

УДК 665.637.653.532.1

¹А.У. Туякбаева*, ¹Е.Ж. Шорабаев, ¹С.М. Ерденев, ²А.К. Саданов

¹Филиал «Прикладная микробиология», Казахстан, г. Кызылорда

²РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

*E-mail: tuyakbaeva@mail.ru

Изучение влияния органоминеральных удобрений на нефтезагрязненную почву месторождения «Кенлык» Кызылординской области в лабораторных условиях

В данной статье изучено влияния органоминеральных удобрений модельного эксперимента нефтезагрязненной почвы месторождения «Кенлык» Кызылординской области. После 2 месяцев при добавлении органоминеральных удобрений и проведения агротехнических мероприятий на нефтезагрязненной почве наблюдалось значительное увеличение численности основных групп почвенных микроорганизмов и снижение содержания нефти в почве до 72,7%.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, удобрение, углеводородокисляющие микроорганизмы.

A.U. Tuyakbayeva, E.Zh. Shorabaev, S.M. Yerdenov, A.K. Sadanov

Studying of influence of mineral member fertilizers on the petro polluted soil of a field “Kenlyk” in area of Kyzylorda with laboratory conditions

In this article was studied an examined the influence of organicmineral fertilizers of model experiment of soil polluted by oil deposit “Kenlyk”, the Kyzylorda area. After 2 months when adding the organicmineral fertilizers and carrying out agrotechnical measures on soil polluted by oil was observed the significant increase in the number of main groups of soil microorganisms and reduce oil content in soil up to 72.7%.

Keywords: oil pollution, fertilizer, hydrocarbon oxidizing microorganisms.

A.U. Туякбаева, Е.Ж. Шорабаев, С.М. Ерденев, А.К. Саданов

Зертхана жағдайында Қызылорда облысының «Кенлік» кен орнының мұнаймен ластанған топырағына органикалық-минералдық тыңайтқыштың әсерін зерттеу

Мақалада Қызылорда облысындағы «Кенлік» кен орнынан әкелінген мұнаймен ластанған топыраққа, зертхана жағдайында жасалған тәжірибеде органикалық-минералдық тыңайтқыштың әсер етуі зерттелді. Екі ай өткеннен кейін, органикалық-минералдық тыңайтқыштың және агротехникалық іс-шаралардың әсерінен мұнаймен ластанған топырақта топырақтағы негізгі микроағзалардың санының өсуі және топырақ құрамындағы мұнайдың мөлшерінің 72,7 %-ға төмендеуі байқалды.

Түйін сөздер: мұнай ластануы, тыңайтқыштар, көмірсутектерді тотықтыратын микроорганизмдер.

В Казахстане продолжается интенсивное освоение ресурсов углеводородного сырья. Наряду с добычей и транспортировкой нефти и газа отмечается тенденция усовершенствования и дальнейшего развития собственной нефтехимической промышленности. Проблема очистки окружающей среды от нефтяного загрязнения приобретает

все большую остроту в связи с ограниченностью возможностей механических и физико-химических способов очистки. Из трех основных составляющих природных сред – почвы, воды и воздуха – сложнее всего восстанавливаются загрязненные почвы, поскольку способны аккумулировать и закреплять токсические вещества [1].

В почвах каждой климатической зоны формируется микробценоз, обладающий различной активностью трансформации углеводов. Из-за наличия обширной территории, в нашей стране не может быть разработано единых рекомендаций для всех районов по защите и рекультивации земель, нарушенных при нефтедобыче и транспортировке нефти. Эффективность мероприятий, направленных на восстановление земель, для каждого ландшафтно-геохимического района возможна только с учетом природных механизмов самоочищения - факторов, ускоряющих этот процесс, количественных и качественных критериев, характеризующих разные стадии изменения нефти, почв, растительности, а также скорость восстановления последних. От данных факторов зависит правильная оценка экологического ущерба, вопросы нормирования нефтезагрязнений и расчет объемов работ по ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов [2, 3, 4].

Наиболее оптимальным показателем устойчивости почв к нефтяным загрязнениям является состояние микробных сообществ. Показано, что при загрязнении почв нефтью происходит адаптация и перестройка функциональной структуры почвенного микробного сообщества [5].

Ускорить очистку почв с помощью нефтеокисляющих микроорганизмов возможно несколькими способами: активизацией метаболической активности естественного микробценоза путем изменения водно-воздушных условий почвы и её питательного режима (агротехнические приемы); подготовкой и внесением активных нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненные почвы [6].

Процесс естественного самоочищения и восстановления загрязненной среды длителен, естественная почвенная микрофлора способна разрушать нефтяные загрязнения почвы, однако эти процессы в условиях повышенных нагрузок на локальном уровне происходят крайне медленно, по мнению большинства исследователей, этот процесс продолжается 20-25 лет [7]. В связи с этим проблема очистки почв от нефтяных загрязнений является важной задачей биотехнологии защиты окружающей среды. Наиболее безопасным в экологическом плане является способ биовосстановления с использованием микроорганизмов.

Одним из наиболее перспективных методов

ускорения биологического разрушения нефтяных углеводов в природной среде является введение активных нефтеокисляющих микроорганизмов. Интродукция в загрязненную почву культур микроорганизмов, способных осуществлять окисление алифатических, ароматических, и других углеводов, приводит, как правило, к ускорению очистки загрязненных нефтью экосистем и позволяет обеспечить стабильность процесса биологического распада [8, 9].

Следует отметить, что к настоящему времени существует огромное количество публикаций о нефтеокисляющих микроорганизмах. Микроорганизмы, способные деградировать нефть, относятся к различным родам и видам, и их главной отличительной особенностью является способность разрушать нефть и нефтепродукты в слабозагрязненных почвах, реже – в среднезагрязненных [10, 11]. Возможность использовать микроорганизмы для восстановления сильнозагрязненных почв не рассматривается исследователями, хотя это очень важно для решения проблемы нефтяных загрязнений. Даже возможность перевода сильнозагрязненных почв в разряд слабо- или среднезагрязненных почв будет способствовать решению проблемы, так как слабо- или среднезагрязненные почвы можно очистить путем использования известных нефтеокисляющих микроорганизмов и проведением рекультивационных мероприятий для восстановления почв.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение влияния органоминеральных удобрений на нефтезагрязненную почву месторождения «Кенлык» Кызылординской области в лабораторных условиях.

Материалы и методы

Для постановки модельного эксперимента использовали нативную нефтезагрязненную почву с месторождения «Кенлык» Кызылординской области. Почву просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм, отбирали растительные остатки и твёрдый кристаллический материал (мелкие камешки, ракушки). Инкубирование почвы проводили в течение 60 суток при комнатной температуре +28-30°C. Влажность почвы поддерживали на уровне 60%.

Длительность модельного эксперимента составила 60 суток, в течение которых контролиро-

вали деструкцию нефти в почве, активность каталазы и дегидрогеназы [12]. Отбор проб почвы проводили согласно установленным методам отбора и подготовки проб почвы для микробиологического и химического анализа. Динамику численности основных групп микроорганизмов определяли в почвенных образцах методом предельных разведений с последующим высевом на агаризованные среды.

Определение содержания нефти в почве методом газовой хроматографии (Agilent 6890/5973N) с масс спектрометрическим детектированием.

Для сравнения заложено несколько вариантов опыта, в качестве контроля служила загрязненная почва (без внесения удобрений).

В модельном эксперименте использованы следующие варианты:

1. Контроль загрязненная почва (без внесения удобрений); 2. Загрязненная почва + органиче-

ское удобрение (загр. почва + орг. удобрение); 3. Загрязненная почва + минеральное удобрение (загр. почва + мин. удобрение); 4. Загрязненная почва + органо-минеральные удобрения (загр. почва + органо-минеральные удобрения).

Результаты и их обсуждение

Для оценки содержания нефти в почве лабораторного эксперимента методом газовой хроматографии с масс спектрометрическим детектированием определялось начальное содержание нефти и нефтепродуктов, отобрано 3 почвенных образцов (загрязненные нефтью почвы – 2 пробы и для сравнения отбирали незагрязненную почву – 1 проба).

Изучены агрохимические показатели почвы и содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd) отобранных почвенных образцов.

Таблица 1 – Определение агрохимических показателей и содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd) в почве модельного эксперимента

Наименование показателей		Ед. измерения	Показатели		
			Незагрязненная почва	Загрязненная почва 1	Загрязненная почва 2
Конц. ионов водорода, рН		-	8,44	8,53	8,55
Агрохимическая характеристика почвы					
Механический состав		-	Песок	Песок	Песок
Карбонаты	-	ммоль/%	н/о	н/о	н/о
Гидрокарбонаты	-	ммоль/%	0,35/0,021	0,50/0,031	0,40/0,024
Хлориды	-	ммоль/%	0,239/0,008	0,287/0,010	0,277/0,010
Сульфаты	-	ммоль/%	22,5/1,030	24,0/1,150	23,0/1,100
Содержание тяжелых металлов					
Свинец	6,0	мкг/г	0,007	0,001	0,007
Цинк	23,0	мкг/г	0,185	0,220	0,430
Кадмий	3,0	мкг/г	0,007	0,011	0,012

По результатам агрохимического анализа, выявлено, что проба 1 (незагрязненная) характеризуется по механическому составу – песок, рН равна 8,44, также пробы 2 и 3 (загрязненная почва) – песок, концентрация ионов водорода составила 8,53 - 8,54, карбонаты не обнаружены. Содержание тяжелых металлов (свинца, цинка, кадмия) в почве не превышает ПДК.

С целью получения сведений о численности основных групп микроорганизмов для характе-

ристики состояния почв были отобраны пробы загрязненной почвы, а также пробы незагрязненной почвы. Проведен микробиологический анализ отобранных проб почвы до закладки лабораторного эксперимента.

Микробиологический анализ почв исследуемых образцов показал, что ОМЧ и спорообразующие микроорганизмы в чистой почве больше на 1 порядок по сравнению с загрязненной нефтью почвой. Численность мицелиальных

грибов на 1 порядок выше по сравнению с незагрязненными почвами 2 и 3. При этом в загрязненных почвах численность углеводоро-

доксиляющих микроорганизмов составила от $1,6 \pm 0,1 \times 10^5$ КОЕ /г до $2,0 \pm 0,1 \times 10^5$ КОЕ /г почвы, тогда как в незагрязненной почве не обнаружено.

Таблица 2 – Определение численности микроорганизмов в пробах почвы отобранных для модельного эксперимента

Наименование проб	Численность микроорганизмов, КОЕ /г почвы			
	ОМЧ	Спорообраз. бактерий	Мицелиальные грибы	УОМ
Незагрязненная почва	$4,1 \pm 1,1 \times 10^7$	$2,4 \pm 0,9 \times 10^4$	$2,1 \pm 0,8 \times 10^4$	Не обнаружено
Загрязненная почва 1	$4,6 \pm 1,1 \times 10^6$	$3,1 \pm 1,1 \times 10^3$	$1,3 \pm 4,6 \times 10^3$	$1,6 \pm 0,1 \times 10^5$
Загрязненная почва 2	$2,8 \pm 0,7 \times 10^6$	$2,2 \pm 0,9 \times 10^3$	$1,7 \pm 0,7 \times 10^3$	$2,0 \pm 0,1 \times 10^5$

Ферментативная активность почв это один из показателей биологической активности почвы, характеризующий потенциальную способность экосистемы сохранять гомеостаз.

Таблица 3 – Ферментативная активность почвы до закладки модельного эксперимента

Наименование проб	Каталаза, мл O_2 /мин на 1г почвы	Липаза, мл/0,1 н	Дегидрогеназа, мг ТФФ/г/сут
Незагрязненная почва	2,4	0,4	0,6
Загрязненная почва 1	2,9	0,8	1,7
Загрязненная почва 2	2,6	0,7	2,6

До закладки модельного эксперимента на загрязненной нефтью почве каталазная активность почвенных образцов показали одинаковые значения как и в незагрязненной почве, так и загрязненной почве, и составило в чистой почве – 2,4 мг O_2 /мин/г, в загрязненной нефтью почве №1 – 2,9 мг O_2 /мин/г, в загрязненной нефтью почве №2 – 2,6 мг O_2 /мин/г.

При определении липазной активности, выявлено, что наименьшее значение выявлено, в незагрязненной почве – 0,4 мл/0,1 н, тогда как в загрязненных почвах №2 и 3 активность липазы составило от 0,7 до 0,8 мл/0,1 н. соответственно.

Фермент дегидрогеназа широко распространен у микроорганизмов, особенно у УОМ, и характеризует особую метаболическую активность почвенной микрофлоры. При изучении дегидрогеназной активности почвы в нефтезагрязненных почвах составило больше по сравнению с незагрязненной почвой – 0,6 мг ТФФ/г/сут., в загрязненной нефтью почве №2 – 1,7 мг ТФФ/г/сут, в загрязненной нефтью почве №3 составило 2,6 мг ТФФ/г/сут.

Применение органических удобрений позволяет восполнить дефицит органического вещества в почве, улучшить агрофизические свойства, активизировать деятельность почвенных микроорганизмов. Обработка почвы азотно-фосфорным удобрением стимулирует аборигенную нефтеокисляющую микрофлору. Обеспеченность почв биогенными элементами: азотом, фосфором и калием - важный фактор, определяющий интенсивность разложения нефти и нефтепродуктов.

Общая микробная численность в почве модельного эксперимента показали, что после 1 месяца численность в контрольном варианте составило $1,2 \pm 0,9 \times 10^5$ КОЕ/г, тогда как в вариантах с добавлением удобрений на 3-4 порядка больше. Численность спорообразующих бактерий, показала на 2 порядка больше во всех опытных вариантах по сравнению с контролем.

Наблюдается увеличение численности мицелиальных грибов в вариантах с добавлением органических и органоминеральных удобрений, за

исключением показателя в варианте с внесением минеральных удобрений.

Одинаковая численность актиномицетов наблюдается во всех вариантах модельного эксперимента, только в варианте с добавлением органоминеральных удобрений их не обнаружено. Тогда как численность углеводородокисляющих микроорганизмов на 2 порядка были выше в вариантах с внесением органических и органоминеральных удобрений, в варианте с внесением минеральных удобрений численность УОМ

выше на 1 порядок по сравнению с контрольным вариантом.

После 2 месяцев показатели ОМЧ в варианте при добавлении минеральных удобрений понизилось на 1 порядок, тогда как при внесении органических и органоминеральных удобрений одинаковые показатели не изменялись и составили $1,2 \pm 0,1 \times 10^7$ КОЕ /г, $9,1 \pm 1,3 \times 10^8$ КОЕ/г соответственно. Также количество спорообразующих микроорганизмов снизилось на 1 порядок в варианте при добавлении минеральных удобрений.

Таблица 4 – Численный состав микроорганизмов в образцах почвы, загрязненных нефтью, модельного эксперимента

Наименование проб	Численность микроорганизмов, КОЕ /г почвы				
	ОМЧ	Спорообраз. Бактерии	Мицелиальные грибы	Актиномицеты	УОМ
1 месяц					
Контроль загрязненная почва	$1,2 \pm 0,9 \times 10^5$	$2,4 \pm 0,7 \times 10^3$	$1,2 \pm 0,1 \times 10^3$	$8,0 \pm 1,8 \times 10^4$	$3,5 \pm 1,1 \times 10^4$
Загр. почва + орг. удобрение	$3,6 \pm 0,9 \times 10^7$	$2,2 \pm 0,8 \times 10^5$	$1,6 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,0 \pm 1,6 \times 10^4$	$4,2 \pm 1,5 \times 10^7$
Загр. почва + мин. удобрение	$2,9 \pm 0,7 \times 10^7$	$1,3 \pm 0,3 \times 10^5$	$2,7 \pm 0,4 \times 10^3$	$6,0 \pm 1,4 \times 10^4$	$2,7 \pm 0,9 \times 10^5$
Загр. почва + органоминеральные удобрения	$1,3 \pm 0,2 \times 10^8$	$5,1 \pm 1,3 \times 10^5$	$3,1 \pm 0,1 \times 10^4$	не выявлены	$6,4 \pm 1,9 \times 10^7$
2 месяц					
Контроль загрязненная почва	$1,5 \pm 1,7 \times 10^5$	$1,5 \pm 0,7 \times 10^4$	$2,5 \pm 2,2 \times 10^7$	$1,6 \pm 0,1 \times 10^3$	$2,1 \pm 0,1 \times 10^4$
Загр. почва + орг. удобрение	$1,2 \pm 0,1 \times 10^7$	$1,2 \pm 0,1 \times 10^5$	$1,7 \pm 0,1 \times 10^6$	$1,3 \pm 0,1 \times 10^4$	$1,5 \pm 0,5 \times 10^6$
Загр. почва + мин. удобрение	$2,2 \pm 0,2 \times 10^6$	$2,2 \pm 0,2 \times 10^4$	$8,2 \pm 1,2 \times 10^4$	$1,6 \pm 0,2 \times 10^5$	$2,2 \pm 0,5 \times 10^5$
Загр. почва + органоминеральные удобрения	$9,1 \pm 1,3 \times 10^8$	$9,1 \pm 1,3 \times 10^5$	$3,2 \pm 0,8 \times 10^6$	$2,8 \pm 0,2 \times 10^4$	$1,9 \pm 0,6 \times 10^7$

Наблюдалось увеличение численности мицелиальных грибов во всех вариантах на 1 порядок после 2 месяцев. Численность актиномицетов в контрольном варианте снизилось на порядок, в варианте с добавлением органических удобрений не изменилось, тогда как, с добавлением минеральных удобрений выросла на 1 порядок.

Численность углеводородокисляющих микроорганизмов в контрольном варианте не изменялось, тогда как в вариантах при добавлений органических удобрений снизилось на 1 порядок, в вариантах с добавлением органоминеральных удобрений численность УОМ на 3 порядка больше по сравнению с контрольным вариантом.

Определение содержания нефти и нефтепродуктов в почве после 1 месяца методом газовой хроматографии с масспектрометрическим детектированием показал, что в контрольном вариан-

те деструкция нефти составила 22,5%, а в варианте с внесением органических удобрений – 50,6%, а при внесении минеральных удобрений – 45,5%, в варианте совместного внесения органоминеральных удобрений деструкция составило – 60,1%.

Исходное содержание нефти в почве модельного эксперимента составило 33,8 г/кг.

После 2 месяцев определение нефти в почве методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием показал, что в контрольном варианте деструкция нефти составило 35,5%. Деструкция нефти в варианте с внесением минеральных удобрений составила 56,5%. Наибольшую степень утилизации нефти установлено при внесении органоминеральных удобрений – 72,7%, тогда как при внесении органических удобрений показали среднюю степень утилизации нефти – 60,6 %.

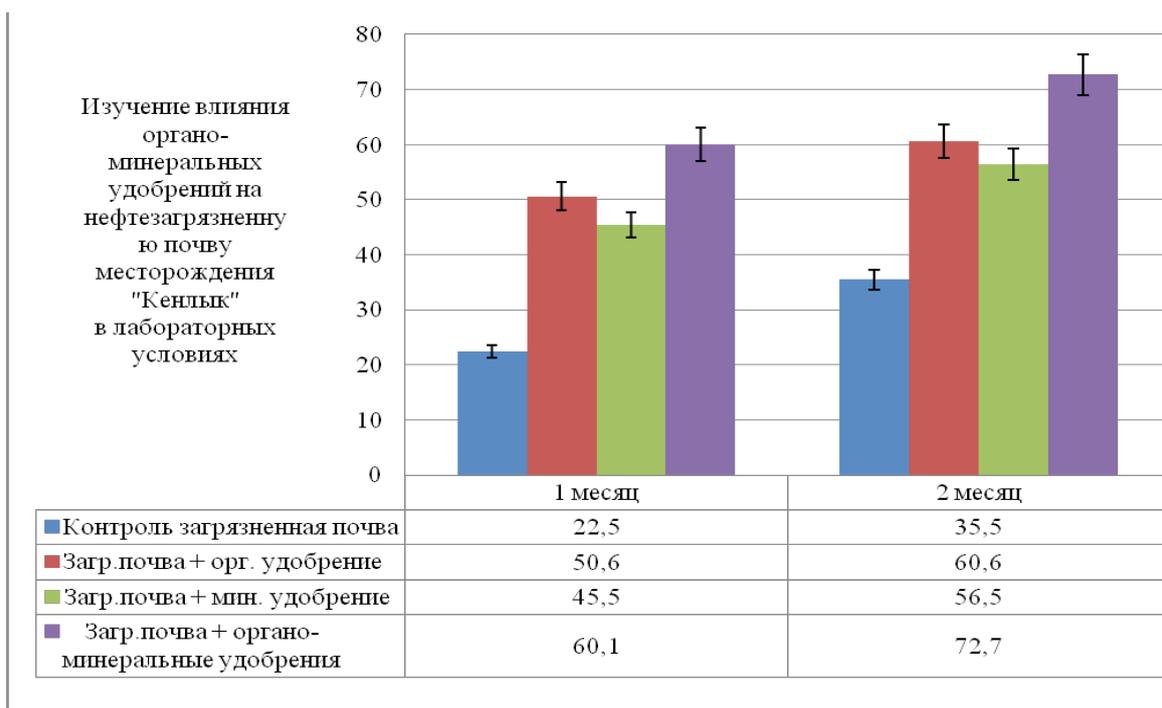


Рисунок 1 – Деструкция нефти в почве модельного эксперимента месторождения «Кенлык»

Эффективность очистки почвы от нефтяного загрязнения целесообразно тестировать по интенсивности биохимических процессов, происходящих в ней. Для этого проведен анализ активности почвенных ферментов, принимающих непосредственное участие в трансформации углеводов, в частности липазы и дегидрогеназы.

После 1 месяца было отмечено повышение активности липазы и дегидрогеназы при внесении минеральных и органических удобрений, по

сравнению с контрольным вариантом. Высокие показатели ферментативной активности почвы отмечены в варианте с внесением органо-минеральных удобрений. После 2 месяцев в контрольном варианте не наблюдалось увеличения ферментативной активности. Липазная и дегидрогеназная активность почвы после 2 месяцев в опытных вариантах уменьшилось.

Также были изучены агрохимические показатели почвы и содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd) по окончании модельного эксперимента.

Таблица 5 – Ферментативная активность почв модельного эксперимента

Варианты опыта	Липаза, Мл/0,1 н		Дегидрогеназа, мг ТФФ/г/сут	
	1 месяца	2 месяцев	1 месяца	2 месяцев
Контроль загрязненная почва	1,7	2,1	0,2	0,2
Загр. почва + орг. удобрение	1,6	1,1	1,2	1,4
Загр. почва + мин. удобрение	1,7	1,5	1,8	1,5
Загр. почва + органо- минеральные удобрения	2,3	1,9	2,3	2,1

Таблица 6 – Определение агрохимических показателей и содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd) в почве модельного эксперимента после 2 месяцев

Наименование показателей	Ед. изм.	Показатели			
		Контроль загрязненная почва	Загр. почва + орг. удобрение	Загр. почва + мин. удобрение	Загр. почва + орг.-мин. удобрение
Конц. ионов водорода, рН	-	8,49	8,61	8,51	8,53
Агрохимическая характеристика почвы					
Карбонаты	ммоль/%	н/о	н/о	н/о	н/о
Гидрокарбонаты	ммоль/%	0,38/0,023	0,45/0,030	0,44/0,026	0,40/0,024
Хлориды	ммоль/%	0,220/0,007	0,257/0,009	0,240/0,008	0,277/0,010
Сульфаты	ммоль/%	21,8/0,998	23,5/1,076	23,2/1,062	23,0/1,100
Содержание тяжелых металлов					
Свинец	мкг/г	0,001	0,006	0,006	0,005
Цинк	мкг/г	0,165	0,200	0,420	0,385
Кадмий	мкг/г	0,006	0,010	0,010	0,008

По проведенным исследованиям определены агрохимические показатели и содержание тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd) в почве модельного эксперимента после 2 месяцев в контрольной почве рН составило 8,49, карбонаты не обнаружены, содержание гидрокарбонатов 0,38/0,023, хлоридов 0,220/0,007 и сульфатов 21,8/0,998 ммоль/%.

В опытных вариантах рН составило от 8,51 до 8,61. Карбонаты не обнаружены, наибольшее содержание гидрокарбонаты наблюдается в варианте с внесением органических удобрений составило 0,45-0,030 ммоль/%, с внесением минеральных удобрений – 0,44-0,026 ммоль/%, тогда как в варианте с добавлением органоминераль-

ных удобрений составило 0,40-0,024 ммоль/%. Содержание тяжелых металлов – свинца, цинка, кадмия – в почве не превышает ПДК.

Таким образом, для изучения влияния органоминеральных удобрений на нефтезагрязненную почву месторождения «Кенлык» Кызылординской области заложен лабораторный эксперимент. После 2 месяцев при добавлении органоминеральных удобрений и проведения агротехнических мероприятий на нефтезагрязненной почве месторождения «Кенлык» наблюдалось значительное увеличение численности основных групп микроорганизмов и снижение содержания нефти в почве до 72,7%.

Литература

- 1 Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 1997. – 470 с.
- 2 Вельков В.В. // Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы // Биотехнология. – 1995. – № 3-4. – С. 20-27.
- 3 Понаморева Л.В., Крунчак В.Г., Торгаванова В.А. и др. // Биоремедиация нефтезагрязненной почвы с использованием биопрепарата «БИОСЭТ» и пероксида кальция // Биотехнология – 1998. – № 1. – С. 79-84.
- 4 Трофимов С.Я. // Рекультивация и инвентаризация загрязненных земель // Современные технологии и оборудование. – 2006. – № 3. – С. 56-59.
- 5 Соловьев В.И., Кожанова Г.А., Гудзенко Т.В., Кривицкая Т.Н., Семина Н.В. // Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2001. – С. 339-345.
- 6 Миронов О. Г. // Бактериальная трансформация нефтяных углеводородов в прибрежной зоне моря // Морской экологический журнал. – № 1, Т. I. – 2002. – С. 58.
- 7 Стабникова Е.В., Селезнева М.В., Рева О.Н., Иванов В.Н. // Выбор активного микроорганизма-деструктора углеводородов для очистки нефтезагрязненных почв // Прикладная биохимия и микробиология – 1995. – № 5. – С. 534-539.
- 8 Белоусова Н.И., Шкидченко А.Н. // Деструкция нефтепродуктов различной степени конденсации микроорганизмами при пониженных температурах // Прикладная биохимия и микробиология – 2004. – № 3. – С. 312-316.
- 9 Кобзев Е.Н., Петрикевич С.Б., Шкидченко А.Н. // Исследование устойчивости ассоциации микроорганизмов – нефтедеструкторов в открытой системе // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – Т. 37. – № 4. – С. 413-417.
- 10 Надилов Н.К. Нефть и газ Казахстана. – Алматы: Галым, 1995. – Ч. 2 – С. 5-26.
- 11 Диаров М.Д. Экология и нефтегазовый комплекс. Монография в 5 томах. – Алматы: Галым, 2003. – Т. 2, 4. – 832 с.
- 12 Егибаева Л. // Нефтегазодобыча: проблемы и перспективы // Актобинский вестник. – 2004. – № 38-39. – С. 73-76.