

Охрана окружающей среды

УДК 504.05:631.41:631.461

Адаптация производства в нефтяной промышленности к экосистемам полуострова Абшерон

Гасанов К.С.¹, Абдуллаев Ф.З.¹, Исмаилов Н.М.²

¹ СКТБ по комплексной переработке минерального сырья НАН Азербайджана, Баку

² Институт Микробиологии НАН Азербайджана, Баку

Определены основные мероприятия профилактики экологических нарушений и обозначены практические методы рационального природопользования, среди которых предлагается использование специальных полигонов на территориях Нефтегазодобывающего управления полуострова Абшерон для комплексной утилизации нефтезагрязненных грунтов и нефтешламов.

Ключевые слова: экология, полуостров Абшерон, уровень нефтезагрязнения почв, нормативные показатели, диагностика почвы, адаптация, санация, биодеградация.

Визначено основні заходи профілактики екологічних порушень та зазначено практичні методи раціонального природокористування, серед яких пропонується використання спеціальних полігонів на територіях Нафтогазовидобувне управління півострова Абшерон для комплексної утилізації нафтозабруднених ґрунтів та нафтошламів.

Ключові слова: екологія, півострів Абшерон, рівень нафтозабруднення ґрунтів, нормативні показники, діагностика ґрунтів, адаптація, санация, біодеградація.

Нефтедобывающая промышленность по пагубному воздействию на основные элементы окружающей среды (воздух, воду, почву, растительный и животный мир, человека) занимает ведущее место среди отраслей современного производства. Такое воздействие обусловлено токсичностью отходов нефтедобычи: загрязненных нефтью почв и грунтов, нефтешламов, пластовых вод, а также химических веществ, используемых в технологических процессах добычи, подготовки к транспорту и транспорта нефти.

Освоение, эксплуатация и техническое обслуживание нефтегазовых месторождений предусматривают обязательное соблюдение природоохранных требований, но даже при нормативном режиме добычи нефти каждая установка является источником множества загрязнений, в которые входят твердые, жидкие и газообразные компоненты. Земля, отведенная Нефтегазодобывающему управлению (НГДУ), на полуострове Абшерон используется под многочис-

ленные объекты: скважины, технологические емкости и резервуары, нефтеловушки, нефтесборные пункты, установки подготовки нефти и газа, нефтеперекачивающие станции и многие другие. Все технологические процессы, проводимые на этих объектах, при определенных условиях могут нарушить (нефтезагрязнениями) естественную экологическую обстановку окружающей среды. Локальные загрязнения почвы связаны чаще всего с разливами нефти и нефтепродуктов при повреждении трубопроводов и утечками их через неплотности в оборудовании. Загрязнения больших площадей возможны при фонтанировании нефти и залповом аварийном выбросе ее на поверхность почвы из внутри- и межпромысловых трубопроводов.

В процессе добычи нефти, при очистке технологического оборудования, подготовке нефти и сточных вод, капитальном ремонте скважин, ликвидации аварийных выбросов нефти и сточных вод образуются нефтешламы. На нефтя-

ных промыслах полуострова накоплены без переработки и утилизации большие объемы отходов бурения и нефтедобычи, представленные буровыми сточными водами, отработанными буровыми растворами, выбуренной породой или буровыми шламами, пластовой водой, преимущественное количество которых сосредоточено в земляных амбарах, в так называемых шламонакопителях. Кроме того, на нефтесборных пунктах НГДУ Абшерона накоплено огромное количество твердого осадка, который в виде нефтешлама загрязняет грунт территории.

Строительство земляных амбаров заключается в выемке определенного объема грунта и обваловании полученного котлована. Гидроизоляция дна и стенок амбара не всегда производится, поэтому избежать фильтрации жидкой фазы содержимого шламонакопителей и попадания ее на окружающий ландшафт и в водоносные горизонты невозможно. Несмотря на уже сточение требований повышения экологической безопасности технологических процессов в нефтяной промышленности острота экологических проблем на территориях НГДУ не уменьшается.

Актуальность природоохранных мероприятий и методов в нефтяной промышленности, составляющих основу и практику профилактики экологических нарушений, является очевидной, а обозначение этих мероприятий и методов является целью настоящей работы.

В основе профилактики экологических нарушений в нормальном режиме работы производства должны лежать мероприятия, направленные на усиление потенциала самоочищения экосистемы, повышающие ее экологический иммунитет. Этими мероприятиями должна быть обеспечена активная экологическая иммунизация экосистемы за счет усиления ее потенциала самоочищения и стимулирования ее внутренних ресурсов к самовосстановлению.

В основу восстановления уже нарушенных экосистем полуострова Абшерон, либо восстановления нарушенной почвенной экологии при аварийном залповом выбросе нефти в окружающую среду должны быть положены рациональные технологии и схемы быстрого реагирования.

Обозначенные нами экологические мероприятия были выделены с учетом опыта, полученного проведением нижеописанных экологических исследований и натурных испытаний в нарушенных экосистемах полуострова.

Институтами НАН Азербайджана производится мониторинг окружающей среды, разрабатываются мероприятия по утилизации нефтешламов, по оздоровлению почвенной экологии и восстановлению нарушенных почвогрунтов в рамках выполнения хозяйственных договоров с Производственным объединением по добыче нефти и газа

на суше ГНКАР и участия в международных проектах по программам ТАСИС, Украинского научно-технологического центра (УНТЦ).

С момента залповой эмиссии на поверхность почвогрунта нефть вовлекается в природные физико-химические процессы просачивания в почвенный профиль, испарения, вымывания и ультрафиолетового облучения. Интенсивность протекания этих процессов, закономерности миграции и просачивания с поверхности почвы сквозь почвенный профиль, скорость и глубина ее проникновения и объемы формирующейся нефтезагрязненной почвы были изучены в условиях полевых испытаний [1]. Полевые натурные исследования были проведены в период календарного года в климатических условиях лета, осени, зимы и весны. Количество просочившейся нефти и объемы загрязненной почвы, скорость просачивания и глубина проникновения в почвенный профиль изменялись в разных экспериментах в зависимости от физико-химических свойств нефти, от механического состава почвы и наполненности ее погребенной водой (влажность почвы). Установлено, что степень дисперсности почвы, характеризующая ее механическим составом, является сильным фактором, влияющим на проницаемость нефти в почвенный профиль. Влияние природы твердых частиц почвы на ее проницаемость проявляется тем сильнее, чем меньше размер частиц и чем больше их суммарная поверхность, что объясняется влиянием поверхностных сил вблизи граничных поверхностей. Кроме того, установлено, что миграция нефти с поверхности почвы зависит от ее природы (плотность, вязкость, содержание активных компонентов: смол, асфальтенов), от климатических условий и термического состояния почвенного слоя. В зависимости от этих параметров глубина просачивания нефти в почвенный профиль колеблется от 0,7 до 0,008 м за время наблюдения от 30 до 39 дней, что в ситуации аварийного разлива нефти определяет выбор оптимального направления санации нарушенной почвы с использованием одного из рациональных технологических методов воздействия на нее.

Один из таких методов санации нефтезагрязненной почвы нашел воплощение в разработанной эффективной промывной технологии утилизации нефтешламов и нефтезагрязненных грунтов, основанной на их отмыве водным моющим раствором биологически разлагаемых поверхностно-активных веществ (ПАВ) с использованием органического растворителя. При обезвреживании донных осадков амбаров-шламонакопителей была разработана и внедрена в

практику НГДУ технология санации, обезвреживания нефтешламов с использованием гидробиологической негашеной извести.

Для разработки реабилитационных мероприятий с целью восстановления утраченных функций экосистемы было изучено состояние нефтезагрязненной почвы полуострова Абшерон. Исследовано взаимовлияние нефти и минеральных частиц нефтезагрязненного почвенного профиля при их длительном контакте в климатических условиях полуострова. Установлено, что в почвенном теле осуществляются процессы превращения неорганических и органических веществ, в которых реализуются физико-химические, химические и микробиологические воздействия на состав нефти, органическую и минеральную части нефтезагрязненной почвы. В начальный период после загрязнения почвы нефтью ее содержание в почве снижается за счет выветривания легких фракций, просачивания в нижележащие горизонты и рассеивания при наличии поверхностного стока. Скорость процессов начального периода будет определяться с учетом сезонности и климатических условий региона. Последующие периоды длительного пребывания нефти в почвенном теле характеризуются неравномерным по составу ее распределения по глубине почвенного профиля с образованием зон адсорбции. При этом тяжелая часть разлитой нефти (смолы, асфальтены) аккумулируется в верхнем гумусовом горизонте, она прочно его цементирует, образуя кыры. Такой сценарий характерен при однократном наложении нефтяной нагрузки на почву, когда пролитая нефть с поверхности земли проникает на глубины до 1 м и более в песчаной почве и на 0,5–0,6 м в суглинках, насыщая их в объеме 1–15 л/м³. При многократном наложении нефтяной нагрузки на почву промысловых районов, характерной при добыче нефти на Абшеронском полуострове, она проникает в глубь почвы до 2–3 м и более с нефтесодержанием последней до 30 %. Почва с таким содержанием нефти консервируется в своей безжизненности на долгие годы.

За время продолжительного пребывания в контакте с нефтью мелкозем загрязненного почвенного профиля в условиях длительного загрязнения теряет способность воспроизводства биомассы даже после очистки почвы от нефтезагрязнителя с использованием различных методов физико-химического воздействия. Поэтому для восстановления плодородия нарушенных земель после их очистки от нефтезагрязнителя необходимо проведение специальных мероприятий. Для улучшения физических свойств

почвы и обогащения ее элементами питания растений было апробировано проведение восстановительных мероприятий в два этапа.

На первом этапе предусматривается очистка почвы извлечением остаточных нефтепродуктов из нефтезагрязненной почвы с использованием разработанной промывной технологии, а на втором применение либо методов интенсивных биотехнологий в биоварианте, либо комплекса приемов агротехники и достижений агрохимии в его агроварианте. В биоварианте на первом этапе в процессе очистки нефтезагрязненной почвы из нее извлекается 90–93 % нефтезагрязнителя, а на втором этапе происходит ее полная доочистка в процессе микробного разложения остаточной нефти бактериальными культурами, сохранившимися после техногенного воздействия первого этапа. В агроварианте на первом этапе в процессе очистки из нефтезагрязненной почвы почти полностью извлекаются нефтепродукты. Выбор одного из двух вариантов очистки почвы должен происходить с учетом рационального подхода к проблеме в целом и зависит от многих факторов: срока загрязнения, природы загрязнителя, степени загрязнения, глубины проникновения нефти в почвенный профиль, механического состава почвы, доступности участка с загрязненной почвой и обеспеченности его водой, электроэнергией и др.

Необходимость проведения рекультивации нефтезагрязненных почв и грунтов и выбор для этого эффективного метода воздействия на них напрямую связаны с оценкой экологической обстановки района загрязнения, характеризующей состояние внутренних ресурсов экосистемы, с оценкой способности ее к самоочищению, к восстановлению утраченных функций: жизнеспособности и плодородия. Рекультивационные работы, включающие в себя санацию нефтезагрязненных почв (очистку) и их биодegradацию с использованием методов интенсивных биотехнологий, должны служить ускорению естественных процессов самоочищения почв, мобилизации внутренних ресурсов экосистемы на восстановление своих первоначальных функций. Санация сильно загрязненной почвы нефтью и нефтепродуктами должна минимизировать содержание нефтезагрязнителя до экологически безопасного уровня, обеспечивающего условия устойчивости экологической системы, ее саморегуляцию [2–5].

Почвы и грунты считаются загрязненными, когда концентрация нефтепродуктов в них достигает такой величины, при которой начинаются негативные экологические изменения в окружающей среде: нарушается экологическое равновесие в почвенной экосистеме, гибнет почвенная биота, падает продуктивность или насту-

пает гибель растений, создается опасность загрязнения подземных и поверхностных вод [6]. Целесообразность проведения специальных работ по санации почвы согласуется с уровнем концентрации нефтепродуктов, выше которого почва не может сама справиться с загрязнением, когда ее потенциал самоочищения не работает. Этот уровень загрязнения почвы является верхним пределом потенциала самоочищения (ВППС) почв. Почвы, содержащие нефтепродукты выше ВППС, подлежат санации и биоремедиации, так как без этих мероприятий они не выйдут из стадии деградации и будут оказывать устойчивое негативное влияние на окружающую среду. Потенциал самоочищения почв зависит от свойств самих почв, физико-географических условий окружающей природной среды, климатических факторов. Чем выше потенциал самоочищения почв, тем скорее пройдет процесс их восстановления при одинаковых нагрузке и составе загрязненных веществ. В работе [6] внесли понятие ориентировочного допустимого уровня загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами (ОДК), при котором в данных природных условиях почва в течение одного года восстановит свою продуктивность, а негативные последствия для почвенного биоценоза могут быть самопроизвольно ликвидированы. ОДК нефти и нефтепродуктов в почве не может быть единым для всех типов почв и природных зон, для тяжелых нефтепродуктов ОДК должен быть ниже, чем для легких.

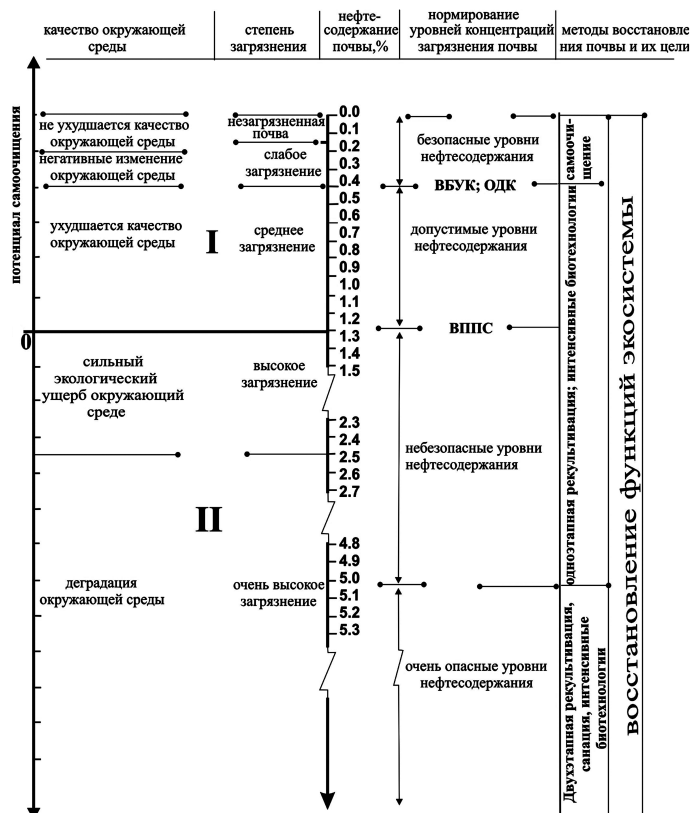
Для территории полуострова Абшерон отсутствует градация уровня загрязнения почв и грунтов нефтью и нефтепродуктами, регламентирующая проведение рекультивационных работ для восстановления первичных свойств нефтезагрязненных почв. Проведение одноэтапных мероприятий для мобилизации внутренних ресурсов загрязненной почвы к самоочищению или их ускорение, а также проведение двухэтапной рекультивации, включающей в себя методы очистки почвы от нефтезагрязнителя (санацию) с последующей ее биоремедиацией — все это должно регулироваться нормами уровня загрязнения почвы, учитывая условия районов загрязнения: физико-географические условия полуострова Абшерон, климатические условия, механического состава почв, химической природы и свойства загрязнителя.

С учетом изложенного и согласуясь с международным опытом, нами разработаны и предложены для практики проведения работ по детоксикации нефти и нефтепродуктов в почве районов загрязнения полуострова Абшерон нормативные показатели, включающие в себя разные степени загрязнения уровней нефтесодержания почв (таблица).

| Загрязнение почв | Нормативные показатели | Уровни |
|------------------|----------------------------|---------------|
| Отсутствует | до 1,5 г/кг (0,15 %) | безопасные |
| Слабое | 1,5–4,0 г/кг (0,15–0,4 %) | безопасные |
| Среднее | 4,0–13,0 г/кг (0,4–1,3 %) | допустимые |
| Высокое | 13,0–25,0 г/кг (1,3–2,5 %) | небезопасные |
| Очень высокое | > 25,0 г/кг (> 2,5 %) | очень опасные |

Нормативные показатели уровней загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами и зависимость этих показателей от потенциала самоочищения экосистемы схематично представлены на рисунке. Нормативными показателями охвачены безопасные, допустимые, небезопасные и очень опасные уровни загрязнения. Интервал уровней загрязнения почвы нефтью до 4,0 г/кг соответствует безопасному уровню с верхним безопасным уровнем (ВБУК), равным 0,4 %. В промежутке этого интервала нефтесодержаний, начиная от чистой почвы до загрязненной с нефтесодержанием 0,15 %, качество почв не изменяется, и они относятся к незагрязненным. В этом же интервале уровней загрязнений почвы с нефтесодержанием от 0,15 до 0,40 % относятся к слабо загрязненным, так как при таком ее нарушении происходят негативные изменения в окружающей среде. Во всем интервале безопасных уровней нефтесодержания потенциал самоочищения экосистемы сравнительно высок и он работает на восстановление ее функций. При этом ВБУК отвечает уровню ОДК, когда экосистема самостоятельно справляется с загрязнением в процессах самоочищения, а почва в течение одного года восстановит свои функции. Интервал уровней загрязнения почвы нефтью от 4,0 до 13,0 г/кг (0,4–1,3 %) соответствует допустимым уровням концентраций загрязнителя, в этом интервале наступает ухудшение качества окружающей среды, потенциал самоочищения еще работает, внутренние ресурсы экосистемы еще справляются с загрязнением в процессах самоочищения, однако экосистема вернется в исходное состояние самостоятельно только через несколько лет. С увеличением нефтяной нагрузки на почву потенциал самоочищения экосистемы стремительно приближается к нулю, к точке ВППС, выше которой по нефтесодержанию потенциал самоочищения не работает. Уровень концентраций 13,0 г/кг (1,3 %) загрязнителя в почве становится началом серьезного экологического ущерба, причиняемого экосистеме.

При этом экосистема сама справиться с загрязнением не может, ее потенциал самоочищения полностью подавлен, и наступает опасность долговременного загрязнения. Для восстановления функций экосистемы в этом случае необходимо проведение рекультивации почвы с использованием методов интенсивных биотехно-



Нормативные показатели уровней концентраций нефтезагрязнения для почв полуострова Абшерон: ВБУК — верхний безопасный уровень концентраций; ОДК — ориентировочно допустимый уровень концентрации, при котором за 1 год экосистема самоочищением восстановится. Область концентраций нефтезагрязненной почвы, где потенциал самоочищения системы работает (I) и не работает (II).

логий. При этом до 50 г/кг (5,0 %) загрязнителя в почве достаточно использование одноэтапной рекультивации с применением интенсивных технологий, а свыше этой величины необходимо провести двухэтапную рекультивацию (см. рисунок): предварительно санацию (очистку с использованием промывной технологии) с последующей биоремедиацией. Кроме того, во втором варианте при повышенном содержании загрязнителей в почве возможно использование технологии капсулирования загрязнения негашеной известью.

Для использования разработанных и описанных выше экологических нормативов необходима единая методологическая основа количественной диагностики нефтезагрязненных почв. Такой основой может стать гравиметрический метод определения всех компонентов нефти, впитавшихся в почву и сорбированных ее частицами [7]. Количественная диагностика загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами проводится в специально разработанном приборе при максимально возможном извлечении из

почвы органическим растворителем совокупности всех компонентов нефтезагрязнителя (полярных и неполярных), для достоверности расчетов и суждений о содержании нефтезагрязнителя в почве и нанесенном им вреде почвенной экологии.

Показатели уровней загрязнения почвы нефтью (см. рисунок) отражают различные состояния почвенной экосистемы и отражают качество окружающей природной среды. Природная среда — сложная дифференцированная экологическая система, различные компоненты которой находятся в динамическом равновесии. Каждому состоянию системы соответствует динамическое равновесие между отдельными ее компонентами, которое обеспечивается сложными процессами внутренней регуляции при взаимодействии ее с окружающей средой. Схематично равновесное состояние экосистемы, характеризующее ее качеством, можно представить таким уравнением: плодородие, процветание системы ↔ ухудшение качества, угнетение системы → деградация, бесплодие системы.

Равновесное состояние экосистемы определяется значениями ее внешних параметров и нарушается естественным изменением этих параметров и в большей степени деятельностью производства. По мере развития общества совершенствуются способы производства, все более интенсивным становится воздействие человека на природу. При нарушении экологической обстановки в нефтедобывающей промышленности создается пагубная почвенная среда обитания, с большими изменениями в цепи естественных био- и фитоценозов в результате их угнетения и частичной гибели. Для этой ситуации характерно изменение численности и ограничение видового разнообразия педобионтов (почвенной мезо- и микрофауны, микрофлоры). В нефтезагрязненной почве снижается активность большинства почвенных ферментов и только почвенные углеводородокисляющие бактерии на нефтяное загрязнение отвечают повышением валовой численности и усилением активности.

В практическом плане для адаптации нефтяной промышленности к окружающей природной среде необходимо усовершенствование технологий и соблюдение действующих норм мероприятий для минимизации попадания нефти в природную среду, минимизации ее влияния на водоносные горизонты и водоемы. При этом

необходимо принимать в расчет расходы не только на природопользование в нефтедобывающей промышленности, но и на профилактику нарушений, не только учитывать показатели прибыльности и производительности производства, но и экологическую обоснованность принятых технологий, мероприятий и методов.

При подготовке шламонакопителей к хранению нефтешламов необходимо соблюдать существующие нормы гидроизоляции дна и стенок амбаров. В процессах восстановления нарушенной почвенной экологии природоохранными мероприятиями являются те, которые направлены на усовершенствование технологий, делая их безотходными с замкнутым циклом водопользования, экологически чистыми.

В вопросах утилизации нефтешламов и нефтезагрязненных почвогрунтов на нефтезагрязненных территориях НГДУ Абшерона необходимо использование специальных полигонов как наиболее приемлемых методов комплексного решения задач их переработки с учетом имеющегося большого разброса в их нефтесодержании. Технологии переработки сырья на специальных полигонах в зависимости от его нефтесодержания включали бы в себя и биологическую деструкцию, и его санацию, обезвреживание и утилизацию методами физико-химического и химического воздействия. Организация специальных полигонов утилизации нефтезагрязненных почвогрунтов и нефтешламов позволит: а) исключить их несанкционированные захоронения и вторичное загрязнение почвы; б) ликвидировать амбары-шламонакопители, а площади земель сохранить для хозяйственных целей; в) сохранение их в специальных амбарах предотвратит фильтрацию нефти и сточных вод в водоносные горизонты. Такая схема утилизации нефтезагрязненного сырья с использованием специальных полигонов позволит собирать, накапливать, хранить и переработать его с минимальным ущербом для окружающей среды.

Таким образом, на базе имеющегося опыта исследований в области оздоровления нарушенной экологии выделены основные мероприятия для адаптации нефтяной промышленности к экосистемам полуострова Абшерон. Кроме того, обозначены практические методы рационального природопользования, среди которых предлагается использование специальных полигонов на территориях НГДУ полуострова Абшерон для комплексной утилизации нефтезагрязненных почвогрунтов и нефтешламов.

Список литературы

1. Гасанов К. С., Абдуллаев Ф.З., Валиев В. Г. и др. Миграция нефти и нефтепродуктов в условиях их аварийных разливов. Naturные полевые исследования // Журн. хим. проблем. — 2009. — № 1. — С. 96–105.
2. Исмаилов Н.М., Удовиченко Т.И., Мамедъяров М.А. К вопросу о рекультивации нефтезагрязненных почв Абшеронского полуострова // Азерб. нефт. хоз-во. — 1999. — № 4. — С. 45
3. Исмаилов Н.М. К вопросу о биологических методах рекультивации нефтезагрязненных серо-бурых почв Абшеронского полуострова // Изв. АН Азербайджана. Сер. биол. наук. — 1993. — № 4–6. — С. 155–161.
4. Гасанов К.С., Абдуллаев Ф.З., Исмаилов Н.М. и др. Эволюция свойств компонентов нефтезагрязненной почвы в условия полуострова Абшерон // Экологические и ресурсосбережение. — 2005. — № 6. — С. 62–67.
5. Гасанов К.С. Рекультивация нефтезагрязненных почв полуострова Абшерон. Рациональный подход // Журн. хим. проблем. — 2005. — № 3. — С. 38.
6. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.В., Чернявский С.С., Сахаров Г.Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. — 2003. — № 9. — С. 1132–1142.
7. Евразийский патент № 011842. Способ определения нефти и нефтепродуктов в почве / К.С.Гасанов, Ф.З.Абдуллаев. — Оpubл. 30.06.09, Бюл. № 3.

Поступила в редакцию 26.02.09

Petroleum Industry Adaptation to Absheron Peninsulas Ecological Systems

Hasanov G.S.¹, Abdullaev F.Z.¹, Ismailov N.M.²

¹ *Special Design Engineering Office on Complex Treatment of Mineral Raw of NAS of Azerbaijan*

² *The Institute of the Microbiology of NAS of Azerbaijan*

The basic arrangements of ecological infringements preventive maintenance are determined. The practical methods of rational nature management such as special polygons on Absheron peninsula Oil-Gas Production Administration for complex utilization of oil-polluted soil and oil slums are proposed.

Key words: ecology, Absheron peninsula, level of soil oil-pollution, standardized parameters, soil diagnostics, adaptation, sanitation, biodegradation.

Received February 26, 2009