НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Помимо споро-пыльцевых спектров во втором слое Л.Б. Хазин выявил остракоды личиночных стадий видов подсемейства Candoninae и единичные створки вида *Limnocythere inopinata*. По его заключению, возраст вмещающих отложений не древнее неоплейстоцена.

Для разреза известны две радиоуглеродные даты, полученные по диагенетическим карбонатам: для слоя 2 (карбонатные конкреции) – 9712 ± 185 лет (СОАН-3120) [2], для слоя 8 (травертизированные песчаники) – 3480 ± 150 лет (RGI-185). Кроме радиоуглеродных дат Г.Б. Барышниковым с соавторами [3] методом оптико-стимулированной люминесценции получена датировка для песков слоя 1 – $82,6 \pm 7,0$ тыс. лет (GdTL-1715).

На основе данных радиоуглеродного метода, а также метода спорово-пыльцевого анализа возраст изученных озерных отложений можно принять как поздненеоплейстоценовый, сопоставляемый с МИС-2 и МИС-3 [4].

Литература

1. Разрезы верхнего неоплейстоцена Прителецкого района Горного Алтая (литология, палинология, микрофауна) / И.В. Хазина [и др.] // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр. (24-26 апреля 2019 г.) Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология. Новосибирск, 2019. Т. 2. С. 192–199.
2. Бутвиловский В.В., Бутвиловская Т.В., Аввакумов А.Е. Составление геоморфологической карты Горного Алтая масштаба 1:500000. Отчёт Региональной партии о результатах научно-исследовательских работ, проведённых в 1989–1996 гг. Новокузнецк, 1996. Гос. регистр. № 13-89-106/1.
3. Baryshnikov G., Panin A., Adamiec G. Geochronology of the late Pleistocene catastrophic Biya debris flow and the Lake Teletskoye formation, Altai Region, Southern Siberia // International Geology Review. 2015. P. 1–15.
4. Четвертичная система // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. Вып. 38. С. 115–127.

DOI: 10.17223/978-5-94621-954-9-2020-54

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПОЙМЕННЫХ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOILS OF FLOODPLAIN OIL-CONTAMINATED LANDSCAPES (WESTERN SIBERIA)

В.П. Середина¹, М.В. Носова^{1,2}
V.P. Seredina¹, M.V. Nosova^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск
seredina_v@mail.ru

² Акционерное Общество «Томский научный проектный институт нефти и газа», г. Томск
NosovaMV@tomsknpi.ru

На основе собственных полевых и лабораторных исследований показаны морфологические изменения нефтезагрязненных почв пойм и рассмотрена их классификационная принадлежность. Представлены характеристика закономерностей трансформаций основных параметров физико-химического состояния почв (C_{org} , pH, состав водной вытяжки, гранулометрический состав почв) и даны практические рекомендации по осуществлению процесса рекультивации.

Based on our own field and laboratory studies, the morphological changes of oil-contaminated floodplain soils, as well as their classification, are shown. The characteristic of the patterns of transformations of the main parameters of the physicochemical state of soils (C_{org} , pH, composition of the water extract, particle size distribution of the soils) is presented – practical recommendations are given on the implementation of the reclamation process.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, экологическое состояние почв, хемозём, средняя тайга.

Key words: oil pollution, ecological state of soils, chemozem, middle taiga.

Актуальность. Западная Сибирь – один из крупнейших регионов добычи нефти, в почвенном покрове которой значительную площадь занимают рекультивированные почвы и образовавшиеся в результате разливов нефти хемоземы. Интенсивность и скорость трансформации естественных почвенных процессов определяется устойчивостью к техногенным нагрузкам ландшафтно-геохимических систем. Данные параметры индивидуальны для каждого типа почв и могут варьировать в зависимости от их расположения в природной среде, приуроченности к различным звеньям каскадной системы и действующего на них набора факторов. Особенности поведения и превращения углеводов в почвенной толще весьма разнообразны и специфичны для тех или иных условий среды, поэтому их характеристики обладают высоким информативным потенциалом с точки зрения понимания и оценки происходящих в почве процессов [1]. При больших дозах загрязнения почва не способна самостоятельно вернуться к первоначальному естественному состоянию и набору свойств, а в ходе посттехногенных преобразований способна трансформироваться в чрезвычайно токсичный хемозем.

Несмотря на значительное количество работ, посвящённых исследованию воздействия нефтяного загрязнения на экологическое состояние почв таёжных элювиальных ландшафтов Западной Сибири [2-4], закономерности поведения нефтепродуктов, а также практические аспекты рекультивационных работ почв пойменных экосистем изучены слабо.

Поэтому **целью** настоящего исследования является анализ особенностей влияния нефтяного загрязнения на свойства аллювиальных почв и возможность использования полученных данных для проведения восстановительных работ.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) изучить воздействие нефтяного загрязнения на морфологическое строение, физические свойства и физико-химическое состояние аллювиальных почв;
- 2) исследовать содержание и распределение солей в почвенном профиле нефтезагрязнённых почв.

Методы и материалы. Методика включала анализ фоновых почв и почв, подверженных нефтяному загрязнению в результате порыва нефтепровода, удалённых на различное расстояние от места аварии (эпицентр, импактная зона, граница загрязнения). В ходе полевого обследования использовались следующие методы: сравнительно-географический, позволяющий установить связь между строением почв и соответствующим комплексом природных условий; профилно-генетический, характеризующий особенности морфологического строения почв и их классификационную принадлежность. В нефтезагрязнённых почвах рассеяние углеводов происходит в двух направлениях – латеральном (плоскостной сток) и радиальном (вертикальный сток), что затрудняет дифференциацию горизонтов почвенного профиля, в связи с чем образцы почв отбирались послойно (0–10, 10–20, 20–40 см и т.д.). Аналитические исследования включали определение гранулометрического состава почв по методу Н.А. Качинского [6], общего органического углерода ($C_{орг}$) по методу Тюрина, pH водной вытяжки потенциометрическим методом и содержание легкорастворимых солей в водной вытяжке. Нефтепродукты (НП) в почве определены флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Полученные результаты. В процессе залповых выбросов поллютантов, возникающих в результате порыва трубопроводного транспорта, основной негативный «пресс» приходится на корнеобитаемый слой и выражается в существенном нарушении всех экологических функций почв. Согласно данным результатов флуориметрического анализа, содержание нефтепродуктов в исследованных нефтезагрязнённых почвах колеблется в пределах от 11,34 до 6,53 г/100 г почвы, причем в латеральном направлении наблюдается уменьшение содержания нефтяных

углеводородов по мере удаления от эпицентра загрязнения к импактной зоне, а в радиальном – по мере увеличения глубины профиля.

Учитывая специфику исследования, и то, что ствол антропогенно-преобразованных почв выделяется только в «Классификации и диагностике почв России» [8], названия нефтезагрязненных почв даны в соответствии с данным систематическим списком по фоновой почве-аналогу. Фоном являлась аллювиальная серогумусовая типично-глееватая тяжелосуглинистая почва. Поэтому нефтезагрязненные почвы названы как хемоземы нефтезагрязненные по аллювиальной серогумусовой типично-глееватой почве.

Степень загрязнения почв органическими поллютантами оценивалась по содержанию общего углерода в загрязнённых образцах по сравнению с их фоновыми аналогами, опираясь на разработанные в настоящее время классификации допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов. Согласно регламенту показателей уровня загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами [7], разработанными Ю.И. Пиковским, изученные хемоземы имеют низкий уровень загрязнения, однако, исходя из классификации загрязнений почвогрунтов и нефтепродуктов В.М. Гольдберга, объекты исследования относятся к умеренному уровню загрязнения.

Полевые исследования указывают на то, что на ключевом участке отбора проб наблюдается деградация растительного покрова, угнетение растений. Растительный покров территории нарушен из-за механических повреждений и углеводородного загрязнения. Просачивание нефти в основном приурочено к верхней части почвенных профилей, что приводит к образованию на поверхности плотного слоя нефти, который «запечатывает» почву, не давая проникнуть в почву теплу и влаге. По всему почвенному профилю присутствует сильный запах нефти и характерный маслянистый блеск (рис. 1).

Рис. 1. Эпицентр разлива нефти (фото М.В. Носовой)

В целом, для загрязненных почв характерен более темный цвет по сравнению с незагрязненными аналогами, большая плотность, наличие маслянистых и радужных пленок по граням структурных отдельностей в иллювиальных горизонтах, появление столбчатой структуры в нижней части профиля почв. В нефтезагрязненных почвах преобладают черные, серо-коричневые оттенки в биогенно-аккумулятивных горизонтах и темно-бурые, коричнево-бурые, буро-охристые – в нижних. Происходит увеличение количества охристых, ржаво-бурых пятен, примазок, Fe, Mn, пленок по граням структурных отдельностей, возрастание степени сегрегации железа, усиление процессов оглеения. Особенно сильно выражена деградация генетических горизонтов, вплоть до полного стирания отличительных первичных признаков естественного профиля. Отмечается изменение характера границ в сторону появления языков и карма-

нов. Однако, первоочередным критерием, определяющим глубину проникновения нефти, является гранулометрический состав почв.

Верхние горизонты почвы тяжелосуглинистые с преобладанием крупно-пылевой и илистой фракции. В нижних горизонтах почвенного профиля происходит облегчение гранулометрического состава от среднесуглинистого до супеси. В горизонте IC_{1g} , PC_{2g} преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли. Горизонт $III C_{3g}$ – песчаный с преобладанием мелкого песка и ила. Илистая фракция распределена неравномерно, наблюдается ее увеличение до 31,2 % в горизонте AUC_g , а затем происходит уменьшение до 6,8 % в горизонте $III C_{3g}$, что связано со слоистостью аллювиальных отложений. В гранулометрическом составе нефтезагрязненных почв наблюдаются следующие закономерности: по мере продвижения к эпицентру загрязнения распределение фракций гранулометрического состава становится более равномерным, что приводит к ослаблению дифференциации почвенного профиля. Такой эффект, как указывают многие авторы [1–5], характерен для большинства почв, подверженных техногенной нагрузке со стороны нефтезагрязнителей и их углеводородных аналогов.

Таким образом, исходный тяжелый гранулометрический состав способствует закреплению в почвенной матрице нефтяных углеводородов. Проникая в почву при постепенной миграции поллютанта вниз почвенного профиля, нефть заполняет поровое пространство, вытесняя и воду. Учитывая тот факт, что в ходе морфологических исследований и лабораторных анализов нефть обнаруживается даже на глубине 100 см, можно сделать заключение об аккумуляции нефти и в нижележащих горизонтах. Такое внутрипочвенное распределение загрязнителя будет создавать постепенный угнетающий эффект на растения даже после рекультивации верхних горизонтов нефтезагрязненных земель, поскольку способствует приобретению почвой нового сопутствующего почвообразовательного процесса, не характерного для аллювиальных почв – солончакового. Предпосылки развития признаков солончаковатости обнаруживаются как в более свежих разливах нефти (прикопки), так и в образцах трёхмесячного срока загрязнения. Явление солончаковатости главным образом обусловлено содержанием в почвах легкорастворимых солей. Величина плотного остатка (общего количества легкорастворимых солей) на участках, загрязнённых нефтью, зависит от состава поллютанта и интенсивности миграции и значительно колеблется в различных зонах воздействия, составляя 0,35–1,12 % в эпицентре; 0,30–0,75 % в импактной зоне; 0,41–0,63 % на границе разлива нефти. Степень засоления варьирует от средней до слабой. Разделение почв по степени засоления обусловлено различным состоянием на этих почвах сельскохозяйственных растений [9]. В частности, на слабозасоленных почвах в состоянии среднеустойчивых растений отмечается их слабое угнетение (выпадение растений и снижение урожая на 10–20 %), в то время как в почвах со средней степенью засоления наблюдается среднее угнетение растений (выпадение растений и снижение урожая на 20–50 %). В ходе загрязнения почв органическими поллютантами в различных зонах техногенной нагрузки происходит значительное увеличение содержания хлорид-ионов (от 0,8 до 2,11 мг/экв) и натрия (от 1,5 до 5,95 мг/экв), которые трансформируются в соединения токсичных солей – $NaCl$ и Na_2SO_4 , $MgCl_2$. Внедрение ионов Na^+ в почвенный поглощающий комплекс и вытеснение ими катионов H^+ и Al^{3+} , определяющих потенциальную кислотность аллювиальных почв (5,27), вызывает заметное возрастание значений pH в хемоземах (до 7,82), т.е. сдвиг реакции в щелочную сторону. Такие изменения при посеве нефтестойких трав в процессе рекультивации нефтезагрязненных участков без принятия специальных мер вызовут угнетение роста и развития растений, что не позволит завершить процесс рекультивации на данных почвах.

Заключение. Интенсивность латеральной миграции и аккумуляции углеводородов в исследованных нефтезагрязненных аллювиальных почвах зависит от содержания нефтепродук-

тов и расстояния от источника загрязнения. Радиальная миграция поллютанта обусловлена наличием сорбционных барьеров в почве (тяжелосуглинистые и глеевые горизонты), а также от позиции почв в геохимическом ландшафте. Поэтому аллювиальные почвы аккумулятивных ландшафтов могут служить источником вторичного загрязнения территории нефтепродуктами и легкорастворимыми солями.

Техногенное загрязнение отражается на морфологическом облике почв и проявляется в появлении интенсивного специфичного запаха нефти, изменении окраски всего почвенного профиля на более темную, цементации почвенных агрегатов тяжелыми фракциями нефти и образовании на поверхности почв битуминозной корки. Привнос углеводородов нефти значительно увеличивает содержание общего органического углерода, кратно превышая его значения в фоновых аналогах (в фоновой почве данный показатель составляет 5,4 %, в то время как в техногенно-загрязненных почвах он достигает 10,7 %).

Анализ водной вытяжки указывает на появление в профиле нефтезагрязненных почв легкорастворимых солей, являющихся пусковым механизмом процесса «техногенного галогенеза», не свойственного фоновым почвам. В радиальном распределении легкорастворимых солей установлена следующая закономерность: максимум их содержания характерен для верхних горизонтов почв, независимо от зоны загрязнения – эпицентр – импактная зона – граница разлива нефти. В связи с тем, что разные соли неодинаково токсичны для растений, засоленные почвы различают по составу солей. Химизм (тип) засоления определяется по данным анализа водных вытяжек и основывается главным образом на соотношении анионов. В исследованных нефтезагрязненных почвах установлен сульфатно-натриевый тип засоления с сопутствующими токсичными солями в корнеобитаемом слое – NaCl и Na_2SO_4 , MgCl_2 . Данные соли способны вызывать угнетение роста и развития растений, что не позволит завершить процесс биологического этапа рекультивации почв при существующих нормах ее проведения.

Для восстановления агротехнических характеристик нефтезагрязненных почв рекомендуется замена загрязненного грунта на чистый или же повторная многократная агротехническая обработка почвы, а также проведение дополнительных мелиоративных работ с последующим аналитическим контролем динамики изменения водно-физических свойств почв. В связи с аккумуляцией токсичных солей в корнеобитаемом слое хемоземов и сдвигом реакции среды в щелочную сторону биологический этап рекультивационных работ должен сопровождаться мелиоративными работами по промывке почв пресными водами и профилактической посадкой солеустойчивой травосмеси с преобладанием овсяницы тростниковой и овсяницы красной.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Солнцева Н.П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза // Почвоведение. 2002. № 1. С. 9–20.
5. Геннадиев А.Н. Нефть и окружающая среда // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. № 6. С. 30–39.
6. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. Ростов н/Д : Феникс, 2006. 400 с.
7. 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.
8. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
9. Вальков В.Ф., Елисеева Н.В., Имгрунт И.И., Казеев К.Ж., Колесников С.И. Справочник по оценке почв. Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2004. 236 с.