

ӘОЖ 502.521

Ж.Е. Бекболаева*, А.Е. Оразбаев, Е.О. Досжанов, А.С. Конкаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

*E-mail: zhibek_erzhan@mail.ru

Мұнаймен ластанған топырақ экожүйелерінің қайта қалпына келуінің кейбір теориялық аспектілері

Тәжірибе барысында топырақтағы органикалық заттардың өзгерісі мен көмірсутектер ластануының әсерінен оның минералды құрамы, органикалық заттар құрамы, тотығу-тотықсыздану жағдайларына байланысты өзгеруі көрсетілді. Ластанған топырақ жүйесінде – CO_2 газы, ауаның жеткіліксіз жағдайында – CO_2 , N_2 , CH_4 генерациясымен, CH_4 -тің қаныққан және қанықпаған гомологтарымен қатар аэробты жағдай барысында көмірсутекті ластағыш аэробты жағдайда генерацияланып топырақтың тазалануы қайта қалпына келеді.

Мұнаймен ластанған топырақтарды қайта қалпына келтірудің ортақ бағдарламасын дайындау қажеттігі негізделген. Ол көмірсутекті ластану әсерінен әртүрлі типті топырақтардың өзгеруінің типті модельдер сериясының құрылуын қарастыру қажет, кешенді мониторинг және мұнаймен ластанған жерлерге егжей-тегжейлі экспертиза жүргізу керек, мұнаймен ластанудан топырақты тазартуды қамтамасыз ететін параметрлер мен әдістер қатарының бірлескен қатарын дайындау керек. Мұнаймен ластанған топырақты қайта қалпына келтірудің оптималды аймағын дайындаудың негізі ретінде көмірсутекті ластану әсерінен әртүрлі типті топырақ экожүйесінің негізгі параметрлерінің өзгеруінің типті модельдер сериясының құрастырылуының концепциясы қарастырылған.

Түйін сөздер: органикалық заттар, көмірсутекті ластану, топырақ экожүйелері, топырақты қалпына келтіру.

Zh.E. Bekbolayeva, A.E. Orazbayev, Ye.O. Doszhanov, A.S. Konkaeva

Some theoretical aspects of the recovery of oil-contaminated soil ecosystems

According to experimental data shows the features of the changes under the influence of soil OM hydrocarbon contamination depending on the mineralogical composition, organic matter content, oxidation-recovery situation. Transformations in the contaminated soil – hydrocarbon pollutants in aerobic conditions is accompanied by generation, mainly CO_2 , in a difficult access of air – the generation of CO_2 , N_2 , CH_4 , saturated and unsaturated homologues CH_4 .

The necessity to develop a unified program of rehabilitation of oil-contaminated soil. It should provide for the construction of a series of standard models of change of different types of soils under the influence of hydrocarbon contamination, conduct a comprehensive monitoring and detailed examination of contaminated lands, the unification of a number of parameters and methods of providing clean soil from oil pollution. The concept of building a series of standard models change the basic parameters of soil ecosystems under the influence of hydrocarbon contamination as a basis for the development of optimal recovery of the region's oil-contaminated soil.

Key words: organic matter, hydrocarbon contamination, soil ecosystem, soil restoration.

Ж.Е. Бекболаева, А.Е. Оразбаев, Е.О. Досжанов, А.С. Конкаева

Некоторые теоретические аспекты восстановления нефтезагрязнённых почвенных экосистем

По экспериментальным данным показаны особенности изменения ОВ почвы под действием углеводородного загрязнения в зависимости от минералогического состава, содержания органического вещества, окислительно-восстановительной обстановки. Преобразование в системе загряз-

ненная почва – углеводородный загрязнитель в аэробных условиях сопровождается генерацией преимущественно CO_2 , в условиях затрудненного доступа воздуха – генерацией CO_2 , N_2 , CH_4 , предельных и непредельных гомологов CH_4 .

Обоснована необходимость разработки единой программы восстановления нефтезагрязненных почв. Она должна предусмотреть построение серии типовых моделей изменения различного типа почв под действием углеводородного загрязнения, проведение комплексного мониторинга и детальной экспертизы нефтезагрязненных земель, унификацию ряда параметров и методов, обеспечивающих очистку почв от нефтяного загрязнения. Рассмотрена концепция построения серии типовых моделей изменения основных параметров почвенных экосистем под действием углеводородного загрязнения как основы для разработки оптимального региона восстановления нефтезагрязненных почв.

Ключевые слова: органические вещества, углеводородное загрязнение, почвенные экосистемы, восстановление почвы.

Геологиялық зерттеу жұмыстарында және көмірсутекті шикізаттарды игеру кезінде табиғи экожүйелердің негізгі ластаушылары мұнай және оның өнімдері болып табылады. Жарияланған мәліметтерге сәйкес [1], әлемде мұнайды алу, өңдеу және пайдалану кезеңдерінде шығын көрсеткіштері жылына 45 млн т-дан жоғары болып, жылдық өнімнің 2%-ын құрайды, оның ішінде 22 млн тонна (өндірілген мұнайдың 0,97%) құрылымға төгіледі.

Мұнай ластағыштар табиғатқа келтірілетін жүктемесі бойынша: мұнайдың апатты жағдайларда төгілуі және мұнай-газ кешендерінде мұнай өнімдерін өндірудегі әртүрлі шығындар болып бөлінеді.

Мұнайдың апатты жағдайларда төгілуі топырақ экожүйелеріне максималды жүктеме түсіріп, сәйкес жауабын тудырады. Мұнайдың апатты жағдайда төгілуі дереу оларды ликвидациялау шараларын жүргізуді, арнайы техниканы, технологияларды, ликвидаторлардың айтарлықтай санын талап етеді. Бұл ластану түрін ликвидациялау екі кезеңдерден тұрады: біріншісі, төгілген мұнайды жинау, екіншісі, қалған ластаушылардан аймақты тазарту.

Осындай ластанудан кейінгі нәтижесін бағалауда экожүйе тұрақты қалпына келеді ма немесе әрі қарай деградацияға ұшырай ма оны болжау әрқашанда мүмкін бола бермейді.

Мұнай ластануының екінші түрі, ол ұзақ мерзім кезінде топырақ бетіне мұнай және оның өнімдерінің көп жылдық жиналуы нәтижесінде пайда болады. Мұндай ластану мұнай іздестіру және зерттеу жұмыстарын жүргізетін өндірістерде, мұнай өнеркәсібінде, мұнай өндіруші зауыттар аймағында, жанармай бекеттерінде, әртүрлі көліктердің жолында және т.б. жерлерде байқалады.

Көп жылдық ластану нәтижесінде мұнай және мұнай өнімдері топырақтың терең қабаттары-

на еніп, қалыптасқан экологиялық тепе-теңдікті бұзады. Тереңдеп ену нәтижесінде жерасты суларын ластап, кейбір жағдайда көмірсутектердің техногенді жиналуы мүмкін.

Мұнаймен ластанған табиғат объектілерінде топырақтың геохимиялық, агрохимиялық, физико-химиялық қасиеттері, топырақ биоценоздың активтілігі, топырақтың газды режимі өзгереді. Бұл параметрлердің өзгерісін және динамикасын анықтау мұнаймен ластанудың теріс нәтижелерін болжау үшін қажет. Мұнаймен ластану нәтижесінде топырақтың өзгерген негізгі көрсеткіштері қалпына келмеуі мүмкін және осындай топырақтардың рекультивациясы күмән келтіреді. Бұл параметрлердің өзгерісі азғантай болса, топырақтағы экологиялық тепе-теңдігінің өздігінен тазалану немесе тазарту және рекультивациялық жұмыстардың технологиясын қолданған кезде қайта қалпына келуі мүмкіндігін арттырады.

Іздестіру процесінде экологиялық жағдайдың дамуына негізделген болжам, көмірсутекті шикізат мекендерін игеру, оның өндірісі, тасымалдануы және тиімді әдістерді, технологиясын дайындау және табиғи ортаның қайта қалпына келуі тек мұнайдың табиғи ортамен және осындай қарым-қатынаста оның тасымалдануын көрсететін сенімді теориялық және тәжірибелік модельдер арқылы жүзеге асырылады.

Тәжірибелік модельдер негізін комплексті мұнай экологиялық мониторинг нәтижелерін құрау қажет.

Қазіргі заманғы талаптарға сай, кез келген мониторинг міндеттері болып табылады:

- табиғи экожүйелердің ластану деңгейінің констатациясы;
- ескертуді басқару функциялары және сәйкес шаралар жүргізу арқылы антропогенді жүктемені төмендету;
- қоршаған орта ластануының жағымсыз нәтижелерін болжау [2].

Қоршаған орта мониторингісінің проблемасы алдыңғы ғасырдың 60-жылдары кеңінен зерттеле бастады, себебі адамзат келе жатқан экологиялық қауіпті түсінді және қоршаған ортаны қорғауға кірісті және ластаушылардың табиғи экожүйе компоненттеріне және адам денсаулығына әсерін зерттеді.

Қазіргі таңда табиғи экожүйелер мониторингінің теориясы мен методология саласында географтар, геологтар, биологтар, климатологтар, инженерлер, экономистер, саясаттанушылар, құқықтанушылар айналысты. Мониторингтің әртүрлі бағыттары осыдан пайда болды жән автономды түрде дамыды. Олар әртүрлі құбылыстарды бір бағытты зерттеумен және табиғи орта ластануының жағымсыз нәтижелерін минимализациялауға бағытталған сәйкес инженерлі-техникалық шешімдердің жоқтығымен сипатталды [3].

Соңғы жылдары мұнай экологиялық мониторинг саласында көмірсутекті ластанудың әсерінен топырақтық экожүйелердің әртүрлі параметрлерінің өзгеруі туралы үлкен фактілік мәліметтер жинақталды. Өкінішке орай, бұл зерттеулер міндетті координациясы жоқ және бірдей мақсатқа бағынбайтын ортақ бағдарламалар жоқ кезде жүргізілді.

Бұл мәселе аэробты жағдайда топырақтың көмірсутекті ластану әсерінен өзгеруінің жалпы моделін жасауды қиындатып отыр.

Мұнаймен ластанудың әсерінен ластанған топырақтың беткі қабатында кейбір параметрлердің өзгерістерін анықтаумен айналысқан бірқатар зерттеушілер жұмыстарының нәтижелері көрсетілген. Атап өтетін жайт, зерттеулер әртүрлі климаттық зоналарда, минералдық құрамы, антропогенді жүктеме құрамы және деңгейі, ластану ұзақтығы және басқа параметрлері әртүрлі топырақ типтерімен жүргізілді. CO₂ эмиссиясын зерттегенде мұнаймен ластанған топыраққа қосымша микробты масса және оның қамтамасыз ететін әртүрлі компоненттер енгізілді.

Топырақ экожүйесіне ауа жеткелікті кезде мұнаймен ластану әсерінің ортақ тенденциясын жоғарыда аталған жұмыстардың нәтижелері қарастырылып келесідей берілді [4].

Мұнай және оның өңделген өнімдері топыраққа түсіп, оның физикалық сипаттамаларын айтарлықтай өзгертеді. Ластағыштың гидрофобты қасиеттері топырақ бөліктеріне беріледі. Мұнаймен ластанған топырақтың жоғарғы қабатында гидрофобтылықтың артуы төменгі горизонттардың ылғалдылығын арттырады. Ол су және ауа режимінің балансын бұзады, анаэ-

робты процестерді көбейтеді (денитрификация, сульфатредукция және т.б.). Оның химиялық қасиеттері және тығыздығы өзгереді. Мұнай өндіруге қолданылған суда натрий тұздарының көрсеткіші жоғары болады. Натрийді топырақ сіңіргіш комплекске енгізу және топырақтың қышқылдылығын көрсететін катиондарын шығарып, pH-ты көтеріп жібереді.

Мұнайдың топыраққа түсуінің нәтижесінде органикалық C көрсеткішін көтеріп, C:N сандық көрсеткіштері өзгереді, ол микроорганизмдер мен өсімдіктердің қалыпты дамуына оңтайлы 10:1-дің орнына (400-420): 1-ге жетуі мүмкін. Мұнаймен ластану кезінде топырақ құрамындағы битуминозды заттар және гумустың құрамы өзгереді, төменгі горизонттарда орналасқан органикалық көміртек қорының бөлінуі өзгереді.

Ластанған топырақта агрохимиялық қасиеттері де өзгереді – негізгі қоректік элементтер құрамы төмендейді, олар ауыспалы калий, қозғалғыш фосфор және азот формаларының қатынасы өзгереді.

Егер мұнаймен ластанған топырақта CO₂ тотығуы және 1 г мұнайлы суда 85% көмірсутек болса, онда ~ 1,6 литр CO₂ түзіледі. Көмірқышқыл газының генерациясын мұнаймен ластанған топырақтың геохимиялық, физико-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштерін өзгертетін қосымша фактор екендігін көрсетеді.

Ластанған топырақтағы ауа жеткілікті жағдайда болғанда, көмірсутекті ластанудың әсері топырақ параметрлерінің өзгеру бағытына және тенденциясына тәуелді болады. Ауа жеткіліксіз зонада мұнаймен ластанған топырақтағы төмен орналасқан горизонттардың мұнаймен ластануына әкеледі немесе апатты жағдайда мұнайдың төгілуі топырақтың беткі қабаттарына ауаның келуін қиындатады. Екі жағдайда да жүйедегі ауа балансының бұзылуы топырақ процестерінің бағытын өзгертеді.

Ауа жеткіліксіз жағдайда кейбір топырақ параметрлерінің дизельді отынмен ластану 0,5-0,6% болғанда өзгеруін зертханалы модельдеу нәтижесі өтіп жатқан процестердің кейбір тенденциясын жасауға мүмкіндік береді [4].

Авторлардың ойынша, топыраққа мұнаймен ластану әсерінің бағалау критерийлерінің бірі ретінде, ластану деңгейінің органикалық заттар құрамына тәуелділігімен сипатталып, топырақтың минералды құрамдарына да байланысты, себебі ол биохимиялық процестерге қатысады [5].

Топырақтың дизельді отынмен ластануы бақылау үлгісіне қарағанда битумоидтардың құрамының өзгерісін туғызады. Қиыршықты құмнан

басқа топырақтың барлық типтерінде хлороформды битумоидтың мөлшері жоғарылап, ал басқа да құрамдас майлар мен шайырлардың және бензолды шайырлардың мөлшері төмендейді. Құнарлы топырақтарда керісінше асфальтендер артып, қалған жабындыларда олардың мөлшері азаяды.

Ластанбаған топырақтарға қарағанда, дизель отындарымен ластанған қиыршықты құмдарда биохимиялық газдардың, аз мөлшерлерде (газдар, метан және азот) генерациясы жүреді. Ластанған топырақтарда оттегі айналымының құрамдас заттардың шығымы ластанбаған топырақтарға қарағанда көп.

Жоғарыда көрсетілгендей, әртүрлі топырақтардың типтеріне байланысты басқа газдар компоненттер генерациясы бірдей емес және бір-бірімен байланысты болады.

Дизельді отынның қиыршық құмға әсерінің жоғары екені қарастырылып параметрлерден көрсетілген. Құмдағы органикалық затты анықтау үшін енгізілген дизельді отын концентрациясы құмға апатты жағдайға әкелді. $C_{\text{орг}}$ ластану деңгейі 22-ге тең.

Құнарлы және қарашірік топырақтарда бұл арақатынас 0,20 және 0,08-ді құрап, ал органикалық заттардың есебі одан да төмен болады. Дизельді отынның құрамын және анаэробты жағдайды есепке алғанда тәжірибедегі бұл типті топырақтардағы биохимиялық процестердің өзгеру бағытын түсінуге болады. Тәжірибеде ластанған заттардың утилизациясы жүрмейді, тек органикалық зат жаңа битумоидтарды құрып трансформацияланады. Терең енген көмірсутекті ластанудан топырақтың рекультивациясы мен тазарту технологиясын жасауда бұл жайтты ескеру керек.

Әртүрлі топырақ типтеріне жүргізілген модельдеу нәтижесі отынмен ластануға бірдей жауап қайтармайтынын көрсетті.

Қиыршық топырақ тәжірибе кезінде ластанбаған топырақпен салыстырғанда бос газ анықталмады. Қалған топырақ типтерінде дизельді отынмен ластану нәтижесінде фонмен салыстырғанда биохимиялық газдардың генерациясы (мл/кг ылғалды топырақ), CO_2 , CH_4 , N_2 генерациясы азаяды. Ластанған топырақтарда бақылау үлгісімен салыстырғанда шығарылған газдың құрамында ауа саны азайған.

Қарастырылған басқа көрсеткіштердің сандық өзгерісінің бірдей болмауы, әртүрлі типті топырақтардың бірдей мұнаймен ластануға әртүрлі әсер ететінін көрсетіп отыр.

Осы аталғандарды және мұнай экологиясы бойынша үлкен көлемде жарияланған мәліметтерді ескере отырып, осындай қорытындыға келуге болады:

- мұнаймен ластанудың құрамына байланысты бірдей топырақтарға антропогенді жүктеме бірдей әсер етпейді;

- минералогиялық құрамы, органикалық заттар, топырақ микробиоценозының саны мен құрамына байланысты топырақтар бірдей мұнаймен ластануға әртүрлі жауап қайтарады;

- ластанған топырақта тотығу-тотықсыздану шарты топырақтың өзгеру бағытына да, көмірсутекті ластағыштың өзгеруіне да әсер етеді;

- ауа жеткіліксіз жағдайда ластанған топырақтың өзгерісі көмірсутекті ластағыштың әсерінен биохимиялық газдардың генерациясы жүзеге асады (CO_2 , N_2 , CH_4 , метанның қаныққан және қанықпаған гомологтары).

Соған байланысты көмірсутекті ластағыш әсерінен ластанған топырақ экожүйесінде негізгі параметрлерінің өзгеру моделін жасаудың ғылыми және тәжірибелік маңыздылығын көре аламыз.

Оның өзектілігі бүгінгі күнде анық, бұл проблеманың күрделілігі мен көп жоспарлы екендігі белгілі. Модельдеу кезінде ландшафты-геохимиялық ауданын, топырақтың типін, топырақтың мұнаймен ластану тереңдігін, деңгейін, құрамын топырақ жүйесін және мұнаймен ластануды көрсететінін ескеру қажет. Мұндай модельдерді мұнай және мұнай өнімдерімен ластанған арнайы полигондарда және лабораторияларда жасауға болады.

Әртүрлі ластанған және фондық топырақтардың өзгерісін соңғы уақыттағы көпжылдық және біркелкі бақылаулар модельдерді құруға және мұнаймен ластанудың зиянды нәтижелерін бағалауға мүмкіндік береді. Ластайтын заттардың трансформациясын бақылау керек.

Мұнай экологиялық мониторинг көмірсутекті ластағыш әсерінен ластанған топырақ экожүйесінде негізгі өзгерістердің моделін жасауға негіз болады. Экологиялық мониторинг жүргізу концепциясы барысында топырақ экожүйесінің мұнай және мұнай өнімдерімен ластану кезінде кейбір параметрлерді бақылау қажет:

- топырақтағы мұнай мен мұнай өнімдерінің концентрациясы;

- ластағыштың құрамы, ластағышты жеке көмірсутек деңгейіне дейін бақылау;

- ластанған аумақ және топыраққа ену тереңдігі.

Топырақтың негізгі параметрлерінен келесілер ұсынылды:

- Ph, Eh, T, ылғалдылық, тығыздық, көпіршектік;

- органикалық көмірсутек, ерітілмейтін қалдық;
 - гумус, калий, фосфор, азот;
 - ауыр металдар, радиоактивті элементтер және өнімдер, олардың ыдырауы;
 - микроорганизмдер, бірінші кезекте – көмірсутектотықтырушылар;
 - газды құрам, бірінші кезекте – көмірқышқыл газының эмиссиясы.

Аталған параметрлер комплексі, біздің ойымызша, топырақ экожүйесін құраушыларды өзгеріске алып келетін негізгі параметрлер.

Осындай зерттеулерді көп жүргізілу көмірсутекті ластағыш әсерінен ластанған топырақ экожүйесінде негізгі өзгерістерінің объективті моделін жасауға мүмкіндік беретін еді.

Зерттеулерді жүргізген кезде мұнаймен ластанған полигонды таңдау, ол аумақтың ландшафты, климаты, топырағы ескерілуі қажет.

Лабораторлық модельдеуде мұнаймен ластанудың әсерінен топырақта болатын өзгерістердің табиғи процесін жасау мүмкін емес. Дегенмен, арнайы шарттар да процестердің өзгеру бағытының тенденциясын жасауға болады. Ла-

бораторлық модельдеудің әртүрлілігі қойылған мақсат пен міндетке, зерттеу объектісіне, мұнаймен ластану типіне, лабораториялық базаның техникалық мүмкіншіліктеріне, ұзақтығына т.б. жағдайларға байланысты. Лабораторлық модельдеуде маңызды фактор, ол оның ұзақтығы.

Қарастырылып отырған проблеманы шешудің айқын жолы, біздің ойымызша, типті модельдер сериясын жасау.

Типті модельдер сериясын жасау үшін фонмен салыстырғанда, мұнаймен ластанған топырақ экожүйесіндегі өзгерісті тұрақты көрсетіп тұратын көрсеткіштерді бекіту керек. Олар:

- топырақ типі;
- мұнаймен ластану типі;
- антропогенді жүктеме деңгейі.

Ластанған топырақтағы тотығу-тотықсыздану процестері және топырақтың ландшафтты-климаттық аудан типіне байланысты.

Бүгінгі таңда, қарастырылып отырған проблема мемлекеттік болмаса да, аумақтық деңгейде ғылыми-практикалық жұмыстарына сай комплексті бағдарламаны дайындауды қажет етеді.

Әдебиеттер

- 1 Панов Г.Е., Петряшин Л.Ф., Лысяный Г.Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1986.
- 2 Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР, сер. геол. – №3. – 1975. – С. 13-25.
- 3 Белонин М.Д., Рогозина Е.А. Актуальные проблемы нефтеэкологии // Докл.первой Межд.конф. «Охрана окружающей среды при поисках, разведке, разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке». – СПб., 1996. – С. 12-18.
- 4 Рогозина Е.А., Архангельская Р.А., Свечина Р.М. Модели изменения различных типов почв под действием углеводородного загрязнения // Сб. Новые идеи, теоретические обобщения и методические решения в нефтяной геологии. – СПб., 2004. – С. 131-139.
- 5 Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: МГУ, 1999/ – 208 с.

References

- 1 Panov G.E., Petryashin L.F., Lysyanyi G.N. Okhrana okruzhayuwei sredy na predpriyatiyakh neftenoi i gazovoi promyshlennosti. – M.: Nedra, 1986.
- 2 Gerasimov I.P. Nauchnye osnovy sovremennogo monitoringa okruzhayuwei sredy // Izv. AN SSSR, ser. geol. AN SSSR, ser. geol. – № 3. 1975. – S. 13-25.
- 3 Belonin M.D., Rogozina E.A. Aktualnye problemy nefteekologii / Dokl.pervoi Mezhd.konf. «Okhrana okruzhayuwei sredy pri poiskakh, razvedke, razrabotkemestorozhdenii uglevodoronogo syrya, ego pererabotke i transportirovke». – SPb., 1996. – S. 12-18.
- 4 Rogozina E.A., Arkhangelskaya R.A., Svechina R.M. Modeli izmeneniya razlichnyh tipov pochv pod deistviem uglevodorodnogo zagryazneniya // Sb. Novye idei, teoreticheskie obobweniya i metodicheskie resheniya v neftyanoi geologi. – SPb., 2004. – S. 131-139.
- 5 Pikovskii Yu.I. Prirodnye i tekhnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayuwei srede. – M.: MGU, 1999/ – 208 s.