

УДК 504.5.06

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art87

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ УЧАСТКОВ

Мещеряков С.В.¹, Петранжели Папини М.², Остах С.В.¹, Остах О.С.¹, Кушеева В.С.¹

1 – РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва;

2 – Университет Сапиенца, г. Рим

E-mail: stas@gubkin.ru

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены механизмы переноса загрязняющих веществ и их дальнейших превращений в почве и грунтовых водах в контексте возможного загрязнения жидкой углеводородной фазой – неводной жидкой фазой (NAPL), поступающей в экосистемы в результате аварий, разливов и утечек на объектах нефтегазового комплекса. Рассмотрен процесс «старения» техногенных NAPL, как процесс, вносящий коррективы в факторы динамики загрязнения и формирования углеводородных линз. На основе прогнозируемых факторов определены потенциальные угрозы экосистеме при эмиссии углеводородов в результате переноса «почва-вода», «почва-воздух». Приведены практические возможности моделирования динамики загрязненных нефтью грунтовых вод.

Ключевые слова: восстановление нарушенных земель, линза, миграция нефти, нефтяное загрязнение, экосистема

SCIENTIFIC AND TECHNICAL BASIS OF CONTAMINATED INDUSTRIAL SITES RECOVERY STRATEGY FORMATION

Meshcheryakov S.V.¹, Petrangeli Papini M.², Ostakh S.V.¹, Ostakh O.S.¹, Kusheyeva V.S.¹

1 – Gubkin Oil and Gas University, Moscow;

2 – Sapienza University, Rome

E-mail: stas@gubkin.ru

Abstract. This paper examines the mechanisms of pollutant transport and their further transformations in soil and groundwater in the context of possible contamination by the liquid hydrocarbon phase – non-aqueous liquid phase (NAPL) coming into ecosystems as a result of accidents, spills and leaks at oil and gas facilities. The process of technogenic NAPL «aging» is considered as a process that makes adjustments to the factors of pollution dynamics hydrocarbon lenses formation. Based on the predicted factors, potential threats to the ecosystem during hydrocarbon emissions as a result of soil-water and soil-air transfers are identified. The practical possibilities of modeling the dynamics of oil-polluted groundwater are given.

Keywords: Recovery of disturbed lands, lens, oil migration, oil contamination, ecosystem.

В силу своей организационно-технологической специфики нефтегазовый комплекс относится к числу основных отраслевых загрязнителей окружающей среды. В частности, многие объекты нефтегазовой промышленности являются наиболее значимыми по масштабу постоянными источниками углеводородного загрязнения (далее – УВ-загрязнения).

УВ-загрязнения формируется, как правило, в результате нарушений технологий производства работ, техногенных аварий и катастроф. Значительную опасность представляет последовательное загрязнение почв, геологических горизонтов, подземных вод и экосистемы в целом в результате миграции, сорбции и перколяции техногенных углеводородных потоков, а также образования техногенных залежей, например, в виде линз. Поэтому существует потребность в создании специальной информационно-аналитической системы мониторинга за миграцией и трансформацией углеводородов в различных геохимических зонах. На основе данных инвентаризации загрязнения, получаемых в результате инженерно-экологических изысканий или результатов производственно-экологического мониторинга целесообразно проведение ситуационного моделирования и определение основных факторов, влияющие на поведение УВ-загрязнения, что в свою очередь позволяет разработать наиболее эффективную и экологически-безопасную систему локализации и ликвидации техногенных потоков.

В настоящее время не существует комплексного подхода к формированию предельных оценок содержания нефтепродуктов, критериев загрязненности почв и грунтов. Отсутствуют также методические основы и технические решения реализации комплексного и ресурсосберегающего технологического подхода при ликвидации глубинного УВ-загрязнений.

Целью настоящей работы является определение набора показателей и характеристик зоны, испытывающей техногенное влияние, в том числе вследствие УВ-загрязнения, а также формирования на их основе модельных представлений о процессах миграции и трансформации техногенных потоков и образования техногенных залежей.

Поведение углеводородов в почве определяется двумя противоположными группами факторами, разница в относительной интенсивности которых контролирует возможности миграции углеводородов в почвенных субстратах. От степени влияния

одной или другой группы зависит характер поведения углеводородов в геологической среде, а именно, склонность к перемещению по профилю (формированию потоков) или к аккумуляции в виде углеводородных линз.

Дифференциацией подходов при рассмотрении нефтяного загрязнения геологической среды является отнесение загрязнителей к LNAPL (легкой неводной жидкой фазе) и DNAPL (плотной неводной жидкой фазе).

На миграцию неводной жидкой фазы (NAPL) и формы ее нахождения в зоне аэрации и горизонте грунтовых вод существенное влияние оказывают физические и физико-химические свойства нефти и нефтепродуктов: плотность, вязкость, растворимость, капиллярное давление, сорбируемость, теплота испарения, температура кипения, поверхностное натяжение на границе с водой и воздухом [1]. При этом наиболее подвижными фракциями нефти считаются алканы и полиароматические углеводороды [2, 3, 4, 5].

Базовыми параметрами, влияющими на миграцию нефти и нефтепродуктов в почвах, являются: размер слагающих элементов грунта, гранулометрический и микроагрегатный состав грунта, форма и характер поверхности слагающих элементов грунта, пористость и трещиноватость грунтов [6], сорбционная способность; определяющими параметрами – влажность, коэффициент фильтрации, дисперсность, плотность скелета, плотность частиц грунта, пористость, диаметр частиц, проницаемость, содержание органики в грунте – из которых, проницаемость и глубина распространения являются наиболее информативными показателями. При этом основными факторами является водно-термический режим почвы и механический состав (см. Рис. 1).

Процессу формирования линз соответствует образование следующих видов загрязнения: почво-грунтов; грунтов зоны аэрации; горизонта грунтовых вод, которые чаще всего образуются: в местах непосредственного разлива нефти и нефтепродуктов и на участках близкого к поверхности залегания загрязненных грунтовых вод в результате подъема их уровня (вторичное загрязнение). Указанные виды загрязнения геологической среды взаимосвязаны и оказывают непосредственное влияние на характер и масштабы взаимного проникновения.

Линзы образуются у зеркала вод первого от поверхности горизонта грунтовых вод и мигрируют по его уклону, частично распределяясь в пределах зоны аэрации в направлении движения грунтовых вод.

Процессы трансформации УВ-загрязнения и формирования геохимической зональности могут привести к развитию вторичного загрязнения. На ряду с этим фактором важную роль имеет возраст углеводородного загрязнения [7].

«Старение» УВ-загрязнения начинается с момента первичного поступления углеводородов в экосистему, сопровождающегося миграцией плотной неводной жидкой фазы, ее аккумуляцией и трансформацией.

Процессы миграции нефтепродуктов и продуктов преобразования УВ-загрязнения непосредственно определяют потенциальные риски достижения опасными компонентами уязвимых компонентов ландшафта либо критических объектов природопользования.

Направление техногенных потоков определяется изложенными выше факторами, однако в целом можно отметить, что со временем УВ-поток мигрирует вглубь геологической среды, формируя глубинное УВ-загрязнение (Рис. 2). Также происходит процесс самоочищения нефтезагрязненных грунтов зоны аэрации, сопровождающийся газовыми эманациями.

На окончательной стадии формирования глубинного УВ-загрязнения, его можно условно подразделить на зону полного насыщения вмещающих пород нефтепродуктов, и обширную зону частичного насыщения, образующуюся при движении техногенных потоков по основной ветви впитывания и основной ветви дренирования [8].

УВ-загрязнение геологической среды, характеризуется сложной многоуровневой структурой, величина насыщенности нефти и нефтепродуктами которой редко превышает 50%, а иногда снижается до 5-10%. Обобщение существующей информации в рассматриваемой сфере, а также модельные эксперименты позволили сформировать фазовую картину, иллюстрирующую формы и элементы загрязнения геологической среды (Рис. 2).

В качестве мероприятий предотвращения отрицательного воздействия на геологическую среду рассматриваются системы мониторинга, позволяющие обнаруживать утечки нефтепродуктов до формирования ими глубинных загрязнений.

Указанная оценка УВ-загрязнения окружающей среды является начальной стадией эколого-восстановительных (реабилитационных) работ [9].

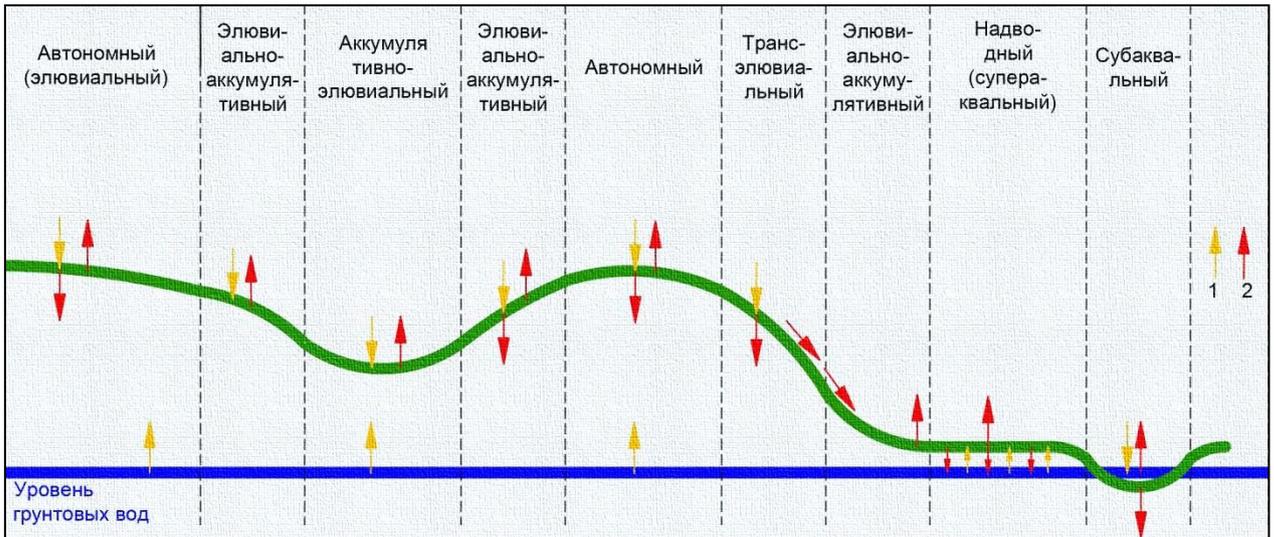


Рис. 1. Основные типы элементарных ландшафтов [10]: 1 – поступление веществ в ландшафт (из атмосферы, грунтовых вод); 2 – удаление веществ из ландшафта в атмосферу, грунтовых вод и поверхностные воды

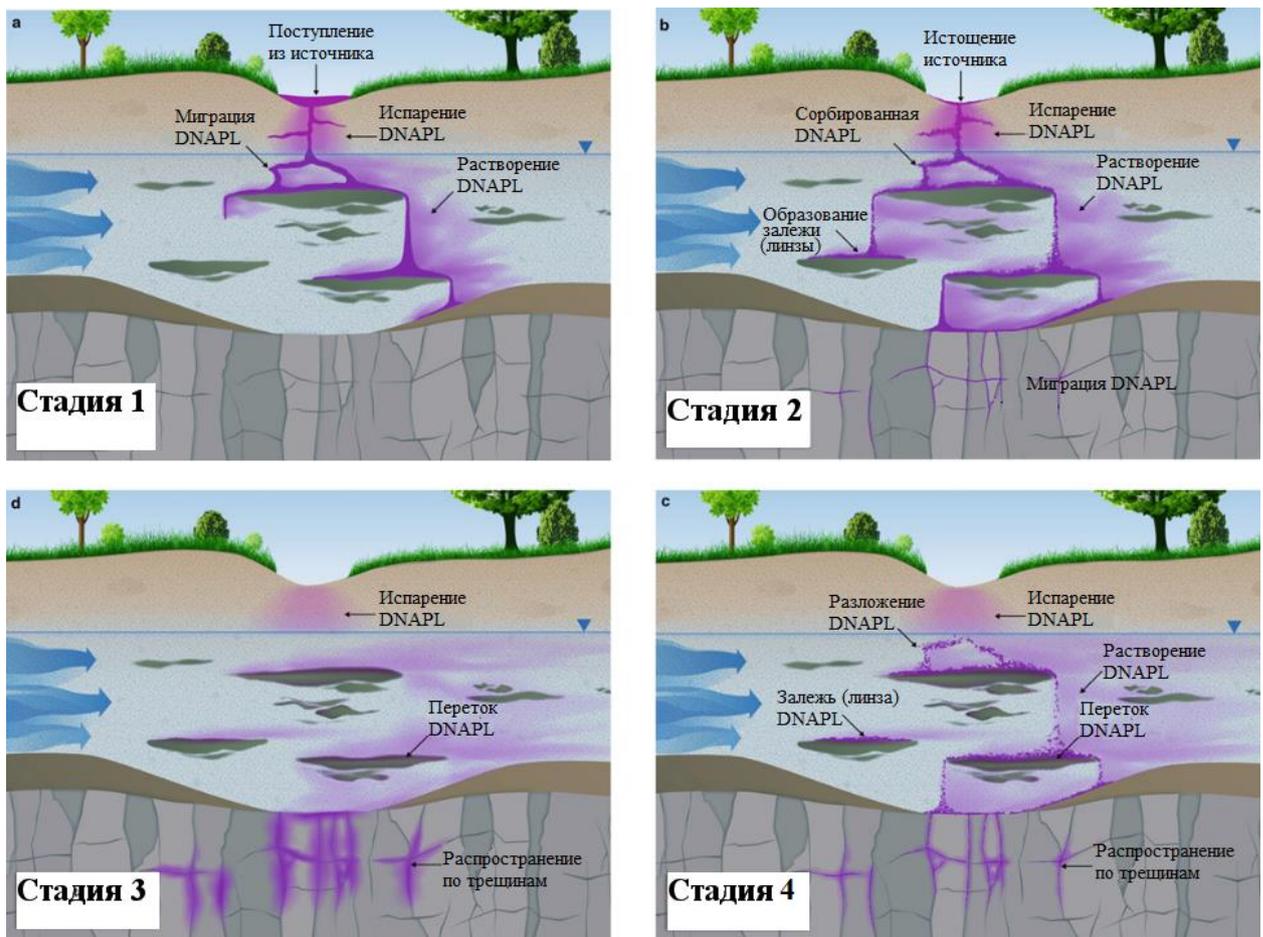


Рис. 2. Последовательное «старение» УВ-загрязнения: 1 – поступление УВ в окружающую среду, 2 – перераспределение потока, 3 – истощение потока, 3 – растворение и «старение»

Помимо очевидной экологической опасности, вторичные техногенные потоки в некоторых случаях представляют определенный коммерческий интерес, поскольку в благоприятных условиях большая часть нефтепродуктов может быть извлечена и переработана.

Разработка оптимальных схем использования технологий и технических решений при обнаружении и ликвидации глубинного УВ-загрязнения должна быть направлена на повышение технического и экологического уровня объектов нефтепродуктообеспечения.

Реализация стратегий по восстановлению загрязненных участков позволит достичь улучшения региональных целевых показателей состояния окружающей среды, а именно: уменьшить возможные объемы и границы распространения нефтепродуктов; сократить показатели экономических рисков и границ распространения неблагоприятных воздействий поражающих факторов загрязнения. Это в свою очередь позволит минимизировать затраты, которые предусмотрены эколого-восстановительными платежами и штрафами вследствие снижения стоимости планируемых эколого-восстановительных (реабилитационных) работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Экологические характеристики нефтяных шламов // Химия и технология топлив и масел. 1999. № 1. С.40-42.
2. Геннадиев А.Н. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах / А.Н. Геннадиев и др. – М.: Изд-во МГУ, 1996. 192 с.
3. Оборин А.А. Нефтезагрязненные биоценозы (Процесса образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы). Монография / А.А. Оборин, В.Т. Хмурчик; Перм. Гос. Ун-т; Перм. Гос. Техн. Ун-т, 2008. С. 104–127.
4. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
5. Середин В.В. Оценка геоэкологических условий санации территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. – Пермь: Перм. Гос. Техн. Ун-т, 1998. – 153 с.
6. Солнцева Н.П. Моделирование процессов миграции нефти и нефтепродуктов в почвах тундры / Н.П. Солнцева, О.А. Гусева, С.В. Горячкин // Вестник Московского университета, Серия 17. Почвоведение. 1996. № 2. С. 10–18.

7. *Петранжели Папини М., Остах С.В., Остах О.С., Кушеева В.С.* Научно-техническая база восстановления нефтезагрязненных почв и прилегающих геолого-технологической системы нефтегазодобычи // Вестник Российской академии естественных наук. 2017. № 5. С.80–84.
8. *Шакуро С.В.* Применение геофизических методов при изучении техногенных нефтепродуктов // Разведка и охрана недр. 2005. № 8. С. 24–26.
9. *Остах С.В., Миронова О.С.* Мультисценарное прогнозирование последствий глубинного нефтяного загрязнения почвенных объектов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014 № 9. С. 47–51.
10. *Полынов Б.Б.* Геохимические ландшафты. Сб. Географические работы. Географгиз, 1952.