

УДК 502.55:665.6

**РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОГО
ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВАХ****Лифшиц С.Х., Чалая О.Н.***ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН», Якутск, e-mail: o.n.chalaya@ipng.ysn.ru*

Результаты экспериментов по высеванию растений в нефтезагрязненную почву показали, что в качестве критериев для оценки допустимого остаточного содержания нефти в почве можно рекомендовать такие интегральные показатели, как коэффициент выживаемости растений, отражающий изменения адаптивного потенциала почвенно-растительной системы, коэффициент накопления нефтезагрязнения, и геохимические характеристики почвенных битумоидов.

Ключевые слова: допустимое остаточное содержание нефтезагрязнения в почвах, адаптивный потенциал растений, геохимические характеристики почв, биодegradация нефтезагрязнения

DESIGN OF CRITERIA FOR THE STANDARDIZATION OF OIL POLLUTED SOILS**Lifshits S.K., Chalaya O.N.***Institute of Oil and Gas Problems of Siberian Branch of the RAS, Yakutsk,
e-mail: o.n.chalaya@ipng.ysn.ru*

Experiments were carried out in which seeds were seeded in samples of oil polluted soils. The results of experiments showed that as criteria for standardization of oil polluted soils may be considered such integral characteristics as the coefficient of plants surviving characterized adaptive potential of plants, the coefficient of oil pollution accumulation and geochemical data of soil bitumoids.

Keywords: standardization of oil polluted soils, adaptive potential of plants, geochemical characteristics of soil bitumoids, biodegradation of oil pollutions

В связи с интенсивным развитием нефтегазового комплекса участились аварии, ведущие к попаданию в окружающую среду нефти и нефтепродуктов. При попадании нефти в почву легкие углеводороды испаряются, более тяжелые сорбируются почвами. Считается, что нефть имеет биогенное происхождение, т.к. существует генетическая связь между нефтью и органическим веществом осадочных пород. Вероятно, вследствие этого попадание нефти в почву не является абсолютным злом. Известно, что при малых уровнях нефтезагрязнения почвы способны к самовосстановлению и нефть даже оказывает стимулирующий эффект на рост растений. В связи с этим важно определить, какое содержание нефтезагрязнения в почве следует считать предельно допустимым. Особенно это важно для оценки качества проведенных восстановительных работ по очистке территорий от нефтезагрязнений. Установление единых допустимых остаточных концентраций нефти в почвах (ДОСНП) невозможно, т.к. эта величина зависит от многих факторов: климато-географических условий, ландшафта, типа почв и др. Автор работы [5], например, считает, что целесообразно нормировать нефтезагрязнение по реакции самой почвы на него. По-видимому, предельно допустимым содержанием нефти в почве должно являться такое ее количество, при котором почвы сохраняют способность к самовосстановлению. Важным остается вопрос, по

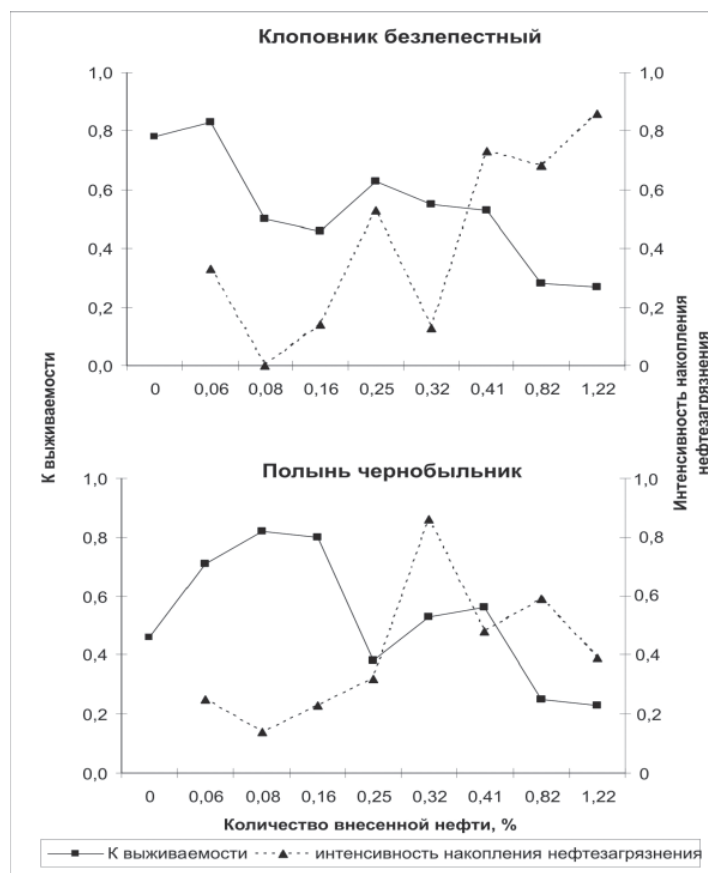
каким критериям необходимо оценивать способность почв к самовосстановлению? Некоторые авторы полагают, что наиболее оптимальным показателем устойчивости почв к нефтяным загрязнениям является состояние микробных сообществ [1, 5]. При попадании нефти в почву микробное сообщество первоначально испытывает шок, вследствие которого резко снижается его количество. Затем на нефтяном субстрате активизируется углеводородокисляющая микрофлора. Ее численность и активность зависят от многих факторов: типа почв, уровня нефтезагрязнения, длительности загрязнения, водно-аэрационного режима и др. Зависимости между уровнем нефтезагрязнения и количеством углеводородокисляющих микроорганизмов, как и общим количеством почвенной микрофлоры, носят сложный нелинейный характер, вследствие чего не удается установить четких корреляций, необходимых для установления ДОСНП. Одним из показателей токсичности нефтезагрязненных почв является ее фитотоксичность. Однако, как показали проведенные ранее нами модельные эксперименты [3], зависимость всхожести семян от количества внесенной в почву нефти имеет четко выраженный нелинейный характер, что также затрудняет установить тот уровень загрязнения, при котором почвы еще сохраняют способность к восстановлению. Кроме того, при больших уровнях загрязнения может наблюдаться высокая

всхожесть семян при низкой выживаемости проростков.

Таким образом, по одному или даже нескольким показателям биологической активности почв, активности микробоценоза, почвенных энзимов, физиологическим характеристикам растений сложно определить ДОСНП, т.к. отсутствуют прямые или обратные корреляции между уровнем нефтезагрязнения и изучаемым показателем. Нелинейный характер перечисленных зависимостей свидетельствует об адаптивной природе происходящих в почве изменений под влиянием усиливающегося стресс-фактора – нефтезагрязнения. Для определения ДОСНП, по-видимому, необходимо рассмотреть некие интегральные характеристики почвенных или почвенно-растительных систем, отражающих механизм перестройки системы в ответ на увеличение нефтезагрязнения. Такой интегральной характеристикой, по-видимому, может служить изменение адаптивного потенциала почвенно-растительной системы на усиление нефтезагрязнения.

Для изучения адаптивного потенциала почвенно-растительной системы в условиях нефтезагрязнения нами были проведены

камеральные эксперименты [4], в которых в нефтезагрязненную мерзлотную дерново-луговую почву высевались семена диких растений: полыни чернобыльник и клоповника безлепестного. Количество внесенной в почву нефти варьировали от 0,06 до 1,22%. В ходе эксперимента определяли следующие физиологические характеристики растений: энергию прорастания (на 7-е сутки), всхожесть (на 10-е сутки) семян, выживаемость проростков (на 60-е сутки, окончание эксперимента). Зависимости физиологических характеристик растений от количества внесенной в почву нефти носили сложный нелинейный характер. Поскольку для оценки процессов адаптации важны не столько абсолютные значения физиологических характеристик, но и их соотношения, мы ввели показатель – коэффициент выживаемости (отношение выживаемости проростков к их всхожести). Как видно из рисунка, для обоих видов растений зависимости коэффициента выживаемости от количества добавленной нефти имеют бимодальный характер с трендом к снижению. Каждая из двух областей максимумов на этих кривых ответственна, по-видимому, за ту или иную стратегию выживания растений.



Зависимости коэффициента выживаемости растений и интенсивности накопления нефтезагрязнения от количества внесенной в почву нефти

При внесении небольших количеств нефти в почву до 0,16% для клоповника и 0,25% для полыни (область первого максимума) коэффициент выживаемости близок или даже выше аналогичного показателя для растений, произрастающих в чистой почве. Вероятно, на данном этапе адаптации включаются антиоксидантные и ДНК-репарационные системы защиты, повышающие адаптивный потенциал растений [2, 4].

В области второго максимума, где количество добавленной нефти выше, коэффициент выживаемости хоть и возрастает после минимума, но не достигает величин первого максимума. Для адаптации (выживания популяции) в данных условиях у растений, по-видимому, включается следующий механизм «обороны», связанный с запуском апоптоза и ускоренного клеточного деления, приводящий к значительному истощению энергетических и функциональных ресурсов растительного организма [2, 4].

Дальнейшее увеличение количества добавленной нефти (0,82% и выше) приводит к тому, что, несмотря на усилия популяции растений адаптироваться в токсичной среде путем увеличения энергии прорастания и всхожести (см. рис.), большинство проростков оказываются нежизнеспособными. Вероятно, на данном этапе включается механизм SOS-репараций [2, 4].

Хлороформенный экстракт почвенных проб характеризует битуминозную составляющую органического вещества почв. Введем показатель интенсивности накопления нефтезагрязнения как отношение прироста нефтезагрязнения к приросту добавленной нефти. Зависимости интенсивности накопления нефтезагрязнения от количества добавленной нефти представлены на рисунке и, как видно, носят полимодальный характер. Первый максимум на кривой интенсивности накопления нефтезагрязнения в случае произрастания полыни отмечается при добавке нефти 0,32%, что соответствует остаточному загрязнению почвы в конце эксперимента 0,12%, в случае произрастания клоповника – добавка нефти 0,25% и остаточное загрязнение – 0,08%. Следует подчеркнуть, что при этих же добавках нефти, как отмечалось выше, наблюдалось увеличение коэффициента выживаемости соответствующих растений после минимума.

То есть, по-видимому, реализуемая растениями стратегия адаптации при меньших количествах внесённой нефти, заключающаяся в трансформации нефти почвенными ферментами микробиологического и растительного происхождения, в активации антиоксидантных и ДНК-репарационных систем [2, 4], оказалась по мере роста нефтезагряз-

нения неэффективной, и начала реализовываться следующая стратегия адаптации, заключающаяся в активации апоптоза и интенсификации клеточного деления.

Результаты по изучению группового компонентного состава битумоидов показали, что по мере увеличения количества внесённой нефти в их составе растёт доля углеводородных фракций, а асфальтосмолистых компонентов – падает. Вероятно, это связано с тем, что ферменты почвенно-растительной системы, включая ризосферу, перестают справляться с трансформацией нефтяных углеводородов, и состав битумоидов становится близким к отбензиненной нефти. Высокая доля углеводородных фракций в битумоидах отмечалась в случае произрастания обоих видов растений при дозавках нефти 0,25% и выше.

Таким образом, согласно физиологическим характеристикам растений и геохимическим показателям почв за предельно допустимое остаточное содержание нефти в почве можно принять 0,12% в случае произрастания полыни чернобильник и 0,08% – клоповника безлепестного или в среднем 1г/кг почвы. При этих содержаниях нефти в почвах растения ещё сохраняют довольно высокий адаптивный потенциал. Свыше этих концентраций адаптивный потенциал растений быстро снижается, наблюдается накопление нефтезагрязнения, почвенный битумоид приобретает нефтяной характер.

Согласно вышеизложенному, в качестве критериев для оценки ДОСНП можно рекомендовать такие интегральные показатели, как коэффициент выживаемости растений, отражающий изменения адаптивного потенциала почвенно-растительной системы, коэффициент накопления нефтезагрязнения, и геохимические характеристики почвенных битумоидов.

Список литературы

1. Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С. Оценка устойчивости микробных комплексов к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 580.
2. Кершенгольц Б.М., Шаройко В.В., Нуреева Г.В. Влияние катионов свинца (Pb) и некоторых комплексов БАВ растительного происхождения на активность и устойчивость генома растений // Сибирский экологический журнал. – 2002. – №2. – С.127-135.
3. Лифшиц С.Х., Кершенгольц Б.М., Чалая О.Н., Зуева И.Н., Шашурин М.М., Глязнецова Ю.С. Изучение способности модельной системы мерзлотная почва Якутии – растения к восстановлению при загрязнении нефтью // Химия в интересах устойчивого развития. – 2008. – Т. 16. – № 5. – С. 537-545.
4. Лифшиц С.Х., Чалая О.Н., Шашурин М.М., Глязнецова Ю.С., Зуева И.Н., Кершенгольц Б.М. Трансформация нефтезагрязнения и формирование адаптивной реакции растений в модельном эксперименте с мерзлотной почвой Якутии // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – №2. – С. 169-178.
5. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Чернянский С.С., Сахаров Г.Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. – 2003. – № 9. – С. 1132-1140.