

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Новосибирский государственный аграрный университет
Общество почвоведов имени В.В. Докучаева

ПОЧВЫ В БИОСФЕРЕ

**Сборник материалов Всероссийской научной конференции
с международным участием, посвященной 50-летию
Института почвоведения и агрохимии СО РАН**

10–14 сентября 2018 г., г. Новосибирск

ЧАСТЬ I

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

В.П. Середина, М.В. Носова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск,
seredina_v@mail.ru, nsmvsh@mail.ru

Аннотация. *Рассматриваются результаты полевых и аналитических исследований почв пойменных нефтезагрязненных экосистем Западной Сибири. Проведено сопоставление состояния загрязненных почв с фоновыми аналогами. Установлено, что нефтяное загрязнение нарушает функционирование естественных почвенных процессов и структурно-функциональную организацию основных параметров аллювиальных почв. Выявлено специфическое влияние углеводородного загрязнения на основные экологические функции почв.*

Ключевые слова: *Западная Сибирь, средняя тайга, аллювиальные почвы, нефтяное загрязнение, почвенные свойства, экологическое состояние.*

Актуальность. В условиях роста техногенной нагрузки на окружающую среду актуальными становятся вопросы оценки ее экологического состояния. Почвы – центральное и связующее звено между всеми компонентами биосферы, где протекают разнообразные миграционные циклы химических элементов. В то же время почва – малоподвижная природная система, миграция загрязняющих веществ в ней происходит крайне медленно, что способствует накоплению различных поллютантов. В условиях непрерывной эксплуатации углеводородного потенциала Западной Сибири происходит загрязнение почв при добыче, транспортировке нефти и нефтепродуктов. Экологические последствия загрязнения зависят от определенных параметров: состава и свойств нефти и нефтепродуктов, концентрации в почве, продолжительности воздействия. Интенсивность и скорость трансформации естественных почвенных процессов определяется устойчивостью к техногенным нагрузкам ландшафтно-геохимических систем.

Таким образом, особенности поведения и превращения углеводородов техногенного происхождения в почвенной толще весьма разнообразны и специфичны для тех или иных условий среды, поэтому их характеристика обладает высоким информативным потенциалом с точки зрения понимания и оценки происходящих в почве процессов [1]. Несмотря на значительное количество работ, посвящённых исследованию воздействия нефтяного загрязнения на экологическое состояние почв таёжных элювиальных ландшафтов Западной Сибири [1-5], закономерности поведения нефтепродуктов и почвах пойменных экосистем практически не изучены.

Целью работы является анализ особенностей влияния нефтяного загрязнения на экологические функции аллювиальных почв и выявление процессов трансформации их свойств при локальном воздействии углеводородного поллютанта.

Объекты и методы исследования. Объектами изучения являются почвы Советского нефтяного месторождения, расположенные в центральной части поймы р. Оби, а именно: почвы, загрязненные нефтью и нефтепродуктами, а также их фоновые (контрольные) аналоги. Нефтезагрязненные почвы отбирались на месте свежего нефтяного разлива, образовавшегося в результате аварии на промысловом трубопроводе. Методика включала сопряженный сравнительный анализ фоновых почв и почв, подверженных локальному нефтяному загрязнению, удалённых на различном расстоянии от эпицентра загрязнения. На месте залпового выброса было заложено два почвенных разреза: в эпицентре разлива и в 3 метрах от него, практически на краю визуального ореола загрязнения.

В ходе выполнения работы использовались следующие методы: сравнительно-географический, позволяющий установить связь между строением почв и соответствующего комплекса природных условий; профильно-генетический, позволяющий охарактеризовать

особенности морфологического строения почв и оценить их классификационную принадлежность; химико-аналитический, выполненный с применением общепринятых методик. Содержание нефтепродуктов определялось флуориметрическим методом.

Обсуждение результатов. Исследованные аллювиальные почвы являются интразональными почвами территории средней тайги Западной Сибири. Однако именно аллювиальные почвы занимают особое положение в поддержании устойчивости и продуктивности пойменных экосистем. В результате залповых выбросов порыва трубопроводного транспорта, основной негативный «пресс» приходится на корнеобитаемый слой и выражается в существенном нарушении основных экологических функций почв.

Для контроля изменения экологического состояния почв, подвергшихся углеводородному загрязнению, был заложен фоновый разрез (Р-1), представленный аллювиальной серогумусовой типично-глеевой средне мелкой тяжелосуглинистой почвой и имеющий следующее морфологическое строение:

АУ_v 1 – 13 см. Окраска однородная, серо-бурая. Густо пронизан корневыми системами луговой растительности различной степени разложения. Переход ясный по составу почвенной массы, граница ровная.

АУ 13 – 21 см. Окраска однородная, серо-бурая. Многочисленные корни травянистой растительности. Уплотненный, свежий, мелкокомковатой структуры, легкосуглинистый. Переход постепенный по окраске, граница ровная.

АУС_g 21 – 42 см. Окраска неоднородная, серо-бурая. Встречаются охристые пятна оксида железа (d около 1 см), серые пятна полуразложившегося органического вещества, присутствуют живые корни. Уплотненный, свежий, мелкокомковатой структуры, среднесуглинистый. Переход ясный по окраске, граница ровная.

ИС_{1g} 42 – 59 см. Окраска неоднородная с сизоватым оттенком. Наблюдаются многочисленные охристые пятна оксида железа и сизоватые пятна полуразложившихся корней, вытянутые в вертикальном направлении. Уплотненный, свежий, мелкоореховатый, тяжелосуглинистый. Переход ясный по окраске и плотности, граница ровная.

ПС_{2g} 59 – 76 см. Окраска неоднородная, сизоватая. Встречаются охристые пятна оксида железа (d 0,7 – 1,5 см). Видны тонкие корешки. Уплотненный, свежий, бесструктурный, супесь. Переход ясный по окраске и плотности, граница ровная.

ПШ_{3g} 90 – 100 см. Окраска неоднородная, сизоватая. Представлен чередующимися слоями бурой, ржавой и сизой окраски различной интенсивности и мощности (мощность сизых полос намного меньше по сравнению с бурыми полосами). Рыхлый, свежий, бесструктурный, песчаный.

В эпицентре ореола свежего нефтяного разлива был описан разрез (Р-2), вскрывающий хемозем нефтезагрязненный по аллювиальной серогумусовой типично-глеевой почве.

Направленность миграционных процессов в почвах является важным фактором их самоочищения. В объектах исследования, рассеяние углеводородов произошло в двух направлениях – латеральном (плоскостной сток) и радиальном (вертикальный сток), что затруднило дифференциацию горизонтов почвенного профиля. В связи с этим, образцы почв отбирались послойно (0-10, 10-20, 20-40 см и т.д.)

АУ_{v,x} 0 – 10 см. Однородный, темно-серый, почти черный, бесструктурный с цементированными глыбистыми включениями с маслянистыми пленками на гранях агрегатов, тяжелосуглинистый, на поверхности присутствует битуминозная корка, вязкий, мокрый, уплотнен, разнонаправленные корни растительных остатков, пропитан нефтью с характерным сильным запахом, переход по окраске и структуре не заметен, границы не дифференцируются.

АУ_x 10 – 20 см. Однородный, темно-серый, почти черный, бесструктурный, тяжелосуглинистый, вязкий, сырой, уплотнен, присутствуют корни растительных остатков, пропитан нефтью с характерным сильным запахом, переход по окраске не заметен, границы не дифференцируются.

АУС_{g,x} 20 – 40 см. Неоднородный, темно-серый с легким буроватым оттенком, бесструктурный с цементированными глыбистыми включениями, тяжелосуглинистый, вязкий, сырой,

уплотнен, степень замазученности ниже, чем в предыдущих горизонтах, переход по окраске не заметен, границы не дифференцируются.

IC_{1g,x} 40 – 60 см. Неоднородный, темно-серый с охристыми и сизыми пятнами оглеения, бесструктурный с цементированными глыбистыми включениями, тяжелосуглинистый, влажный, уплотнен, загрязнение определяется визуально и по запаху, переход по окраске слабо заметен, границы дифференцируются слабо.

IC_{2g,x} 60 – 80 см. Неоднородный, темно-палево-бурый с охристыми и сизыми пятнами оглеения, бесструктурный, среднесуглинистый, влажный, уплотнен, загрязнение определяется визуально и по запаху, переход по окраске заметен, границы дифференцируются слабо.

IIIС_{3g,x} 80 – 100 см. Неоднородный, темно-палевый с охристыми и сизыми пятнами оглеения, бесструктурный, тяжелосуглинистый, влажный, уплотнен, загрязнение определяется визуально и по запаху.

Почва, заложенная в 3 м от эпицентра загрязнения (Р-3), диагностирована как хемозем нефтезагрязненный по аллювиальной серогумусовой типично-глеевой почве. В ней выделяются следующие горизонты:

AУ_x 0 – 10 см. Однородный, темно-серый, бесструктурный с цементированными глыбистыми включениями в маслянистой пленке, тяжелосуглинистый, присутствует слабовыраженная битуминозная корка, вязкий, мокрый, уплотнен, присутствуют корни растительных остатков, пропитан нефтью переход по окраске не заметен, границы не дифференцируются.

AУ_x 10 – 20 см. Однородный, темно-серый, бесструктурный с цементированными глыбистыми включениями, тяжелосуглинистый, вязкий, сырой, уплотнен, присутствуют корни растительных остатков, пропитан нефтью, переход по окраске не заметен, границы не дифференцируются.

AУС_{g,x} 20 – 40 см. Неоднородный, темно-серый с легким буроватым оттенком и пятнами оглеения, бесструктурный, тяжелосуглинистый, вязкий, сырой, уплотнен, степень замазученности ниже, чем в предыдущих горизонтах, переход по окраске заметен, границы слабо дифференцируются.

IC_{1g,x} 40 – 60 см. Неоднородный, темно-серый с охристыми и сизыми пятнами оглеения, бесструктурный, тяжелосуглинистый, влажный, уплотнен, загрязнение определяется визуально и по запаху, переход по окраске слабо заметен, границы слабо дифференцируются.

IC_{2g,x} 60 – 70 см. Неоднородный, темно-палево-бурый с охристыми и сизыми пятнами оглеения, бесструктурный, среднесуглинистый, влажный, уплотнен, загрязнение определяется визуально и по запаху, переход по окраске заметен

Сопоставление профилей фоновой и углеводородно-загрязненных почв, показало, что в хемоземах выявляется ряд черт, приобретенных в результате нефтяного воздействия, которое привело к трансформации морфологического облика почвы. Основными отличиями нефтезагрязненных почв от их фонового аналога является наличие маслянистой пленки в почвенной массе, более выраженная степень оглеения, интенсивный запах нефти и цементация отдельных почвенных агрегатов. Нефть пропитала почву в месте разлива до глубины более 1 метра, и ее избыток образовал на поверхности почвы битуминозную корку.

Согласно данным результатов флуориметрического анализа, содержание нефтепродуктов в нефтезагрязненных почвах колеблется в пределах от 11,34 до 6,53 г/100 г почвы, уменьшаясь по мере удаления от эпицентра загрязнения к импактной зоне в латеральном направлении, и в радиальном – по мере увеличения глубины почвенного профиля.

Окраска гумусированных горизонтов загрязненной почвы неестественно темная по сравнению с фоновой, что объясняется привнесением дополнительных органических поллютантов. В пропитанной нефтью свежезагрязненной почве центра нефтяного пятна существенно увеличивается по сравнению с фоновой почвой количество общего углерода до 10,7%, в то время как в фоновой почве его содержание составляет 5,4%. Гумусное состояние – важнейшее интегральное свойство почв. Можно утверждать, что резкие изменения его состояния негативно отразятся на таких важных экологических функциях почв, как буферный биоценотический экран, санитарная функция, депо элементов питания и влаги, ингибитор и стимулятор

биохимических процессов. Почва является хранилищем семян и влаги, выполняя опорную функцию. Опасность нефтяного загрязнения связана с высокой чувствительностью к нему высших растений, используемых для конечного этапа рекультивации – фитомелиоративного посева нефтестойких трав.

Установлено, что под воздействием нефти в почве кардинально изменяются ее водно-физические свойства, являющиеся одними из важнейших параметров для благоприятного роста и развития растений. Резкое увеличение сорбционной воды (максимальная гигроскопическая влага) в верхних слоях нефтезагрязненных почв (14,99 %) по сравнению с фоновой (7,70 %), указывает на ослабление межмолекулярных сил между частицами почвы и воды, приобретение почвой гидрофобных свойств и водоустойчивости. Под влиянием поллютанта происходит существенное увеличение одной из важнейших почвенно-гидрологических характеристик – влажности завядания. В фоновых образцах данный параметр более чем в 2 раза ниже (10,30 %), чем в свежезагрязненной почве эпицентра нефтяного пятна (22,48%) и на периферии нефтяного разлива (20,98%). При этом наиболее резкие скачки значений наблюдаются именно в верхней части профилей загрязненных почв, что свидетельствует о высоком содержании в корнеобитаемых слоях влаги, недоступной для растений. Полная влагоемкость в хемоземах низкая, отличается четкой тенденцией к уменьшению в верхних (17,63 и 19,43%) и постепенным увеличением к самым нижним (28,27 и 33,13%) слоям почв. В фоновой почве наблюдаются противоположный тренд: максимум величины полной влагоемкости отмечается в гумусированных горизонтах (75,50%) и снижается по мере движения к материнской породе до 36,00%, что свидетельствует о минимальной способности нефтезагрязненных почв поглощать и удерживать влагу. В процессе загрязнения в центре нефтяного пятна отмечается полное отсутствие в верхних горизонтах диапазона активной влаги и минимальные значения данного параметра в нижней части почвенного профиля (1,97–2,52%). В почве, приуроченной к импактной зоне, наблюдается иная картина. В данную зону нефть от эпицентра загрязнения поступила в результате поверхностного стока, и в процессе латеральной миграции лишилась основной части своих тяжелых (смолисто-асфальтеновых) фракций. Вероятно поэтому, по мере удаления от очага загрязнения, начинает восстанавливаться диапазон активной влаги (до 6,52%), и, соответственно, производительная способность почв.

Добыча углеводородного сырья в условиях гумидного почвообразования сопровождается специфическими, не имеющими аналогов в природных условиях, явлениями техногенного галогенеза. Наличие и развитие данного процесса в почвах имеет важное значение при оценке их экологического состояния. Анализ геохимического распределения солей указывает на то, что максимальное содержание солей отмечается в верхних горизонтах ядра ореола загрязнения эпицентра разлива (0,35%), минимум – на его периферии, в импактной зоне (0,30%), при заметном уменьшении содержания водорастворимых солей вниз по профилям соответственно (0,16% и 0,14%). Тип химизма в вертикальном направлении остается одинаково слабым и сульфатно-натриевым, однако с наличием характерных сопутствующих данному типу засоления токсичных солей – NaCl и Na₂SO₄. Внедрение Na⁺ в почвенный поглощающий комплекс и вытеснение им катионов, определяющих кислотность аллювиальных почв (5,27), вызывает заметное возрастание значений pH в хемоземах до 7,82, и сдвиг реакции в щелочную сторону. В связи с ослаблением санитарной и защитной буферной экологических функций почв, при посеве нефтестойких трав, в отсутствие принятия соответствующих мер, данные изменения вызовут угнетение роста и развития растений, что не позволит завершить процесс рекультивации на данных почвах.

Заключение. Под влиянием техногенных потоков значительно изменяется морфологический облик аллювиальных почв: окраска становится более темной, тяжелые фракции нефти, цементируя плодородный слой, создают на поверхности почв битуминозную корку. Битуминозная корка является индикатором высокой степени загрязнения, препятствуя дальнейшему разложению нефтепродуктов. Важным следствием воздействия нефтяного поллютанта является приобретение почвой фитотоксичности, на что указывает наличие в гумусированных горизонтах почв легкорастворимых солей, особую опасность из которых представляют NaCl

и Na_2SO_4 , увеличение общего органического углерода за счет привноса техногенных углеводов нефти и установление щелочной реакции среды. Количественное и качественное ухудшение основных параметров почвенно-гидрологических констант, а также отсутствие в корнеобитаемом слое нефтезагрязненных почв диапазона активной влаги, являющегося важным фактором роста и развития растений, указывает на снижение биопродуктивности почв. Данные процессы свидетельствуют об ухудшении основных экологических функций почв и подчеркивают исключительную важность исследования почвенных систем аккумулятивных позиций ландшафтов, где данные изменения могут происходить не только вследствие непосредственного воздействия нефти, но и при ее латеральной миграции с повышенных элементов рельефа.

Литература

1. Середина В.П., Колесникова Е.В., Кондыков В.А., Непотребный А.И., Огнев С.А. Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2017. № 5. С. 108-112. DOI 10.248887/0028-2448-2017-5-108-122
2. Середина В.П., Садыков М.Е. Почвы нефтяных месторождений средней тайги Западной Сибири и прогнозная оценка опасности загрязнения органическими поллютантами // Сибирский экологический журнал. 2011. Вып. 18 № 5. С. 617-623.
3. Середина В.П., Непотребный А.И., Садыков М.Е. Характер изменения свойств почв нефтезагрязненных экосистем в условиях гумидного почвообразования // Вестник КрасГАУ. 2010. № 10. С. 49–54.
4. Середина В.П., Непотребный А.И., Огнев С.А. Особенности техногенного галогенеза при загрязнении нефтью почв бореального пояса // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (7–11 сентября 2015 г., г. Томск, Россия) под ред С.П. Кулижского (отв. ред.), Е.В. Каллас, А.В. Родиковой, Т.А. Новокрещенных. Томск: Издательский дом ТГУ, 2015. С. 364–368.
5. Середина В.П., Андреева Т.А., Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 270 с.

ECOLOGICAL STATE OF SOILS OF CONDITION ECOSYSTEMS IN CONDITIONS OF LOCAL POLLUTION OF OIL (WESTERN SIBERIA)

V.P. Seredina, M.V. Nosova

National Research Tomsk State University, Tomsk, seredina_v@mail.ru, nsmvsh@mail.ru

Summary. *This article reviews data of field and experimental soils' researches of West Syberia's flood-plain oil-contaminated ecosystems. A comparison of the state of contaminated soils with control samples. It's established that oil contamination disrupts stable functioning of nstural process and stucturally-functional organisation of alluvial soils'. Specific influence of hydrocarbon pollution on major ecological functions of soils was revealed.*

Keywords: *Western Siberia, middle taiga, alluvial soils, oil pollution, soil properties, environmental condition.*