

## ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК 631.45;631.67

### НЕФТЕХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ТРАСС НЕФТЕПРОВОДОВ В АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ

**А.С. Сапаров, Б.Е. Шимшиков, С.Н. Досбергенов, И.К. Асанбаев**

*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У.  
Успанова, 050060, Алматы, пр. Аль-Фараби, 75в, Казахстан*

В статье рассмотрены антропогенные нарушения почв вдоль нефтепроводов в Атырауской области и их нефтехимическое загрязнение. Наиболее высокие уровни загрязнения почв нефтепродуктами обнаружены вблизи месторождения Макат. На сильно замазученных участках максимальное содержание нефтепродуктов достигает 172480 мг/кг. Высокие уровни загрязнения почв нефтепродуктами обнаружены вблизи месторождения Доссор, Сагиз, Танатар, Байшонас, Тентексор, Искене и Каратайкыз.

#### ВЕДЕНИЕ

В почвенно-географическом отношении исследуемая территория относится к подзоне северных пустынь, где зональным типом почв являются бурые пустынные почвы. Однако ввиду молодости территории, близкого залегания к поверхности минерализованных грунтовых вод и многостороннего влияния оказываемого на почвообразовательный процесс Каспийским морем преобладающее распространение здесь получили слабо сформированные засоленные почвы гидроморфного ряда.

Территория, по которой проходит трасса нефтепровода в Атырауской области, представляет плоскую совершенно недренированную равнину с незначительным уклоном в сторону моря, в прибрежной части затапливаемую во время высоких «морян». Абсолютные отметки местности отрицательные и близкие к отметкам современного уровня Каспийского моря (-20-27м). Южная часть ее расположена в Приморском низменном районе с приморскими солончаковыми почвами, северная часть – в Жаман-Тентексорском грядовосоровом районе солонцов пустынных и солончаков соровых.

Приморский низменный район представляет собой плоскую равнину, по периферии расчлененную системами неглубоких оврагов, логов и слепых при-

токов. Равнина отчетливо подразделяется на три ступени, соответствующие разным стадиям отступления моря и заметно отличающиеся по своим природным условиям. Нижняя ступень, наиболее молодая по возрасту, сложена супесями и песками с морскими ракушками, на некоторой глубине (до 1 м) подстилающимися новокаспийскими глинами. Растительность представлена очень редким покровом солероса, сменяемого по понижениям рельефа и вдоль берега моря зарослями тростника. Почвы примитивные приморские, солончаки приморские, болотные и местами лугово-болотные солончаковые.

Средняя ступень, более старая по возрасту, чем нижняя, характеризуется близким залеганием к поверхности (15-30 см) красновато-бурых новокаспийских глин. Здесь формируются сочетания приморских солончаков, болотных и лугово-болотных солончаковых почв, развитых под покровом однолетних солянок (сведа простертая, сарсазан, поташник, акмамык, ажрек, лебеда и др.). Третья, наиболее высокая и древняя ступень отличается от первых двух более легким механическим составом пород (суглинки и супеси) и более развитыми приморскими луговыми солончаковыми почвами под довольно густым покровом злаково-солянковой растительности (селитрянка, акмамык, ажрек, лебеда и др.). Грунто-

вые воды в пределах приморской равнины залегают на глубине 1-3 м, преимущественно соленые и сильносоленые (30-140 г/л и более) сульфатно-хлоридного типа химизма.

Жаман-Тентексорский грядово-сорový район представляет территорию древних наложенных дельт Уила, Сагиза и Эмбы, включающих систему гряд и соров урочищ Тентексор и Жамансор. В недалеком прошлом, когда воды р. Сагиз доходили до Каспия, данная территория была ее дельтовой частью. В настоящее время воды р. Сагиз доходят до урочища Тентексор только в весеннее время при сильном поводке.

Соры занимают свыше 50 % исследуемой площади и лишены растительности. В Урочище Тентексор соры образуют густую сеть соединяющихся между собой и частью изолированных котловин самых различных размеров, между которыми гряды выступают в виде перемычек и островов. Абсолютные отметки высот колеблются в пределах -15-17 м ниже уровня мирового океана. Весной соры затопляются тальми и отчасти паводковыми водами, а в конце июля вода в них высыхает, днища остаются покрытыми коркой или выпотами соли, и лишь глубокие котловины в течение всего года бывают заняты горько-соленой рапой. Будучи бессточными и являясь естественной ареной для окружающей территории, соры служат постоянным базисом аккумуляции солей, вымываемых из засоленных морских отложений.

Гряды сложены косослоистыми песчанистыми легкими и средними суглинками, соры иловатыми суглинками и глинами. Сильноминерализованные грунтовые воды залегают на глубине от 0,5-1,5 м в сорах и до 15-20 м на грядах. Почвообразующими породами служат верхнечетвертичные и хвалынские морские и аллювиальные отложения с большим содержанием легкорастворимых солей. Аллювиальные отложения мощностью 1-3 м залегают на засоленных морских отложениях мощностью 10-15 м, которые в

свою очередь залегают на меловых и третичных отложениях. Засоление материнских почвообразующих пород передается и почвам. Соли поступают также от близко залегающих сильноминерализованных грунтовых вод. Вследствие этого отличительной чертой почвенного покрова территории является распространение сильнозасоленных почв гидроморфного и полугидроморфного рядов.

Растительный покров сильно изреженный и бедный по видовому составу. Преобладают биюргуновые, полынно-биюргуновые и солянковые группировки на солонцах мелких и средних, местами в комплексе с бурыми солонцеватыми почвами (10-30 %). Соры лишены растительности.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для оценки современного состояния почвенного покрова использованы материалы обследований лаборатории нефтехимического загрязнения почв Института почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова. Основной целью проведенных обследований являлось выявление антропогенно-нарушенных (деградированных) и загрязненных в результате предыдущей нефтедобывающей деятельности земель. Пробы почв отбирались на основных почвенных разностях и вблизи, основных техногенных объектов Атырауской области. При проведении исследований руководствовались «Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель» [1].

Проведенные почвенные исследования в пределах исследуемых участков (изучение фондовых материалов, обобщение аналитических данных и данных полевых исследований) позволяют сделать вывод о низких естественных показателях буферности почв обследованной территории. Почвы характеризуются низким содержанием гумуса (1-2 %), малой мощностью почвенного профиля. В этой связи для данной территории определяющими критериями устойчивости почв к

антропогенезу являются механический состав, содержания и состав поглощенных оснований, высокомолекулярных соединений, рН среды, а также особенности водного режима и распределения солей по профилю.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным многих исследователей влияние механического состава на удельное сопротивление почв является определяющим. Согласно "Научно-методическим указаниям по мониторингу земель Республики Казахстан" [2], по содержанию частиц физической глины (фракции менее 0,01 мм) степень устойчивости почв к антропогенному воздействию механического характера определяется показателями: более 20 % - сильная, 10-20 % - средняя, менее 10 % - слабая.

Анализ почвенных проб, отобранных на территории лицензионных участков на гранулометрический состав показывает, что почвы на обследованной территории характеризуются различной устойчивостью к механическому воздействию. Наиболее слабой устойчивостью к механическим воздействиям характеризуются почвы вблизи месторождений Бек-Беке, Искене, Алтыколь, Айранкуль, Косшагыл, Кырыкмылтык, Жубантам.

Реакция экосистем и составляющих их компонентов (почв и растительности) на антропогенные механические воздействия во многом определяется погодными условиями и сезоном проведения работ. При этом часто на роль ведущего фактора, определяющего устойчивость почв, выходит водный режим. Почвы гидроморфного ряда – луговые, солончаки - в весенний и раннелетний периоды находятся в переувлажненном состоянии и практически не проходимы для тяжелой автотракторной техники. Просыхая осенью и замерзая зимой, они становятся доступными для проведения работ. При проведении работ в это время нарушения почв будут наименьшими. Близкую реакцию по отношению к этому фактору будут проявлять и полугидроморфные

почвы. Другим не менее важным внешним фактором, определяющим характер воздействия, является ветровая активность. Работа на участках с почвами легкого механического состава весной в период наибольшей эоловой активности может сопровождаться резким усилением процессов дефляции.

Нефтехимические загрязнения сопровождаются насыщением профиля почвы сырой нефтью и образованием битумных кор. Нефть состоит из большого количества углеводородов и высокомолекулярных смолисто-асфальтеновых веществ, которые, поступая в почву, ведут к трансформации и гудронизации генетического профиля. Загрязняющими токсичными веществами нефти являются оксид углерода, диоксид серы, сероводород, оксиды азота и углеводорода, фенол, аммиак и различные минеральные соли. Они оказывают ингибирующее влияние на рост и развитие растений. Кроме того, в сырой нефти присутствуют канцерогенные полициклические углеводороды (нафталаны, аценафтены, флюорены, фенанрены, пирены, хризены и бензопирен). При загрязнении почв нефтью наибольшее воздействие испытывает поверхностный гумусовый горизонт, действующий как комплексный геохимический фильтр (барьер), удерживающий большую часть ингредиентов. В нем практически полностью задерживаются битумные и парафинные компоненты нефти. Наиболее глубоко проникают в почву легкие фракции нефти и сильно минерализованные подземные воды. Нефть, попадая на земную поверхность из анаэробной обстановки с замедленными темпами геохимических процессов, оказывается в качественно новых условиях существования аэрируемой среды. Изменение нефти в почвах, ее деградация происходит под влиянием трех основных взаимосвязанных и взаимообусловленных факторов (процессов) - физических, химических и микробиологических.

Физические процессы ведут к испарению легких фракций, вымыванию и рас-

сеиванию за пределы первичного ореола загрязнения части углеводородов. Это приводит к значительному снижению токсичности и уменьшению концентрации нефти. Однако этот процесс нельзя назвать самоочищением, так как нефтяные продукты не минерализуются, а рассеиваются и загрязняют сопряженные ландшафты.

Химические процессы приводят к образованию водорастворимых соединений, асфальто-смолистых веществ и нерастворимых в органических растворителях продуктов типа оксикеритов и гуминокеритов, то есть битуминозные вещества в почвах постепенно гумифицируются. Этот процесс идет необратимо с большей или меньшей скоростью.

Биологический процесс разложения углеводородов обеспечивается прежде всего углеводородоокисляющими микроорганизмами, способными в энергетическом обмене окислять углеводородные субстраты. В умеренно загрязненной нефтью почве возрастает численность и активность многих групп микроорганизмов. Параллельно с этим происходит все более глубокое окисление содержащейся в почве нефти. В южных районах активность микроорганизмов выше, чем в северных, что указывает на зависимость скорости разложения нефтепродуктов от гидротермических условий территории.

Токсичность нефти находится в прямой зависимости от ее состава (содержания парафинов, битумов, легких фракций, сернистых соединений), способности к испарению и микробиологическому разложению, от плотности и вязкости. Данные исследований показывают, что при концентрации нефти в почве меньше 80 мг/кг (около 64 мг/кг) всхожесть семян тест-растений не отличается от всхожести контрольных. При концентрации выше 400 мг/кг (320 мг/кг) всхожесть семян полностью подавляется. Увеличение содержания нефти и нефтепродуктов приводит к необратимым изменениям микробиологических свойств

почвы. В составе нефтепродуктов наибольшей токсичностью обладают легкие фракции, а среди них в первую очередь следует отметить канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (группа ПАУ), способные вызывать в живых организмах злокачественные опухоли. В этой группе одним из самых активных и распространенных загрязнителей является бензпирен, предельно допустимая концентрация которого в почве определяется в 0,02 мг/кг. В почве, загрязненной бензапиреном, из-за разбалансировки почвенного микробиоценоза нарушаются процессы самоочищения, в том числе, задерживаются процессы отмирания бактерий группы кишечной палочки.

Негативное воздействие большей части легких фракций хотя и сильное, но кратковременное, так как они в условиях жаркого климата быстро испаряются. Парафины и битумы менее токсичны, но попадание их в почву существенно изменяет водно-воздушный режим, приводит к уплотнению и цементации (гудронизации) почв. В нефти в различных количествах присутствует сера, как в форме элементарной серы, так и в виде сероводорода, сульфидов и меркаптанов. Попадание ее в почвы может существенно изменить окислительно-восстановительный потенциал и подкислять почвенный раствор. Однако пустынные почвы благодаря высокому содержанию карбонатов кальция и щелочной реакции почвенных растворов, обладают достаточно высокой буферностью против такого воздействия.

В естественных процессах самоочищения почв от загрязнения нефтью ведущая роль принадлежит микроорганизмам. Они используют органические соединения нефти как субстрат для своего роста и развития, активно размножаются и при этом способствуют удалению из окружающей среды нефтепродуктов. Сдерживающим фактором биологической активности в таких условиях является дефицит почвенной влаги. Микроорганизмы способны возвращать в безвред-



ной форме в биологический кругооборот продукты углеводородной трансформации, что определяет их ведущую роль в процессах очищения нефтезагрязненных почв. Следовательно, существует определенная связь между скоростью разложения нефтепродуктов, то есть способностью почв к самоочищению от органических загрязнителей, и биологической активностью почв, которая тем выше, чем благоприятнее складывается в почве соотношение водного, воздушного и теплового режимов, а также, чем выше в почве содержание органического вещества. То есть по биологической активности почв можно судить об их способности самовосстановлению при попадании в них нефтяных органических загрязнителей.

Наиболее высокие уровни загрязнения почв нефтепродуктами обнаружены вблизи месторождения Макат. На сильно замазученных участках максимальное содержание нефтепродуктов достигает 172480 мг/кг. Предельно допустимая концентрация (ПДК) нефти в Казахстане

определена равной 100 мг/кг (для нефти как на месторождении Каражанбас и Жетыбай) и 10 мг/кг для нефти месторождения Каламкас [3].

Высокие уровни загрязнения почв нефтепродуктами обнаружены вблизи месторождения Доссор. Здесь превышение ПДК варьирует в пределах 47,7-127,2 раза. Кроме этого, загрязненные нефтью участки обнаружены вблизи месторождений Комсомольское (137 ПДК), Сагиз (107 ПДК), Танатар (60 ПДК), Байшонас (138 ПДК), Тентексор (200 ПДК), Искене (24 ПДК), Каратайкыз (2,4 ПДК). Повышенные содержания нефтепродуктов, но ниже ПДК, обнаружены вблизи месторождения Кашкар Южный и Алтыкуль. Пробы, отобранные вблизи разливов нефти у ранее пробуренных скважин в районе Жаршыка и П-2, показали содержание нефтепродуктов в 881 ПДК и 22,8 ПДК соответственно.

Оценочные показатели для определения степени опасности загрязнения почв населенных мест определены в следующих пределах (таблица 1) [3].

Таблица 1 - Оценочные показатели санитарного состояния почв населенных мест

№№ П/П	СТЕПЕНЬ ОПАСНОСТИ	СТЕПЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКЗОГЕННЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ, КРАТНОСТЬ ПРЕВЫШЕНИЯ ПДК
1	Безопасная	Чистая	меньше ПДК
2	Относительно безопасная	Слабо загрязненная	1-10
3	Опасная	Умеренно-загрязненная	10-100
4	Чрезвычайно опасная	Сильно загрязненная	Свыше 100

Согласно данной классификации почвы вблизи месторождений Макат, Доссор, Байшонас, Тентексор, Комсомольское, а также вблизи протекающей разведочной скважины на участке Жаршик могут быть классифицированы как сильно загрязненные нефтепродуктами, что представляет чрезвычайно опасную степень загрязнения. Такой уровень загрязнения представляет угрозу для здоровья населения, поскольку месторождения Доссор и Макат вплотную примыкают к одноименным

населенным пунктам. Участок Жаршик расположен в зоне затопления нагонными водами Каспийского моря. Нахождение в этой зоне изливающейся скважины создает угрозу для всей экосистемы моря и особенно прибрежной полосы, в которой расположены тростниковые заросли, плотность заселения которых обитателями животного мира особенно высока. Почвы вблизи месторождений Танатар и Искене, а также скважины П-2 загрязнены умеренно, а вблизи Каратайкыз – слабо. На остальных

станциях наблюдения почвы характеризуются как чистые.

Для характеристики степени загрязнения почв тяжелыми металлами их содержание сравнивается с ПДК в почвах. Для кадмия ПДК не существует, а установлена ОДК, зависящая от механического состава почв. Так, для песчаных и супесчаных почв ОДК равна 0,5 мг/кг, для кислых суглинистых и глинистых – 1,0 мг/кг, для суглинистых и глинистых нейтральных – 2,0 мг/кг. Таким образом, для интерпретации результатов анализов сначала уточнялся гранулометрический состав почв, а затем обнаруженное содержание кадмия в почве сравнивалось с соответствующим значением ОДК.

Почвы описываемой территории в основном суглинистые и глинистые. На этих участках превышений ПДК по кадмию не обнаружено. Вблизи месторождений Айранкуль, Ботахан, Искене имеются участки с супесчаными почвами. Здесь уровень кадмия варьирует около 2-х ОДК. Очаги сверхнормативного содержания никеля сосредоточены около месторождений Доссор (от 1,1 ПДК до 2,5 ПДК), Макат (1,2-1,3 ПДК), Байшонас (1,2 ПДК), Тентексор (1,3 ПДК), Ботахан (1,6 ПДК), Карсак (1,4-1,6 ПДК). Очень высокое содержание меди (27 ПДК) обнаружено в пробе, отобранной вблизи месторождения Доссор. В этой же пробе обнаружены сверхнормативные концентрации свинца (4,7 ПДК), никеля (2 ПДК) и нефтепродуктов (48 ПДК). Концентрация меди, равная 2 ПДК обнаружена на месторождении Макат, и равная 2,9 ПДК на месторождении Доссор. Содержание нефтепродуктов на этих месторождениях составляет 4,3 ПДК и 0,3 ПДК соответственно. В других пробах превышений ПДК по меди не обнаружено. Сверхнормативные содержания кобальта обнаружены только в двух точках вблизи месторождений Макат и Доссор на загрязненных нефтью участках. Установлена корреляция между содержаниями цинка и нефтепродуктов. Так, на незагрязненных нефтепродуктами участках содержание цинка в почвах варьирует в пределах от 0,72 до 3,59 мг/кг (при ПДК=23 мг/кг). На загрязненных нефтепродуктами участках содержание цинка возрастает в несколько раз, хотя и не превышает ПДК. Максимальное содержание цинка (10

ПДК) обнаружено на месторождении Макат.

На основании проведенного анализа напрашивается вывод о приуроченности загрязнений тяжелыми металлами (никелем, медью, свинцом, цинком и кобальтом) к местам проведения нефтяных операций. Здесь явно видна корреляция между повышенным содержанием указанных тяжелых металлов и нефтепродуктов. Возможно, в этих местах был пролит буровой раствор или другие сопутствующие буровым операциям химические реагенты. Обнаружены участки со сверхнормативным содержанием мышьяка. Несмотря на то, что содержание мышьяка в почвах на многих участках превышает ПДК, мы не можем сделать вывод о техногенном происхождении данного загрязнения.

Как известно, источниками повышенного содержания мышьяка являются выбросы металлургических и химических предприятий по производству удобрений. Таких предприятий на данном блоке и в его непосредственной близости нет. Согласно данным исследований многих авторов кларковое содержание мышьяка в земной коре составляет 5 мг/кг [4-5]. Фоновые уровни содержания данного элемента в верхнем горизонте почв, как правило, невелики, хотя и превышают в несколько раз его концентрации в горных породах. Среднее содержание мышьяка в почвах США и мира оценивается в 6,7 и 8,7 мг/кг [6-7]. Максимальные концентрации мышьяка, как правило, связаны с аллювиальными почвами и почвами, обогащенными органическим веществом. Концентрации мышьяка в глинистых отложениях достигают 13 мг/кг. Поскольку верхние горизонты почв в основном глинистые и суглинистые, то высокое содержание мышьяка в них может объясняться природными факторами. Сверхнормативное содержание фенолов в почвах не обнаружено.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует констатировать, что формирование нефтегазового комплекса в Западном Казахстане значительно усилило антропогенную нагрузку на почвенно-растительный покров. Основными причинами экологического нарушения почвенного покрова в регионе стали: техногенное разрушение, нефтехимическое загрязнение и засо-

ление сточными промышленными водами, буровой шлам, токсичные химические элементы и др.

Очередность проведения работ по восстановлению естественного плодородия почв должна определяться их природной способностью к самовосстановлению, хозяйственной значимостью и характером воздействия нарушенных почв на окружающие территории. Хотя в настоящее время почвы данного района имеют низкую хозяйственную ценность и используются только как пастбища, с экологических позиций после окончания работ необходимо провести восстановление их до исходного уровня плодородия.

На дальнейших этапах производственной деятельности необходимо будет прово-

дить ежегодный производственный мониторинг, в ходе которого исследования содержания загрязняющих веществ в почвах должны быть продолжены. Это позволит уточнить значения фоновых концентраций химических веществ в почвах данных участков и своевременно реагировать на нарушения и загрязнения почв.

Оздоровление экологической обстановки и рациональное хозяйственное использование природных ресурсов становятся важнейшей государственной задачей региона. В этой связи актуально своевременное выявление и оценка очагов деградации и опустынивания почвенного покрова, разработка научных основ реабилитации и охраны нарушенных земель.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. Москва. Минприроды РФ. Роскомзем. 1995.
2. Научно-методические указания по мониторингу земель Республики Казахстан. Алматы. Министерство сельского хозяйства РК. 2001.
3. Совместный приказ Минздрава и МООС от 27.01.2004 №21 П «Об утверждении Нормативов вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву». Астана. 2004.
4. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: АН СССР. 1957. 239 с.
5. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Под ред. Ю.А. Афанасьева и С.А. Фомина. М.: МНЭПЦ. Ч. 2. 2001. 337 с.
6. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. Под ред. Н.Г. Зырина. М.: МГУ. 1983.
7. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of the elements. New -York: Academic Press, 1979. P. 19-20.

#### ТҮЙІН

Мақалада мұнай тасымалдаушы құбырлардың бойындағы топырақтардың антропогендік бүлінуі мен мұнайхимиялық ластануы қарастырылған. Мұнайхимиялық ластану дәрежесі мен ауыр металдардың арасында корреляциялық байланыс барын көреміз.

#### RESUME

The article deals with the problem of crude oil pollution on the oil fields of Atraudist. Spilled oil activities still can affect environment, plants and wildlife in several ways. The direct impacts occur when operations disrupt the habitat of the industry's roads and cutlines create acces for other users who the habitat.