

А. У. Чукпарова

РГП «Государственная вневедомственная экспертиза проектов» АДС ЖКХ, Астана

## Микробиологическое состояние и ферментативная активность нефтезагрязненных почв

В статье приведены результаты по изучению микробиологического состояния и активности почвенных ферментов в почвах трех месторождений Атырауской области в разной степени загрязненных нефтью. В результате проведенных исследований установлено что в сильнозагрязненной нефтью почве происходит ингибирование активности почвенных ферментов каталазы, инвертазы, целлюлазы, урезы, за исключением дегидрогеназы, и подавляется численность актиномицетов и мицелиальных грибов; более устойчивыми оказались бактериальные культуры микроорганизмов.

*Ключевые слова:* нефть, экосистема, загрязнение, почвенные сообщества, микробиологические популяции, гомеостаз, каталаза, инвертаза, дегидрогеназа, целлюлаза, уреазы, актиномицеты, микромицеты.

Казахстан на длительную перспективу предусматривает увеличение добычи «черного золота», а это, в свою очередь, ведет к расширению сети трубопроводов, возрастает количество перевозок нефти и нефтепродуктов и, как следствие, невозможность полностью исключить вероятность новых аварий, разливов нефти и нефтепродуктов. Попадая в почву, углеводороды нефти влияют не только на количество органического вещества, но и на его качественный состав. Количество органического углерода в гумусовом горизонте загрязненного участка возрастает в несколько раз [1].

Действие такого антропогенного фактора, как нефть не может быть однозначным, оно определенным образом распространяется на всю изучаемую почвенную экосистему [2]. При нефтяном загрязнении изменяется состав почвенных сообществ и микробиологических популяций, поддерживающих гомеостаз в почве. Все процессы в почве, в том числе микробиологические, взаимосвязаны, взаимообусловлены и тесно скоординированы, обеспечивая равновесие экосистем. Основную долю в микробценозе почв составляют гетеротрофные бактерии, которые могут составлять 99,7 % от общего числа микроорганизмов. Количество микроскопических грибов — до 5,9 %, актиномицетов — до 28,2 %, углеводородокисляющих бактерий — не более 0,01 %. Жизнедеятельность микроорганизмов является одним из важнейших факторов образования почвы и ее плодородия, а также способности самоочищения от загрязняющих органических веществ [3]. Попадая в почву, углеводороды нефти оказывают токсическое воздействие на ее микрофлору, замедляют развитие или вызывают гибель. По данным некоторых авторов [4, 5], при нефтяном загрязнении спорообразующие бактерии и актиномицеты испытывают угнетение, значительно снижается численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, нитрификаторов. Загрязнение почв нефтью и продуктами ее переработки приводит к заметному сдвигу в составе биоты и определяется ее концентрацией. Известно [6, 7], что в низких концентрациях нефть оказывает стимулирующее действие на почвенную биоту, так как является энергетическим субстратом для большой группы почвенных микроорганизмов и содержит вещества, стимулирующие их рост и развитие. Например, нефть стимулирует рост некоторых почвенных грибов (*Paecilomyces*, *Fusarium*), некоторые виды *Coluobasidium* обнаружены только в почве, насыщенной нефтепродуктами [7].

С другой стороны, массивное нефтяное загрязнение почвы, возникающее при аварийных разливах, сопровождается острым токсическим действием нефти на живые организмы. Последнее проявляется наиболее ярко сразу же после попадания загрязнителя в почву. Микробная система почв при разного рода антропогенных загрязнениях реагирует сходным образом путем изменения состава активно функционирующих популяций, входящих в сообщество микроорганизмов. Реакция микроорганизмов зависит от количества и качества загрязнителя [8, 9].

Опасность нефти заключается в том, что она включает почти 3000 ингредиентов, большинство из которых легкоокисляемы. В нефти различного происхождения выделяют легкие, средние и тяжелые фракции. Большой процент в нефти составляют углеводороды тяжелых фракций (плотностью от 0,86 до 1,05 г/см<sup>3</sup>). К ним относят ароматические и полиароматические углеводороды, смолистые ве-

щества. Тяжелые углеводы, вследствие низкой растворимости в воде и высокой температуры кипения, накапливаются в почве и ухудшают водный режим почвы и ее физические свойства. Они резко снижают содержание подвижных соединений азота и фосфора и оказывают токсичное воздействие на рост растений. В результате этого усиливаются эрозия почв и их деградация [10].

Острая токсичность высоких доз нефти (50–300 мл/кг почвы) для микробиоты определяется главным образом наличием в ней летучих ароматических углеводородов (толуола, ксилола, бензола), нафталинов и зависит во многом от свойств ее отдельных фракций. Легкие летучие фракции нефти (бензин, керосин) проявляют биологический эффект сразу же после контакта с клетками микроорганизмов. Эти соединения сравнительно быстро и легко улетучиваются из почвы или разрушаются. Поэтому период острого токсического действия нефти на почвенную биоту является относительно коротким [11]. При загрязнении почвы легкими фракциями нефти гидрофобность почвы практически не изменяется.

Эффект тяжелых компонентов нефти проявляется позже, при котором значительно увеличивается гидрофобность почвы. Подавляющая часть внесенной нефти оказалась сосредоточенной в самом верхнем слое почвы. Подобный характер распространения поступившей нефти в почве связан с ее механической задержкой в верхней части профиля в результате большой вязкости нефти и запечатывания пор почвенных агрегатов, что также приводит к потере способности почвы впитывать и удерживать влагу. В процессе загрязнения почвенного покрова нефтью происходят адсорбция его токсических и канцерогенных углеводородов, склеивание структурных отдельностей, нарушается аэрация, снижается скорость транспирации влаги через вышележащий слой загрязненной нефтью почвы, создаются анаэробные условия [10].

Все эти изменения отрицательно сказываются на жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, приводя к изменению естественных колебаний численности микроорганизмов. Кроме того, повышение количества органического вещества загрязненного участка также неблагоприятно влияет на микроорганизмы почвы из-за токсичности углеводородов, но после преобразования нефтепродуктов в процессе выветривания может стать важным фактором, способствующим восстановлению плодородия почвы. При исследовании влияния антропогенных загрязнений на плодородие почвы показатели её биологической активности входят в состав мероприятий по охране окружающей среды во многих странах [11]. Начиная с 80-х годов прошлого столетия ведется поиск универсальных коэффициентов определения плодородия почв по ферментативной активности почвы. Было предложено множество тестов [12, 13], наиболее интересными из которых, на наш взгляд, являются тесты, основанные на определении активностей ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы, уреазы и инвертазы, дегидрогеназы и кислой и щелочной фосфатазы. В связи с этим целью данного исследования являлось изучение влияния нефтяного загрязнения на численность групп почвенных микроорганизмов и биологическую активность почв месторождений Жанаталап, Терен-Узек и С.Балгимбаев Атырауской области.

#### *Объекты и методы исследования*

Объектами исследований являлись почва месторождений С.Балгимбаев, Жанаталап и Терен-Узек Атырауской области, загрязненная в разной степени нефтью, и физиологические группы почвенных микроорганизмов, в том числе и углеводородокисляющие микроорганизмы.

Для определения современного состояния почвы были отобраны образцы. Отбор проб почвы для микробиологического анализа, определения численности почвенных микроорганизмов проводили общепринятыми в микробиологии методами [14].

Содержание нефти определено гравиметрическим методом [15].

Активность почвенных ферментов (каталазы, инвертазы, дегидрогеназы, целлюлазы и уреазы) определяли методами, предложенными в [16].

Математическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ Excel на персональном компьютере «Pentium-IV».

#### *Результаты исследований и их обсуждение*

На месторождениях Атырауской области распространены солончаки. Здесь встречаются солончаки приморские, луговые, соровые. В солончаках отмечается высокое засоление всего профиля. Солончаки приморские и соровые в большинстве относятся к типу хлоридно-натриевых и сульфатно-хлоридных, солончаки луговые — к хлоридно-сульфатному типу засоления. Помимо этого, в техногенно-нарушенных почвах наблюдаются высокая степень распыления пылевато-иловатого состава

гумусового горизонта почв и возрастание степени карбонатности. На сильно нарушенных участках обнажается карбонатно-иллювиальный горизонт, образуются такыровидные и такырные поверхности, усиливаются процессы засоления. Установлено, что на объектах нефтедобычи АО «Эмбаунайгаз», «Тенгизмунайгаз», «Жаикнефть» нарушения обнаружены на 9023 га из обследованных 58 711,4 га земель. По видам нарушений наибольший удельный вес (68 %) приходится на нарушение почвенного покрова, 14 % территории замазучено и загрязнено нефтью и 3 % занято водой [17]. Добываемая на месторождениях нефть по химическому составу относится в основном к типу нафтенопарафиновых, с повышенным содержанием смол, асфальтенов и сероводорода, характеризуется невысокой вязкостью. Высокое содержание силикагелевых смол и парафинов является главным фактором формирования в профиле почвы битумных кор. Они мало подвижны и поэтому создают очаги устойчивого загрязнения окружающей среды.

Загрязнение почв нефтью приводит к изменениям, которые создают крайне неблагоприятные эдафические условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, нарушается режим их азотного и фосфорного питания, интенсивность окислительно-восстановительных и ферментативных процессов. Изменение экологических параметров при нефтяном загрязнении влияет на численность и физиологическое состояние почвенных микроорганизмов и тем самым непосредственно и косвенно определяет поступление ферментов в почву. Способность почвы осуществлять процессы детоксикации и минерализации углеводородов нефти находится в зависимости от времени контактирования с ними и степени загрязнения. Чем выше степень загрязнения, тем ниже активность ферментов и тем меньше «активный» слой почвы [18].

Проведенный ферментный анализ почв месторождений Атырауской области *ex situ* с различной степенью загрязнения нефтью показал, что активность почвенных ферментов ингибируется, за исключением дегидрогеназы (табл. 1). Показатели биологической активности сравнивали с контрольным вариантом без загрязнения.

Т а б л и ц а 1

**Активность почвенных ферментов и содержание нефти  
в исследуемой почве месторождений Атырауской области**

Вариант	Месторождения		
	С.Балгимбаев	Жанаталап	Терен-Узек
Содержание нефти в почве, мг/кг			
Контроль	0,11±0,02	0,13±0,02	0,40±0,06
Среднезагрязненная почва	6007,15±12,91	5451,04±12,30	9212,30±15,99
Сильнозагрязненная почва	29675,00±27,70	27994,00±27,88	34155,00±30,80
Активность инвертазы, мг глюкозы/г почвы за 24 часа			
Контроль	10,31±0,53	5,82±0,40	4,95±0,37
Среднезагрязненная почва	7,43±0,45	3,67±0,32	2,84±0,28
Сильнозагрязненная почва	4,55±0,35	1,59±0,20	0,97±0,16
Активность дегидрогеназы, ед. ОП			
Контроль	0,42±0,05	0,39±0,03	0,25±0,01
Среднезагрязненная почва	0,73±0,05	0,53±0,07	0,58±0,03
Сильнозагрязненная почва	1,15±0,08	1,09±0,07	0,77±0,06
Каталаза, мл O <sub>2</sub> /г за 2 мин.			
Контроль	12,90±0,61	12,70±0,63	12,90±0,68
Среднезагрязненная почва	11,30±0,62	12,40±0,63	10,70±0,65
Сильнозагрязненная почва	10,60±0,55	11,00±0,51	7,80±0,44
Целлюлаза, % деструкции клетчатки			
Контроль	28,00±0,31	30,60±0,98	16,40±0,67
Среднезагрязненная почва	3,40±0,34	2,80±0,31	2,00±0,20
Сильнозагрязненная почва	1,10±0,12	2,00±0,22	0,60±0,04
Уреаза, мг CO <sub>2</sub> /г			
Контроль	4,40±0,34	5,50±0,39	3,74±0,32
Среднезагрязненная почва	3,10±0,30	3,30±0,30	2,08±0,24
Сильнозагрязненная почва	1,10±0,12	0,77±0,02	0

Проведенный гравиметрический анализ содержания нефтепродуктов в почвах месторождений показал, что наибольшее содержание нефти отмечено в почве месторождения Терен-Узек — 34155 мг/кг почвы, наименьшее — в почве месторождения Жанаталап — 5451 мг/кг почвы. Если сравнить содержание нефти в почве месторождений, то к наиболее загрязненным можно отнести почвы месторождения Терен-Узек. По литературным данным [19] содержание нефти в почве до 1500 мг/кг позволяет отнести их к незагрязненным, от 1000 до 5000 мг/кг — к слабозагрязненным, от 5000 до 13000 мг/кг — к средне-, от 13000 мг/кг и выше — к сильно загрязненным нефтью.

При загрязнении почвы нефтью активность инвертазы резко снижается — в 2–5 раз по сравнению с контролем, тогда как активность дегидрогеназы находится в прямой зависимости от дозы нефти. С увеличением нефти в почве увеличивается и показатель активности дегидрогеназы — по сравнению с контролем активность дегидрогеназы увеличивается в 2,7–3,0 раза.

Отмечается снижение активности каталазы с увеличением концентрации нефти в почве в 1,2–1,6 раза по сравнению с контролем. Это подтверждается и данными Киреевой [18], хотя имеются и противоположные мнения [1]. По-видимому, снижение или увеличение активности каталазы зависит от компонентного состава нефти, наличия в ней токсичных компонентов и возможности кислорода поступать в загрязненную почву.

Изучение активности целлюлазы показало, что биодеструкция целлюлозы в загрязненных нефтью почвах резко падает, в зависимости от степени загрязнения. Так, в сильнозагрязненных почвах месторождений наблюдалось снижение активности целлюлазы по сравнению с контролем в 15–27 раз.

Активность уреазы также снижается в нефтезагрязненных почвах. Так, высокое содержание нефти в почве ингибирует ее активность в 4–7 раз по сравнению с незагрязненной почвой.

Нефтяное загрязнение снижает активность целлюлазы [20, 21] и в значительно меньшей степени каталазы и уреазы, что находит подтверждение в литературе [22, 23]. Изменение показателей активности почвенных ферментов, таких как инвертаза, уреазы и целлюлаза, можно использовать в качестве теста при изучении степени загрязнения почв нефтью.

В районах нефтегазовых месторождений даже слабое загрязнение углеводородами приводит к снижению количества микроорганизмов, которые играют основную роль в процессе самоочищения почвы от загрязнения. Поступление нефти и нефтепродуктов в почву вызывает экологическую сукцессию-репрессию функциональной активности флоры и фауны, приводит в движение все компоненты микробного сообщества, находящегося в состоянии гомеостаза: изменяются структура почвенного микробиоценоза, характер трофических связей, активность биоценоза, направленность и скорость биохимических реакций. Действие нефти на живые организмы почвы в значительной степени определяется ее концентрацией. Известно, что в низких концентрациях нефть оказывает стимулирующее действие на почвенную биоту, так как является энергетическим субстратом для большой группы микроорганизмов и содержит вещества, стимулирующие их рост и развитие [1, 3].

С другой стороны, массивное нефтяное загрязнение почвы, возникающее при аварийных разливах, сопровождается острым токсическим действием нефти на живые организмы, которое проявляется наиболее ярко сразу же после попадания загрязнителя в почву [4].

Т а б л и ц а 2

**Численность микроорганизмов в исследуемых образцах почв, отобранных на месторождении С.Балгимбаев**

Образцы почв	Количество микроорганизмов, КОЕ/г почвы				
	ОМЧ	Спорообр. бактерии	Углеводород-окисляющие	Актиномицеты	Мицелиальные грибы
Контроль (незагрязненная почва)	$6,53 \times 10^6 \pm 0,81$	$8,73 \times 10^4 \pm 0,93$	$1,20 \times 10^6 \pm 0,35$	$4,13 \times 10^5 \pm 0,64$	$1,90 \times 10^4 \pm 0,44$
Среднезагрязненная почва	$2,04 \times 10^5 \pm 0,45$	$2,39 \times 10^4 \pm 0,49$	$1,01 \times 10^5 \pm 0,32$	$1,18 \times 10^2 \pm 0,35$	$1,11 \times 10^2 \pm 0,23$
Сильнозагрязненная почва	$1,92 \times 10^4 \pm 0,44$	$8,70 \times 10^2 \pm 0,29$	$1,43 \times 10^3 \pm 0,38$	1–2	1–2

С целью получения сведений о численности основных групп микроорганизмов для оценки состояния почв в районах нефтедобычи Атырауской области нами были проанализированы отобранные пробы почв с разной степенью загрязнения. Микробиологический анализ загрязненных нефтью почв

месторождения С.Балгимбаев Атырауской области показал снижение численности микроорганизмов (табл. 2).

Так, общая численность микроорганизмов в образцах сильнозагрязненных почв на 2 порядка, среднезагрязненных почв на 1 порядок ниже значений численности микроорганизмов контрольного образца почвы. Количество клеток микроорганизмов при этом в образцах сильнозагрязненных почв составило  $2,04 \times 10^5$  КОЕ/г почвы, в образцах среднезагрязненных почв —  $1,92 \times 10^4$  КОЕ/г почвы против  $6,53 \times 10^6$  КОЕ/г почвы в контроле.

Результаты микробиологического анализа почв месторождения С.Балгимбаев показали, что в загрязненных нефтью почвах довольно значительную часть комплекса почвенных микроорганизмов составляют спорообразующие бактерии. На долю спорообразующих бактерий в контрольных (незагрязненных) образцах почв приходится 1,3 % от общего числа микроорганизмов. В образцах почв, в различной степени загрязненных нефтью, это значение составляет 11,7 и 4,21 % соответственно. Присутствие спорообразующих бактерий в неблагоприятных условиях обитания связано с их способностью переходить в форму спор, в виде которых они переживают любое стрессовое воздействие и которые позволяют давать вспышку роста при улучшении условий обитания [11].

Как известно, в микробиоценозах ведущая роль в разрушении нефти принадлежит углеводородоокисляющим микроорганизмам, основным экологически важным свойством которых является их способность усваивать углеводороды нефти и нефтепродуктов. Углеводородоокисляющие микроорганизмы широко распространены в природе в различных биоценозах и играют важную роль в экосистемах. Поэтому при микробиологическом изучении нефтезагрязненной почвы на фоне численности всей микрофлоры особое внимание уделялось этой группе микроорганизмов.

По данным некоторых авторов [24], численность углеводородоокисляющих бактерий в загрязненных почвах на несколько порядков превышает значения контрольных почв. Данные, полученные нами, показывают обратное. Численность углеводородоокисляющих микроорганизмов в фоновом образце почвы  $1,20 \times 10^6$ , что составляет 18,4 % от общего числа микроорганизмов. Численность углеводородоокисляющих бактерий в среднезагрязненных почвах ниже значений контрольных образцов почв на 1 порядок, их доля составляет 7,5 %, а в сильнозагрязненных почвах — на 3 порядка, и на их долю приходится 49,5 % от общего числа микроорганизмов. Это еще раз свидетельствует о том, что почва испытывает неблагоприятные антропогенные воздействия. Общеизвестно, что количество углеводородоокисляющих микроорганизмов, а также их активность в определенной мере отражают интенсивность процессов окисления нефти. Следовательно, в данном случае низкая численность этой группы микроорганизмов в загрязненных почвах из-за нарушения физико-химических условий среды и высокого содержания нефти — 29675 мг/кг почвы приводит к снижению интенсивности процессов окисления нефти в почве. Кроме того, наиболее важными условиями активной деятельности микрофлоры в присутствии нефтяных загрязнений также являются влажность и температура почвы [25], а в аридных почвах Атырауской области и всего Казахстана лимитирующим деятельность микроорганизмов фактором выступает недостаток влаги в почве.

Велика роль актиномицетов и микромицетов в деструкции нефти. По данным авторов [18, 26], численность микромицетов при нефтяном загрязнении повышается, что указывает на их устойчивость и огромную роль в начальных этапах трансформации нефти [27, 28]. Среди мицелиальных грибов наиболее устойчивыми являются *Penicillium* и *Aspergillus*, а среди актиномицетов высокой деструктивной активностью по отношению к нефти и нефтепродуктам обладают стрептомицеты [29]. Однако изучение численности почвенных грибов показало, что в образцах среднезагрязненных нефтью почв обнаружено  $1,11 \times 10^2$  КОЕ/г почвы, а актиномицетов —  $1,18 \times 10^2$  КОЕ/г почвы, тогда как в образцах сильнозагрязненных нефтью почв обе группы микроорганизмов встречаются единично, что указывает на высокую чувствительность актиномицетов и мицелиальных грибов к нефтяному загрязнению.

Кроме того, следует отметить, что в загрязненных нефтью образцах почв снижено видовое разнообразие микроорганизмов. На питательных средах в чашках Петри вырастают преимущественно однотипные по морфологии колонии микроорганизмов. На месторождении Жанаталап при проведении микробиологического анализа нами отмечена такая же картина, как на месторождении С.Балгимбаев. Результаты анализа представлены в таблице 3.

**Численность микроорганизмов в исследуемых образцах почв,  
отобранных на месторождении Жанаталап**

Образцы почв	Количество микроорганизмов, КОЕ/г почвы				
	ОМЧ	Спорообр. бактерии	Углекислород-окисляющие	Актиномицеты	Мицелиальные грибы
Контроль (незагрязненная почва)	$1,84 \times 10^5 \pm 0,16$	$1,80 \times 10^4 \pm 0,15$	$1,03 \times 10^4 \pm 0,37$	$4,2 \times 10^4 \pm 0,75$	$0,20 \times 10^3 \pm 0,16$
Среднезагрязненная нефтью почва	$1,66 \times 10^5 \pm 0,15$	$1,55 \times 10^4 \pm 0,14$	$1,33 \times 10^2 \pm 0,66$	$2,73 \times 10^3 \pm 0,60$	$0,83 \times 10^3 \pm 0,33$
Сильнозагрязненная нефтью почва	$9,60 \times 10^3 \pm 0,54$	$4,00 \times 10^2 \pm 2,30$	$2,33 \times 10^2 \pm 1,76$	1–2	1–2

Как показали результаты исследований, для незагрязненной почвы характерна высокая общая численность микроорганизмов (общий титр КОЕ в почве,  $10^5$ ).

В среднезагрязненных почвах отмечается снижение углекислородокисляющих микроорганизмов на два порядка по сравнению с контролем и на один порядок — численность актиномицетов. Численность спорообразующих и мицелиальных грибов при сравнении с контролем практически не изменяется и составляет  $1,55 \times 10^4$  и  $0,83 \times 10^3$  КОЕ/г почвы соответственно.

В сильнозагрязненных почвах на два порядка снижается численность спорообразующих, численность же углекислородокисляющих несколько выше по сравнению с среднезагрязненными почвами, тогда как численность актиномицетов и мицелиальных грибов единична.

При высеве на чашках Петри отмечается преобладание бактерий, образующих мелкие пигментированные колонии.

При исследовании проб почвы с месторождения Терен-Узек нами отмечено снижение на порядок общей микробной численности в среднезагрязненных и на два порядка — в сильнозагрязненных нефтью почвах. Значительную часть в комплексе почвенных микроорганизмов сильнозагрязненных почв составляют спорообразующие бактерии — 6,9 % от общей численности микроорганизмов. Однако с увеличением степени загрязнения почвы нефтью отмечается снижение их численности на один и два порядка по сравнению с контролем (табл. 4).

Численность углекислородокисляющих микроорганизмов в среднезагрязненных нефтью почвах составила всего 1–2 клетки, тогда как в сильнозагрязненных нефтью почвах они не были обнаружены. Вероятно, это связано с качественным составом нефти (высокое содержание силикагелевых смол и асфальтенов), нарушением водно-воздушного режима почвы, высокой засоленностью почв и близким залеганием грунтовых вод.

**Численность микроорганизмов в исследуемых образцах почв,  
отобранных на месторождении Терен-Узек**

Образцы почв	Количество микроорганизмов, КОЕ/г почвы				
	ОМЧ	Спорообр. бактерии	Углекислород-окисляющие	Актиномицеты	Мицелиальные грибы
Контроль (незагрязненная почва)	$1,84 \times 10^5 \pm 0,16$	$3,94 \times 10^4 \pm 0,23$	$5,10 \times 10^2 \pm 3,16$	1–2	1–2
Среднезагрязненная нефтью почва	$8,40 \times 10^4 \pm 1,06$	$2,66 \times 10^3 \pm 0,59$	1–2	Не обнаружены	1–2
Сильнозагрязненная нефтью почва	$7,60 \times 10^3 \pm 0,58$	$5,30 \times 10^2 \pm 0,84$	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

Данные таблицы 4 показывают сильное угнетение почвенной микрофлоры месторождения Терен-Узек. Отмечена элиминация таких физиологических групп микроорганизмов, как актиномицеты и мицелиальные грибы.

Различная устойчивость компонентов микробного сообщества почвы к антропогенному пресингу приводит к выпадению наиболее чувствительных звеньев, нарушению естественного равнове-

сия между отдельными группами микрофлоры. В свою очередь это меняет интенсивность отдельных стадий процессов круговорота биогенных элементов и ведет к деградации почв, минерализации гумуса, нарушению экологических функций почвы. По данным Д.Г.Звягинцева и др. [30], такое состояние почвы соответствует высокому уровню загрязнения почв нефтью. Снижение численности, видового разнообразия и активности почвенных микроорганизмов может стать причиной увеличения срока естественного очищения почвы от нефтяного загрязнения и восстановления ее плодородия.

Таким образом, проведенные исследования *ex situ* показали, что содержание нефти свыше 27 994 мг/кг почвы резко угнетает активность ферментов азотного и углеродного цикла в почве, и это в дальнейшем негативно скажется на её плодородии. Наиболее чувствительными к загрязнению почвы нефтью оказались инвертаза, уреазы и целлюлаза. Также сильно нарушен микробный баланс почвы нефтедобывающего региона Атырауской области, а микробоценоз почвы находится в угнетенном состоянии, снижено видовое разнообразие микроорганизмов. Показатели микробиологической оценки антропогенно нарушенных почв можно применять в индикации загрязнения их поллютантами. Так, повышенной чувствительностью к нефтяному загрязнению обладают актиномицеты и мицелиальные грибы, так как высокие концентрации нефти оказывают на них подавляющее воздействие. Более устойчивыми являются бактериальные культуры микроорганизмов, участвующие в процессах окислительной трансформации нефтяных углеводов в почве.

### Список литературы

- 1 *Исмаилов Н.М.* Нефтяное загрязнение и биологическая активность почвы // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. — М.: Наука, 1992. — С. 227–235.
- 2 *Оборин А.А., Калачникова И.Г. и др.* Нефтяное загрязнение почв и способы рекультивации // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. — Пушкино, 1987. — С. 284–287.
- 3 *Ильин Н.П., Калачникова И.Г. и др.* Наблюдение за самоочищением почв от нефти в Средней и Южной тайге // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. — М.: Наука, 1992. — С. 245–258.
- 4 *Оборин А.А., Колесникова Н.М. и др.* Трансформация нефтяных углеводов почв, загрязненных нефтью // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. — Пушкино, 1987. — С. 139–140.
- 5 *Колесникова Н.М., Плещева О.В.* Микробоценоз почвы в условиях нефтяного загрязнения // Микробиологические методы защиты окружающей среды (5–7 апреля, 1988, Пушкино): Тезисы докл. — Пушкино, 1988. — С. 144–145.
- 6 *Гузев В.С., Левин С.В. и др.* Роль почвенной микробиоты в рекультивации нефтезагрязненных почв // Микроорганизмы и охрана почв. — М.: Наука, 1989. — С. 129–150.
- 7 *Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 248 с.
- 8 *Звягинцев Д.Г., Голимбет В.Е.* Биомасса микроорганизмов в почве и их активность // Сельскохозяйственная биология. — Пушкино, 1983. — № 12. — С. 112–116.
- 9 *Звягинцев Д.Г.* Почва и микроорганизмы. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 256 с.
- 10 Методы контроля качества почвы / Под ред. А.П.Воронина. — Воронеж, 2007. — 106 с.
- 11 *Устинов М.Т., Казанцев В.А. и др.* Мониторинг территорий нефтегазовых промыслов методом почвотестирования // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. — Нижневартовск, 2000. — С. 197–199.
- 12 *Абрамян С.А.* Изменение ферментативной активности почвы под воздействием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. — 1992. — № 7. — С. 70–82.
- 13 *Шемелина Т.Н., Новоселова Е.И. и др.* Диагностирование степени загрязненности почв нефтью по показателям ферментативной активности // Вестник Оренбургского гос. ун-та. — 2007. — № 75. — Окт. — С. 432–434.
- 14 Практикум по микробиологии // Под ред. Н.С.Егорова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. — 307 с.
- 15 *Богомолов А.И.* Современные методы исследования нефтей. — Л.: Недра, 1984. — 431 с.
- 16 *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 231 с.
- 17 *Гилязов Е.Г., Диаров М.Д., Муликов Р.Р.* Экология и нефтегазовый комплекс. — Алматы: Ғылым, 2003. — Т. 4 — 832 с.
- 18 *Киреева Н.А., Галимзянова Н.Ф.* Влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами на численность и видовой состав микромицетов // Почвоведение. — 1995 — № 3–4. — С. 20–27.
- 19 *Давыдова С.Л., Тагасов В.И.* Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. — М.: Изд-во РУДН, 2004. — 163 с.
- 20 *Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф.* Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // Агрохимия. — 1988. — № 2. — С. 56–61.
- 21 *Абрамян С.А.* Изменение ферментативной активности почвы под воздействием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. — 1992. — № 7. — С. 70–82.
- 22 *Кочетков И.А., Лазарева И.О.* Влияние некоторых загрязнителей на показатели биологической активности почв // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Сб. науч. тр. — Самара: Изд-во СГУ, 1999. — С. 160–165.

- 23 Рахимова Э.Р., Гарусов А.В., Зарипова С.К. Биологическая активность нефтезагрязненной почвы при засолении // Почвоведение. — 2005. — № 4. — С. 481–485.
- 24 Краснопевцева Н.В., Крашенинникова Т.К. и др. Разработка технологий получения биодеградантов нефти для очистки мест добычи и переработки // Экология 2002: эстафета поколений: Материалы II Пущинской междунар. школы-семинара по экологии, 23–26 апреля 2002 г. — Пущино, 2002. — С. 50–51.
- 25 Капотина Л.Н., Морщакова Г.Н. Биологическая деструкция нефти и нефтепродуктов, загрязняющих почву и воду // Биотехнология. — 1998. — № 1. — С. 85–92.
- 26 Киреева Н.А. Микроскопические грибы-биодеструкторы нефтяных углеводородов в почве // Ботанические исследования на Урале. Информационные материалы. — Свердловск, 1990. — С. 41.
- 27 Кузнецов В.Д., Зайцева Т.А. и др. *Streptomyces albiaxialis* sp. nov. — новый вид термо- и голотолерантного стрептомицета, разлагающего углеводороды нефти // Микробиология. — 1984. — Т. 53. — № 2. — С. 116–121.
- 28 Заборина О.Е., Барышникова Л.М. и др. Разложение пентахлорфенола в почве интродуцированным штаммом *Streptomyces rochei* 303 и активированной почвенной микрофлорой // Микробиология. — 1997. — Т. 66. — № 5. — С. 661–666.
- 29 Rhykerd R.L., Weaver R.W., McInnes K.J. Influence of salinity on bioremediation of oil in soil // Environ. Pollut. — 1995. — Vol. 90. — № 1. — P. 127–130.
- 30 Звягинцев Д.Г., Гузев В.С. и др. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью // Почвоведение. — 1989. — № 1. — С. 72–78.

А.У.Чукпарова

### **Мұнаймен ластанған топырақтың микробиологиялық жағдайы және ферменттік белсенділігі**

Мақалада мұнаймен ластану деңгейі әр түрлі Атырау облысындағы үш кен орнының топырағының ферменттік белсенділігінің және микробиологиялық жағдайы бақылау барысындағы нәтижелері келтірілген. Олар бойынша мұнаймен өте қатты ластанған топырақта топырақ ферменттері каталаза, интерфаза, целлюлаза, уреаз белсенділіктері тежеледі, дегидрогеназадан басқасында актиномицеттердің және мицелиалды саңырауқұлақтардың саны кемиді, микроағзалардың бактериалды культуралары ғана тұрақтылық көрсетті.

A.U.Chukparova

### **Microbiological status and enzymatic activity of oil-contaminated soil**

In the present article given the results of the study of the microbiological status and activity of soil enzymes in the soil of the three fields of Atyrau region, to different degrees of oil pollution. As a result of conducted studies it is set that in heavily polluted by oil grounds inhibition of activity of soil enzymes catalase, invertase, cellulase, trimming, except for dehydrogenase and suppressed the number of actinomycetes and filamentous fungi, bacterial cultures of microorganisms became more resistant.