

УДК 504.53.062.4

**О НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ И ИХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ**

Доктор биол. наук

К.Ш.Фаизов

Канд. с.-х. наук

И.К.Асанбаев

Рассмотрено влияние нефтезагрязнения на генетические свойства почв, их экологические последствия, а также вопросы реабилитации загрязненных почв с использованием углероддиоксида микрорганизмов.

В Казахстане ежегодно добывается 20-25 млн тонн нефти, из них свыше 90 % в пустынных регионах Атырауской и Мангистауской областей. Здесь разведаны, подготовлены к эксплуатации и действуют 160 нефтегазовых месторождений с фондом нефтяных, нагнетательных и вспомогательных скважин 4000 единиц. В перспективе намечается освоение богатейших запасов нефти в шельфовой зоне Каспийского моря (3,5 млрд т) и подсолевых пермских нефтей, довести площадь нефтегазовых районов до 1,7 млн км², добычу нефти к 2010 году до 70 млн т.

Наиболее крупные запасы нефти открыты и интенсивно разрабатываются с 1930-х годов на Эмбенском (Доссоре с 1911, Макате - 1915 гг.) с 1965 - на полуострове Мангышлак (Жана Озен, Жетыбай, Каламкас и др.) и с 1979 - крупнейшем Тенгизском месторождениях. Разрабатываемая нефть отличается повышенным пластовым давлением (800-900 атм. и более), высокой концентрацией сероводорода (в Тенгизской нефти до 20 %), уголекислоты, меркаптанов и др. Сероводород является сильно

ядовитым газом нефтепромыслов, присутствие которого в атмосфере в количестве до 0,1 % вызывает паралич дыхательных путей с летальным исходом живого организма. Концентрация сероводорода в районе Тенгизского нефтяного месторождения достигает 5-7 ПДК. В Мангышлакской нефти содержится большое количество парафина (20-27 %) и асфальтосмолистых веществ, застывающих при температуре 36-37 °С, что создает большие трудности при добыче и транспортировке, создавая аварийные ситуации. Парафин не токсичен, но при низких температурах кристаллизуется в прочную массу, абсорбирует смолистые вещества и асфальтены, создает в профиле почвы плотные битумные коры, пропитанные мазутом и химреагентами. Они слабо окисляются на воздухе, мало доступны микроорганизмам, поэтому в естественных условиях медленно разлагаются и долго сохраняясь в профиле почв, нарушают их экологические функции.

Исследования показывают, что почвы с битумной корой характерны для высокосмолистых нефтей и диагностируются по содержанию в групповом составе масляной фракции [9]. В Западном Казахстане имеется около 40 таких месторождений (Караарна, Каламкас, Каражамбас и др.). В групповом составе природных битумов содержится 48,3 % углеводородов (масла), 32,6 - парафинонафтенных веществ, 17,9 - смола, 33,8 - асфальтенов; элементарный состав представляют углерод более 80 %, водород - 10, кислород, сера и азот - 5. Показатель сцепления битумов достигает 80-90 % и свидетельствует о высокой прочности связи органической и минеральной составляющих нефтебитуминозных пород [9]. Поэтому почвы с битумной корой в профиле характеризуются высокой плотностью сложения, низкой пористостью, непроницаемые для воды, воздуха и корней растений, являются наиболее трудноумелиорируемыми.

Технология добычи нефти на месторождениях Западного Казахстана связана с очень сложными условиями солеотложения в призабойной зоне и коммуникациях, парафинизацией подземного и наземного

оборудования, обводнением скважин и коррозией оборудования. Это ведет к частому порыву труб, сбросу сырой нефти и высокоминерализованных пластовых вод на поверхность, загрязнению и засолению почв. Нефтехимическое загрязнение почв отмечается на площади всех действующих нефтегазовых месторождений и трассах магистрального нефтепровода. Только на предприятиях объединения "Кульсары-нефть" Атырауской области в среднем за год происходит 150-180 аварий на нефтепроводах, при этом на каждые 10 км протяженности приходится 0,5-0,8 га разливов нефти. В 1995 году на нефтепромыслах Атырауской и Мангистауской областей было розлито около 190 тыс.т нефти и замазучено 800 га почвенного покрова. Известна катастрофическими последствиями авария 1985 г. на скважине N 32 Тенгизского месторождения, когда в течении 400 суток пожара было сожжено в факеле 6 млн.т нефти, 3,3 млрд.м³ газа и 600 млн.м³ сероводорода, обезжизнены большие площади почвенно-растительного покрова.

Нефть состоит из большого количества углеводородов, высокомолекулярных нафтено-парафиновых и асфальто-смолистых веществ, которые поступая в почву ведут к трансформации и гудронизации генетического профиля (табл.1).

Загрязняющими химическими веществами нефти при этом служат оксиды углерода и азота, диоксид серы, фенол, аммиак и различные минеральные соли [10]. В сырой нефти присутствуют также канцерогенные полуциклические углеводороды (нафталаны, аценафтаны, флюорены, пирены, бензпирены и др.) [5]. Токсичные химические вещества нефти в процессе геохимической миграции в цепи почвы-растения-живые организмы нарушают генетические свойства почв, оказывают ингибирующее влияние на растения, уменьшают их общую зеленую массу, вызывают глубокие изменения в составе крови живого организма и клетках мозга, являются причиной онкологических заболеваний. Исследования показывают, что плотность живого населения в почвах нефтепро-

мыслов и вдоль трассы нефтегазопроводов в 10-12 раз ниже, чем на незагрязненных [7]. Промышленная зона всех действующих нефтепромыслов загрязнена сероводородом, меркаптанами, аммиаком, сернистым ангдридом и др. Только на объединении "Кульсарынефть" ежегодно выбрасывается в атмосферу 110 тыс. т токсичных веществ. Высокая степень загрязнения почв и атмосферного воздуха токсичными химическими веществами вызывает у населения тяжелые формы гепатита, болезней органов дыхания, туберкулеза и злокачественных опухолей.

Таблица 1

Химический состав нефтей Западного Казахстана
(анализы Н.К.Надирова и др., 1984)

Месторождение	Плотность, г/см ³	Содержание химических веществ, %		
		парафина	смолисто-лиголевых	асфальтеновых
Мартыши	0,887	1,5	2,0	0,5
Камышитовый	0,841	3,1	0,9	0,1
Забурунье	0,895	1,3	17,6	0,8
Гран	0,876	1,9	4,3	1,2
Доссор	0,847	0,8	4,5	нет
Кульсары	0,812	5,5	1,6	0,02
Косчагыл	0,890	0,6	14,0	следы
Каратон	0,880	0,1	15,0	0,1
Мунайли	0,860	1,8	36,0	1,4
Теренузьяк	0,935	0,5	21,0	0,8
Тенгиз	0,817	2,2	4,0	-
Каламкас	0,899	2,1	19,7	1,7
Жетыбай	0,847	20,7	10,9	0,6
Узень	0,866	20,4	20,5	0,6
Асар	0,875	19,7	19,7	1,0
Карамандыбас	-	13,9	21,2	2,6

Продолжение таблицы 1

Месторожде- ние	Плотность, г/см ³	Содержание химических веществ, %		
		парафи- на	смоле- ликоге- левых	асфаль- товых
Бурмаша	-	21,9	9,2	0,6
Северные				
Бузачи	0,838	15,2	5,2	1,8
Бузачи	0,939	1,8	-	-

Преобладающие почвы территории нефтегазодобывающих регионов Атырауской и Мангистауской областей бурые и серо-бурые пустынные [12]. Они формируются в условиях резко континентального засушливого климата, где средняя годовая температура воздуха равна 8-10 °С, сумма эффективных температур выше 10-4000 °С, количество осадков не превышает 150-180 мм. Почвы малобуферные к антропогенным нагрузкам и нефтехимическому загрязнению, содержат наибольшее количество органического вещества (0,5-1,5 %) фульвокислотного состава (Сгк:Сфк 0,5-0,7), карбонатные, засолены растворимыми солями, обладают низкой емкостью поглощения (5-10 мг/экв). Широко распространены неустойчивые к техногенным нагрузкам почвы песчаного, супесчаного и легкосуглинистого состава, несущая способность которых не превышает 1,5 кг/см². Наши исследования показали, что общая площадь антропогенно нарушенных почв в Атырауской и Мангистауской областях превышает 7,0 млн га, в том числе нефтезагрязненных - около 160 тыс.

Глубина нефтехимического загрязнения почв изменяется от 22 до 82 см и достигает на старейших промыслах (Доссор, Макат, Искине и др.) - 5-10 м. В результате загрязнения и деформации тяжелой промышленной техникой изменяется естественный морфологический профиль почв, генетические

горизонты преобразуются, пропитанный сырой нефтью слой приобретает коричнево-бурую и смолисто-черную окраску, становится вязкой, липкой и выворачивается глыбами. После испарения легкой фракции, оставшиеся в профиле тяжелые, богатые маслами фракции, склеивают механические элементы в плотную массу, затрудняя аэрацию и водопроницаемость. Формируются специфические техногенные почвы с существенно иными генетическими свойствами. В них изменяется содержание и состав гумуса, количество азота, фосфора и микроэлементов, возрастает объемная масса, снижается порозность и доступная растениям влага. Создаются крайне неблагоприятные эдафические условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, нарушается интенсивность окислительно-восстановительных и ферментативных процессов, существенно снижается потенциал инвертазной и дегидрогеназной активности [2, 11, 14]. В местах аварийного сжигания нефти и газа генетические горизонты почв обугливаются, спекаются и становятся биологически безжизненными.

Эколого-геохимические последствия загрязнения почв нефтью находятся в прямой связи с их количественно-качественным составом, физико-механическими свойствами и токсичностью компонентов, которые сильно отличаются в нефтях различных месторождений и усиливаются чрезмерной техногенной нагрузкой. Данные химических анализов устанавливают, что загрязнение почв сырой нефтью ведет к закреплению в них органического углерода и повышению содержания гумуса, азота, состава и суммы поглощенных оснований, увеличению степени засоления до уровня солончаковых почв и соланчаков (табл.2). В почвах в 1,5-2,0 раза снижается содержание нитратного азота и рН почвенного раствора (7,4-8,1), возрастает количество углекислоты карбонатов (CO_2 1,6-10,0 %). Результаты определения в почвах валовых и подвижных форм микроэлементов показали, что содержание большинства изученных металлов находится в почвах ниже значений их кларков в земной коре [6] и пороговых концент-

Таблица 2

Химические и физико-химические свойства нефтегазразличенных почв

Почва, месторождение	Глубина образца, см	Гумус, %	СО ₂ , %	рН водной суспензии	Поглощенные основания мг-экв/100 г почвы		
					Са	Мg	Na
Бурная пустынная, Искине	0 - 7	7,5	1,5	7,9	3,0	8,0	2,6
	10 - 20	7,1	1,5	7,8	2,5	5,5	3,6
	24 - 34	3,1	2,6	7,8	4,0	5,5	4,0
Луговая приморская, Досмухамедовское	40 - 50	0,6	3,3	7,4	-	4,5	2,8
	0 - 5	6,3	8,3	7,4	13,0	8,5	1,5
Лугово-болотная, при-морская, Актобе	5 - 12	6,8	7,6	7,6	-	8,5	2,4
	18 - 28	8,8	10,0	7,7	12,5	14,0	6,2
	50 - 60	1,2	8,3	7,7	5,0	7,0	1,4
Солончак приморский, Теренгузак	0 - 5	10,4	8,8	7,4	30,5	10,5	3,4
	5 - 15	13,6	8,6	7,4	31,5	11,0	5,3
Солончак приморский, Теренгузак	30 - 40	3,9	9,5	7,8	-	13,5	11,1
	0 - 18	3,3	1,6	7,9	13,5	2,5	8,2
Солонец пустынный, Колкаар	18 - 42	2,9	0,3	8,1	10,0	1,0	12,6
	42 - 72	1,0	1,7	7,9	8,8	0,5	10,4
Солонец пустынный, Колкаар	0 - 10	6,7	2,8	7,9	3,0	2,5	6,6
	20 - 30	8,1	3,5	7,9	10,0	2,0	5,5
50 - 60	5,9	2,6	7,9	8,8	2,5	6,0	

раций для сельскохозяйственных растений. Отмечается повышенное содержание свинца, выше значений ПДК, местами молибдена, кобальта и стронция. Данные анализы водных вытяжек выявляют преимущественно хлоридно-сульфатно-содовый тип засоления почв, связанный с содержанием в сырой нефти сильно минерализованных пластовых вод хлор-кальциевого (магниево-натриевого) состава (сумма солей 100-300 г/л). Объемная масса загрязненных почв колеблется на уровне 1,3-1,6 г/см³, порозность - 38-45 %.

Реабилитация нефтезагрязненных почв находится в прямой связи и зависимости от климата, механического состава, обеспеченности гумусом и элементами минерального питания растений, аэрации и увлажнения, стимулирующих жизнедеятельность углеродоокисляющих микроорганизмов. В засушливых условиях климата очищение почв от нефтезагрязнения протекает очень медленно, что связано с их низким естественным плодородием и засолением. Основную роль в утилизации нефти в почвах выполняют углеродоокисляющие микроорганизмы и процессы химического окисления. Разнообразие ферментативных систем, быстрая адаптация к изменяющимся условиям среды делают микроорганизмы способными возвращать в биологические циклы в безвредной форме продукты углеводородной трансформации, что определяет их ведущую роль в процессах очищения нефтезагрязненных почв. Исследования показывают, что в нефтезагрязненных почвах региона количество углеродоокисляющих микроорганизмов составляет 102-107 против 103-104 - в незагрязненных почвах [1, 4]. Активизация углеродоокисляющих микробиологических процессов почвы с помощью выведения новых штаммов микробов-деструкторов нефти на фоне оптимального увлажнения, аэрации и внесения удобрений будет способствовать интенсивному разложению нефтепродуктов в почве до полного их окисления и минерализации. Мировой опыт свидетельствует о высокой эффективности микробной очистки нефтезагрязненных почв. Известные фирмы "Оксидентал кемикл" (США),

"Байотритмент" (Англия), "Биодетокс" (ФРГ) и др. успешно используют приемы микробной биотехнологии для очистки нефтезагрязненных почв. Отечественными микробиологами в настоящее время изучены, выделены и рекомендованы для широкого практического использования штаммы микробов-деструкторов углеводородного сырья, способные эффективно утилизировать сырую нефть (на 94-98 %), бензин и дизельное топливо [1, 3, 4, 8]. Созданный ими микробный препарат "Мунайбак" для очистки воды и почвы способен утилизировать нефть на 31-36 % [13]. В полевых опытах по биорекультивации нефтезагрязненных почв получены обнадеживающие результаты [11].

Таким образом, внедрение в практику комплекса мер по очистке нефтезагрязненных почв позволит реабилитировать площади нарушенных почв региона, поможет оздоровить экологическую обстановку и восстановить производительность утеряннного почвенного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Р.М., Шилова Н.Е., Файзуллина Э.Р. Микробиологическое окисление дизельного топлива, бензина, керосина // Изв. НАН РК. Серия биол. - 1994. - N 1. - С. 51-55.
2. Антоненко А.М., Зонина О.В. Влияние нефти на ферментативную активность аллювиальных почв Западной Сибири // Почвоведение. - 1992. - N 1. - С. 38-43.
3. Асанбаев И.К., Ауэзова А.Н., Фаизов К.Ш. Нефтехимическое загрязнение почв Западного Казахстана и перспективы их очистки // Изв. НАН РК. Серия биол. - 1995. - N 6. - С. 3-8.
4. Ахмедов В.А., Бахшиева Ч.Т. О канцерогенности нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова // Экология и охрана почв засушливых территорий Казахстана. - Алматы: Наука. 1991. - 94 с.
5. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных металлов в почвах. - М.: 1950. - 220 с.

6. Деструкционная способность углеродоксилящих микроорганизмов выделенных из оз. Балхаш / О.Н. Ауэзова, Т.П. Недоводиева, Т.А. Петрова, Р.М. Алиев // Изв. НАН КазССР. Серия биол. - 1991. - № 6. - С. 47-51.
7. Досжанов Т.Н., Брагин Б.И. Проблемы экологии животного мира Казахстана // Изв. НАН РК. Серия биол. - 1994. - № 1. - С. 3-8.
8. Квасников Е.И., Ключникова Т.М. Микроорганизмы - деструкторы нефти в водных бассейнах // Киев: 1981. - 132 с.
9. Микробиологическое окисление нефти и нефтепродуктов углеродоксиляющими бактериями, входящими в состав "Мунайбак" / Э.Р. Файзуллина, Н.К. Шилова, Р.М. Алиев, Л.А. Бирюкова // Изв. НАН Республика Казахстан. - Серия биол. - 1995. - № 5. - С. 64-68.
10. Нефтебитуминозные породы Казахстана: проблемы и перспективы / Н.К. Надиров, А.Е. Браун, М.С. Трохименко, Г.Мусаев, В.Я. Стрельниковская // Алматы: Наука, - 1985. - 376 с.
11. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М., Наука, 1988. - С. 7-12.
12. Тазабекова Е.Т. Ферментативная активность почв Республики Казахстан // Автореф. докт. дисс., Алматы, 1995. - 38 с.
13. Фаизов К.Ш. Почвы Гурьевской области // Алматы: Наука, 1970. - 350 с.
14. Хазиев Ф.Т., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биохимических процессов при нефтезагрязнении и активации разложения нефти // Агрохимия. - 1981. - № 10. - С. 102-113.

Институт почвоведения МН-АН Республики
Казахстан им. У.У. Успанова

ТОПЫРАҚТАРДЫҢ МҰНАЙХИМИЯЛЫҚ ЛАСТАНУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕРЛЕРІ ТУРАЛЫ

Биол. ф. докт. К.Ш. Фаизов
Ауыл-ш. ф. канд. И.К. Асанбаев

Топырақтың генетикалық қасиеттеріне мұнайхимиялық ластануының әсері, оның экологиялық өзгерістері қаралынды, сонымен қатар көмірқышқылдататын микроорганизмдерді пайдалану бойынша ластанған топырақты жаңадан қайтару сұрақтары қарастырылды.