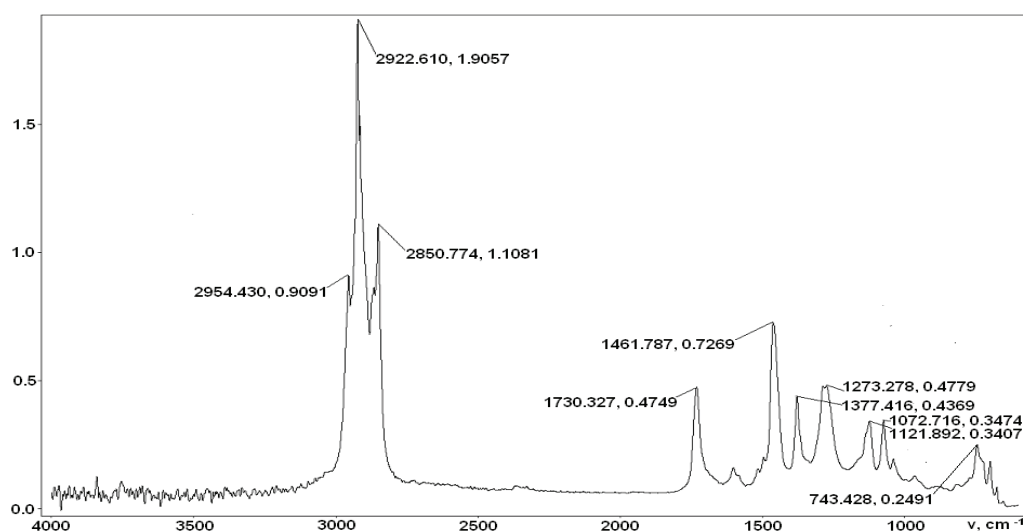
лиз жүргізілді. 2 суретте бастапқы ластанған топырақтан экстракцияланған органикалық бөліктің инфрақызыл спектрі келтірілген. Спектрде 2953, 2922, 2851, 1456, 1377 cm^{-1} облыстарда жұтудың қарқынды жолақтары табылған. Толқынды сандардың осы мәндерінде жұту жолақтарының пайда болуы, қаныққан көмірсутектердің айтарлықтай мөлшерінің бар екенін көрсетеді. 728 cm^{-1} –де қарқындылығы жоғары жұту жолақтары ұзартылған нормалды көмірсутектердің валенттік және деформациялық тербелулерінің арқасында пайда болады. Бұл Жаңажол кен орнының мұнайында парафинді көмірсутектердің көптігін білдіреді. 1604 и 1044 cm^{-1} жұту жолақтарының спектрі органикалық бөлікте бензолды сақиналармен байланысқан ароматты құрылымдардың, 1707 cm^{-1} қарқындылығы орташа жолақтар органикалық оттеқұрамдас қосылыстардың карбонильді топтарының бар екенін көрсетеді. Бұл жолақтың пайда болуының себебі, ұзақ уақыт бойы ашық ауада сақтағанда күн сәулесі топырақтағы микрофлораның өсу процестерін және оксигеназды активтілігін жоғарлатуымен түсіндіруге болады. Топырақтың органикалық бөлігінде оттеқұрамдас компоненттердің мөлшерінің үнемі жоғарылап отырғаны байқалды.



2-сурет – Жаңажол кен орнының мұнайымен ластанған топырақтың органикалық бөлігінің ИҚ-спектрі

3-суретте көрсетілгендей алты ай бойы микроағза жасушаларымен әсер еткенде топырақтың органикалық бөлігінің өзгерісіне әкелді. Биодегратацияланған топырақтың органикалық бөлігінің ИК-спектрінде 1377, 1462, 2851, 2922, 2954 cm^{-1} ($-\text{CH}_2$ и $-\text{CH}_3$ топтарының валенттік және деформациялық тербелісі) алифатты құрылымды көмірсутектердің жұту жолақтары пайда болған, жұту жолақтарының қарқындылығы бастапқы топырақтың органикалық бөлігінің спектрімен салыстырғанда айтарлықтай төмендеген. 728 cm^{-1} кезіндегі жұту жолақтары жоғалып кеткен, ал 1604 cm^{-1} -дегі ароматты қосылыстардың

жұту жолақтарының қарқындылығы әлсіз. Спектрде н-парафиннің микробты тотығуы кезіндегі метаболизімінің аралық өнімі болып табылатын әртүрлі оттегі құрамдас органикалық қосылыстардың: спирттердің, эфирлердің және күрделі эфирлердің С-О, С-О-С функционалды топтарының тербелуі салдарынан толқын сандарының мәндері 1073, 1122, 1273 cm^{-1} болатын жаңа жұту жолақтары пайда болды. 1730 cm^{-1} -дегі жұту жолақтарын да оттекті қосылыстардың болуынан деп қарастыруға болады және оның қарқындылығы биодегратациядан кейін жоғарылаған.



3-сурет – Микроағза жасушалардың әсерінен кейінгі Жаңажол кен орнының мұнайымен ластанған топырақтың органикалық бөлігінің ИК-спектрі

ИК-спектроскопия анализінің мәліметтерінен биоремедиация нәтижесінде мұнайдың оттегі құрамдас компоненттерінің мөлшері өсетіні және парафиндер мен ароматты қосылыстардың мөлшерінің азаятындығын көруге болады. Бірінші кезекте гетероорынбасқан қанықпаған қосылыстардың таңдамалы тотығуы жүрсе, кейін нормалды алкандардың тотығуы және оттегі құрамдас қосылыстардың құрылымына тән 1707 және 1730 cm^{-1} ауысуы пайда болды. Тәжірибе соңында мұнайдың трансформациясының өнімдері болып көп мөлшердегі эфирлі, карбонильді және карбоксильді топтары бар қосылыстары пайда болады.

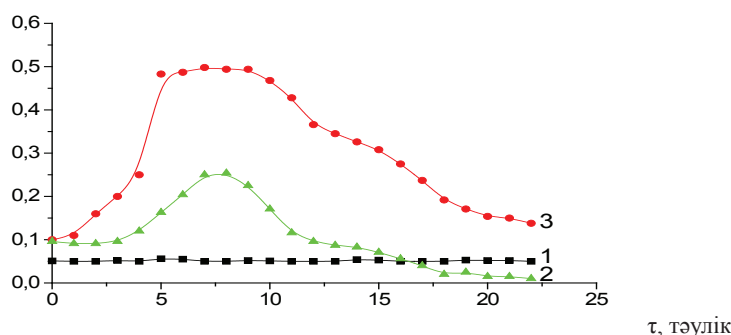
Жұмыста, сондай-ақ жеке көмірсутектер - н-деканның, изооктаннның (2,2,4-триметилпентан) және бензолдың биодеградациясы зерттелді.

Олар моторлы және дизельді отындардың құрамына кіретін н-алкандардың, изоалкандар мен ароматты көмірсутектердің типтік өкілдері болып табылады.

4-суретте *Pseudomonas mendocina* H-3 штамның әсерінен н-декан бар ортаның оптикалық тығыздығының өзгерісі келтірілген. Суреттен штамның әсерінен оптикалық тығыздықтың максимум арқылы өтетіні көрініп тұр. н-деканның 2%-дық концентрациясында ортаның оптикалық тығыздығы бірден 5 есеге жоғарылайды және 5 - 10 тәулік бойы өзгермейді, сосын біртіндеп азая бастайды. н-деканның концентрациясын 5 %-ға жоғарылатсақ, басында оптикалық тығыздық өзгермейді, бірақ кейіннен оның 2,5 есеге жоғарылап, соңында азайғанын көруге болады. Бұл жағдайда оптикалық тығыздықтың максимал-

ды мәні 7 тәулікте байқалды. Органың оптикалық тығыздығының жоғарылауы н-деканның биодеструкция процесінің қарқынды өткенін және түрлердің өскенін білдіреді. Бақылаушы ерітіндінің оптикалық тығыздығы мүлдем өзгермеді. Жалпы *Pseudomonas mendocina* H-3 микроорганизмдері

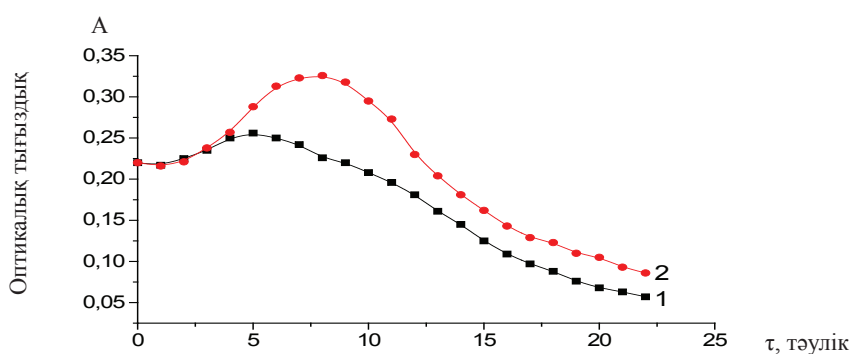
10 тәулікке дейін көмірсутектерді белсенді түрде қолданады, кейін олардың белсенділігі нашарлап органың оптикалық тығыздығы төмендейді. н-декан нормалды алкандар қатарына жататындықтан, берілген штамм тағы да парафинді көмірсутектерге белсенді әсер ететіндігін көрсетті.



4-сурет – *Pseudomonas mendocina* H-3 штаммының әсерінен деканы бар ортаның оптикалық тығыздығының өзгеруі. 1 – бақылау үлгісі, н-декан концентрациясы: 2 – 5 %, 3 – 2 %

Изооктаны бар ортаға осы штамдардың әсерінің нәтижелері оптикалық тығыздықтың уақытқа тәуелділігі түрінде 5 суретте көрсетілген. Ортаның оптикалық тығыздығы н-деканға қарағанда айтарлықтай жоғары емес, нәтижесінде штамның көмірсутектерді таңдамалы қолданатындығын көруге болады. Изооктан изомерлі алифатты көмірсутек болғандықтан, нормалды ал-

кан н-деканға қарағанда, берілген штаммен оның биодеструкциясы нашар өтеді. Концентрациясы 2 % болғанда ортаның оптикалық тығыздығы жеті тәуліктің ішінде, ал 5 %-дық концентрацияда бес тәуліктің ішінде максимумға жетеді. Көмірсутек концентрациясы мен энергияның жоғарылауы бактерияның өсуіне әсер етіп, микроағзалардың өмір сүруіне қолайсыздық туғызады.



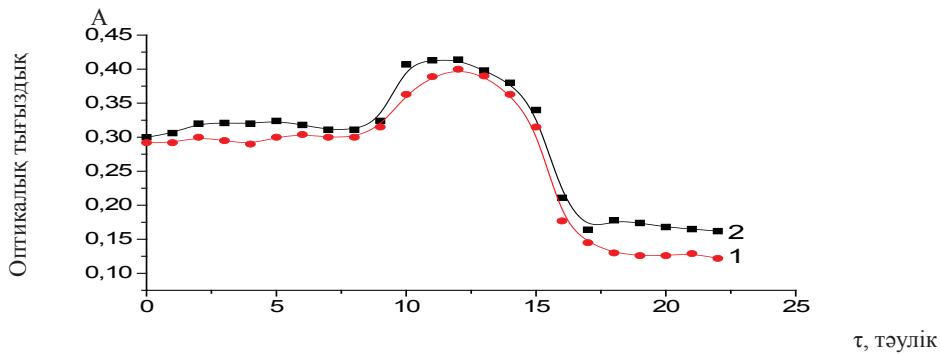
5-сурет – *Pseudomonas mendocina* H-3 әсерінен изооктаны бар ортаның оптикалық тығыздығының өзгеруі. Изооктан концентрациясы: 1 – 5 %, 2 – 2 %

6-суретте *Pseudomonas mendocina* H-3 штамның әсерінен бензолы бар ортаның оптикалық тығыздығының уақытқа тәуелділігі көрсетілген.

Бастапқы сегізінші тәулікте енгізілген штамдар бір ароматты сақинадан тұратын бензолды ыдыратпайды, бұны ортаның оптикалық

тығыздығының тұрақты болып қалғанынан да көруге болады, оныншы тәуліктен бастап үш тәуліктің ішінде бензолды белсенді түрде ыдыратқаны байқалды, ал соңында азайып ба-

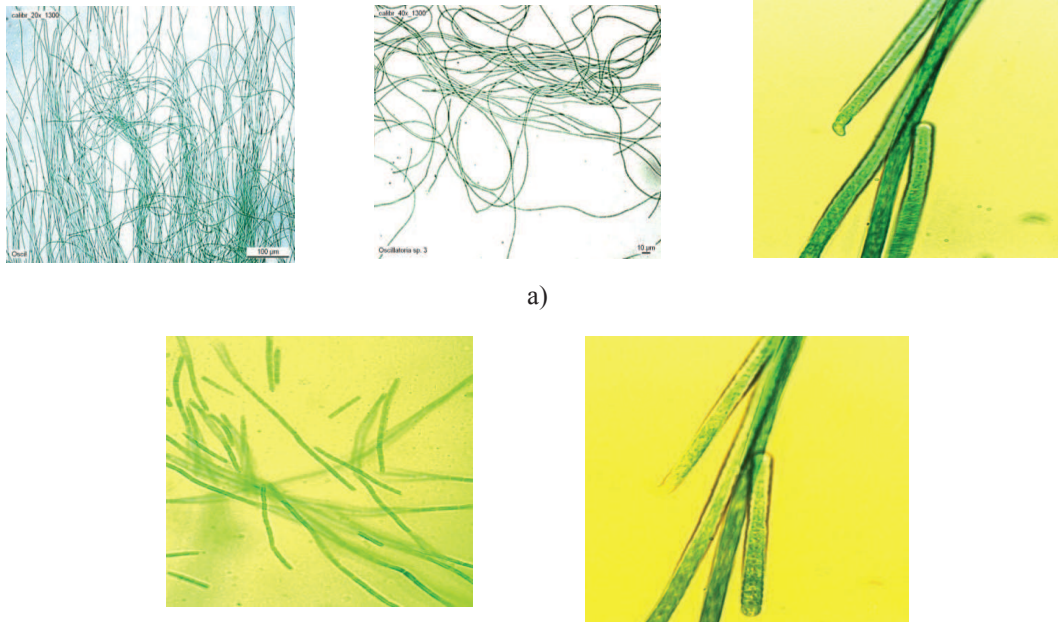
рып оптикалық тығыздық бірден төмендеп кеткенін көреміз. Бұл жерде де штамның алкандарға қарағанда ароматты көмірсутектерге деген белсенділіктерінің төмен екенін көреміз.



6-сурет – *Pseudomonas mendocina H-3* әсерінен бензолы бар ортаның оптикалық тығыздығының өзгеруі. Бензол концентрациясы: 1 – 5 %, 2 – 2 %

Сондай-ақ жұмыста *Pseudomonas* тұқымдас штаммен салыстыру үшін *Oscillatoria C-3* түрі қолданылды. Микроскоптық зерттеулер бұл түрдің трихомның соңғы жасушалары екендігін көрсетті, жеке жасушалар арасындағы бөгеттер жақсы көрініп тұр. 7-суреттен изооктаны бар

ортаға интродукциясына дейінгі және кейінгі трихом жасушасы *Oscillatoria C-3* түрінің морфологиясы көрсетілген. Суреттен изооктаны бар ортаға түрді енгізгенде жасушалардың үздіксіз құрылымының үзілгендігі, түсінің және жасушалар формасының өзгергенін көруге болады.



а)

б)

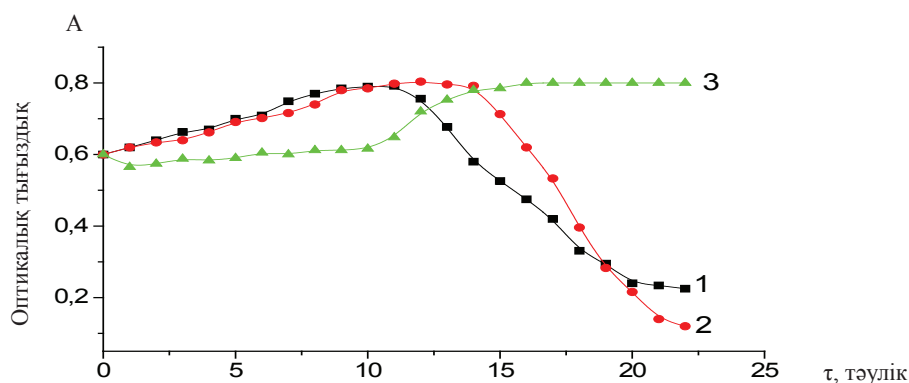
а) – оптималды ортадағы бастапқы құрылымы және трихом жасушалары,

б) – изооктаны бар ортадағы құрылымы және трихом жасушалары

7-сурет – *Oscillatoria C-3* түрінің морфологиясы

Oscillatoria C-3 түрімен әсер еткенде көмірсутектері бар ортаның оптикалық тығыздығының өзгерісі 8 суретте келтірілген. Бұл бактерияның бензол мен парафинді көмірсутектерді әртүрлі дәрежеде ыдыратады. Алкандар ортасында *Pseudomonas mendocina H-3* штамы сияқты оптикалық тығыздық біртіндеп жоғарылайды, максимумнан оныншы тәулікте өтеді, кейін уақыт өте келе бірден төмендеп кетеді.

Бензол ерітіндісі бастапқы он тәулікте түрдің өсуі мен оптикалық тығыздыққа әсер етпейді, бірақ кейін түр бензолды қолдана бастайды да ерітіндінің оптикалық тығыздығы 15 тәулікке дейін өсе бастайды және де басқа ерітінділерге қарағанда бірқалыпты болып қалады. Яғни *Pseudomonas mendocina H-3* штамына қарағанда бұл бактерияның ароматты көмірсутектерге деген жоғары белсенділігін көрсетеді.



1 – н-декан, 2 – изооктан, 3 – бензол

8-сурет – *Oscillatoria C-3* түрінің әсерінен 2 %-дық көмірсутектері бар ортаның оптикалық тығыздығының өзгерісі.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер нәтижесінен *Pseudomonas mendocina H-3* штамдарының парафинді көмірсутектердің жоғары деструкция дәрежесін көрсетсе, ал *Oscillatoria C-3* түрі бензолы бар ортада белсенді. Көмірсутек концентрациясының жоғарылауы аталған штамдардың деструкциялау белсенділігін төмендетеді.

Қорытынды

Хроматографиялық және ИК-спектроскопиялық анализ нәтижелері негізінде мұнаймен

ластанған топыраққа енгізілген микроағзалар-деструкторлардың әсері анықталды және мұнаймен ластанған топырақты тазалау үшін қолдану мүмкіндігі көрсетілді. Мұнайды тотықтыратын микроағзаларды ластанған топыраққа интродукциялау нәтижесінде көмірсутектердің деструкция процесі артып, топырақты қайта қалпына келтіруге ықпал етеді. Алты айлық тәжірибе кезінде алынған нәтижелер мұнаймен ластанған топырақтың биоремедиация технологиясын жасауға негіз бола алады.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Звягинцев Д.Г., Гузев В.С., Левин С.В., Селецкий Г.И., Оборин А.А. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью // Почвоведение. – 1989. – № 1. – С. 72-78.
- 2 Исмаилов Н.М. Нефтяное загрязнение и биологическая активность почвы // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука. 1992. – С. 227-235.
- 3 Киреева Н.Л. Микробиологическая оценка почвы, загрязненной нефтяными углеводородами // Башкирский химический журнал. – 1995. – Т. 2, № 3-4. – 65 с.
- 4 Холлуей М. Загрязненные берега // В мире науки. – 1991. – №12. – 84 с.

References

- 1 Zvyagintsev D.G., Guzev V.S., Levin S.V., Seletsky G.I., Oborin A.A. Diagnosticheskie priznaki razlichnyh urovnei zagryaznenia pochvy neftiu// Pochvovedenie. – 1989. – № 1. – S. 72-78.
- 2 Ismailov N.M. Neftynoe zagryiznenie i biologicheskaya aktibnost pochvy// Dobycha poleznyh iskopaemyh i geohimiya prirodnyh ekosistem. – M: Nauka. 1992. – S. 227-235.
- 3 Kireeva N.L. Microbiologicheskaya osenka pochvy, zagryaznennyi neftyanymi uglevodorodami// Bashkirski himicheski jurnall. – 1995. – T. 2, № 3-4. – 65 s.
- 4 Holluey M. Zagryaznennye berega// V mire nauki. – 1991. – №12. – 84 s.