

ФАКТОРЫ МИГРАЦИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ НЕФТИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

О. Ю. Мещерякова

Научный руководитель: заместитель директора по научной работе Естественнонаучного института Пермского государственного университета, доцент, к.г.-м.н. Н. Г. Максимович

Пермский государственный университет, Пермь, Россия

Нефть не является стабильным флюидом, в связи с этим в процессе миграции она меняет свои свойства и состав, следовательно, в процессе трансформации нефтепродукты по-разному воздействуют на окружающую среду.

На протяжении почти тридцатилетнего периода в пределах Полазненского нефтяного месторождения (Пермский край) отмечаются поверхностные нефтепроявления, приводящие к загрязнению Камского водохранилища. Проведенный комплекс исследовательских работ по миграции и трансформации нефти показал, что здесь сформировалась линза нефтепродуктов мощностью около 2 м на поверхности грунтовых вод, которые разгружаются в Камское водохранилище [2, 3]. Среди факторов, влияющих на миграцию и накопление нефти и нефтепродуктов в подземных водах, различают внутренние и внешние. К внутренним относятся физико-химические свойства этих веществ, которые определяют формы миграции и характер развития загрязнения, к внешним – геолого-гидрогеологические условия среды миграции. Поведение нефти и нефтепродуктов в объектах окружающей среды и, в частности, в подземных водах и зоне аэрации зависит от их физико-химических свойств: плотности, вязкости, температуры кипения, растворимости, сорбируемости, способности к химическому окислению и биодеструкции, взаимодействия с другими органическими веществами.

Пониженная по сравнению с водой плотность большинства нефтепродуктов и их несмешиваемость обеспечивают формирование слоя плавающих нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод. Повышенная вязкость многих нефтепродуктов способствует отставанию их фильтрации в пористых средах по сравнению с водой. Пониженной по отношению к воде вязкостью обладают лишь бензины, что при благоприятных условиях обуславливает возможность ускоренной их фильтрации. Низкая температура кипения нефтепродуктов способствует формированию газового облака над ореолом загрязнения подземных вод масляными формами нефтепродуктов.

Способность нефтепродуктов растворяться в воде обеспечивает их миграцию в воднорастворимой форме. Растворимость нефтепродуктов, в отличие от неорганических веществ, колеблется в очень широких пределах даже для одного и того же типа товарного продукта. Например, растворимость бензинов изменяется от 50 до 500, дизельного топлива от 10 до 50, керосинов от 0,1 до 5 мг/л. По растворимости основные группы углеводородов устанавливаются в ряд: алканы > циклоалканы > ароматические вещества.

Сорбируемость нефтепродуктов является важным показателем миграционной способности. Способность к сорбции, как проявление физических свойств самих нефтепродуктов, увеличивается в ряду алканы > циклоалканы > ароматические вещества > олефины. Однако на сорбируемость нефтепродуктов значительное влияние оказывают и свойства грунтов, обусловленные капиллярными силами, объемом пор, гранулометрическим составом. Увеличение водонасыщенности грунтов снижает показатели сорбируемости нефтепродуктов. Важным свойством нефтепродуктов является также их способность к десорбции водой, которая для различных компонентов нефтей и нефтепродуктов отличается селективностью. Так, например, на Усть-Полазненском участке в пределах контуров площади распространения нефти, грунты и водовмещающие породы загрязнены сорбированными её формами [2, 3].

Поступившие в окружающую среду нефтепродукты под влиянием физико-химических процессов окисления и биодеструкции подвергаются разрушению. В аэробных условиях разложение нефтепродуктов протекает под влиянием кислорода воздуха при участии аэробных микроорганизмов. Это первая стадия разложения. В дальнейшем по мере уменьшения кислорода в воде за счет расходования его на окислительные процессы формируются анаэробные условия, в которых разложение нефтепродуктов происходит при участии анаэробных бактерий. Кинетика этих процессов изучена недостаточно полно, однако можно утверждать, что в аэробных условиях разложение нефтепродуктов протекает быстрее, но сама длительность этой первой стадии деструкции ограничена во времени скоростью формирования анаэробных условий.

Относительно низкие температуры кипения, характерные для фракций нефтей, а также протекающие процессы химического окисления и биодеструкции вызывают образование парагазового облака, характеризующегося сложным составом. Интенсивность процессов газообразования может быть очень велика. При этом газообразование происходит не только на поверхности нефти и в зоне распространения её сорбированных форм (выше уровня плавающей на поверхности грунтовых вод нефти – в зоне сезонных колебаний уровня воды и нефти), но и в глубоких интервалах водоносного горизонта, загрязненных растворенными нефтепродуктами (на глубинах, превышающих 100 м).

Характерной особенностью нефтяного загрязнения подземных вод, отличающей его от других видов загрязнения, является то, что контаминант присутствует в поровой среде в различных формах, отличающихся по характеру миграции. Схема распространения различных форм загрязнения представлена в разных вариантах во многих работах [1, 3]. Нефтепродукты попадают в зону аэрации в виде однородной жидкости, не смешивающейся

с водой. Эта форма существования нефтепродуктов в подземной среде называется свободные нефтепродукты. В зоне аэрации свободные нефтепродукты движутся вертикально вниз, обтекая слабопроницаемые линзы. При этом возможно распространение загрязнения на некоторое расстояние в направлении, противоположенном общему направлению потока подземных вод. Вертикальное движение свободных нефтепродуктов продолжается вплоть до свободной поверхности грунтовых вод. Характер дальнейшей миграции нефтепродуктов зависит от их плотности. Нефтепродукты, имеющие плотность большую, чем у воды, продолжают опускаться вниз, вплоть до водоупора. На водоупоре тяжелые нефтепродукты формируют слой, в пределах которого возможно латеральное движение свободных нефтепродуктов в сторону понижения кровли водоупора, при этом направление распространения свободных нефтепродуктов может отличаться от направления фильтрации подземных вод. Таким образом, существенно отличается характер миграции легких и тяжелых нефтепродуктов. Нефтепродукты, имеющие плотность меньшую, чем у воды, скапливаются на свободной поверхности грунтовых вод, формируя линзу свободных нефтепродуктов. В ее пределах свободные нефтепродукты способны двигаться в латеральном направлении вниз по потоку грунтовых вод на значительные расстояния.

Во время движения через зону аэрации, свободные нефтепродукты находятся в порах одновременно с водой и часть их переходит в воду, формируя растворенные нефтепродукты. Значительная часть растворенных нефтепродуктов образуется при инфильтрации воды через тело свободных нефтепродуктов на поверхности грунтовых вод. Растворенные нефтепродукты способны к дальнейшему вертикальному распространению вместе с подземными водами и могут попадать в более глубокие водоносные горизонты. При этом подверженными загрязнению могут оказаться и артезианские водозаборы. И свободные, и растворенные нефтепродукты могут сорбироваться на частицах грунта. Количество сорбированных нефтепродуктов зависит как от состава нефтепродуктов, так и от состава и свойств грунта [5, 6]. Сорбированные нефтепродукты не способны к миграции, однако могут служить вторичным источником загрязнения при десорбции.

В зоне аэрации в теле свободных нефтепродуктов и на поверхности грунтовых вод происходит переход нефтепродуктов в воздух зоны аэрации и формирование летучих нефтепродуктов. Летучие нефтепродукты распространяются в зоне аэрации в основном в вертикальном направлении. Они способны скапливаться в подвалах, подземных сооружениях и коммуникациях, вызывая взрывы и отравления.

Кроме основных форм нефтепродуктов, в подземных водах существует ещё два: эмульгированные и защемленные нефтепродукты. Эмульгированные нефтепродукты формируются при резких колебаниях уровня грунтовых вод, в частности при откачках. Область их распространения – непосредственно ниже тела свободных нефтепродуктов. Защемленные (иммобилизованные) нефтепродукты формируются также при колебаниях уровня грунтовых вод, в частности при сезонных колебаниях. При вертикальном движении тела свободных нефтепродуктов, когда насыщенность нефтепродуктов уменьшается, проницаемость по нефтепродуктам достигает критических значений, при которых они уже не способны к движению в порах. Насыщенность, при которой нефтепродукты становятся неподвижными (остаточная насыщенность), по разным оценкам, характеризуется значениями от 0,1 до 0,2. Область распространения защемленных нефтепродуктов – в пределах амплитуды колебаний уровней.

На миграцию нефтепродуктов существенное влияние оказывает литологический состав пород и гидрогеологические условия водоносного горизонта. Формирование загрязнения подземных вод нефтью обычно начинается с вертикального просачивания её через зону аэрации или вертикальных перетоков по дефектным скважинам. При достижении нефтью водонасыщенной зоны, происходит её распространение в горизонтальном направлении. При этом различают активную и пассивную формы миграции. При незначительном поступлении нефти на уровень грунтовых вод, когда нефтяной слой не успевает сформироваться в нефтяное тело и градиент его поверхности или приближается к нулю или принимает значение градиента потока подземных вод, происходит пассивная миграция нефти путем её переноса самим потоком подземных вод. В том случае, когда образуется объемное нефтяное тело со слоем значительной мощности и значимым градиентом поверхности, миграция нефти происходит самостоятельно, без помощи потока подземных вод, что представляет собой активную форму миграции. Пространственное развитие жидкой формы нефти, плавающей на поверхности грунтовых вод, определяется не только общим уклоном подземного потока и его градиентом, но и фильтрационной неоднородностью пород в зоне естественного колебания уровня грунтовых вод, которая тесно связана с литологическими особенностями пород. Литологическая и фильтрационная неоднородность пород зоны аэрации и насыщения способствуют перераспределению масс нефтепродуктов, которые скапливаются в хорошо проницаемых блоках водоносного горизонта, размещенных перед и между слабопроницаемыми его частями.

Литература:

1. Егоров Н. Н., Шипулин Ю. К. Особенности загрязнения подземных вод и грунтов нефтепродуктами // Водные ресурсы, 1998, т. 25, № 5. – с. 598-602.
2. Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т., Мещерякова О. Ю. Опыт очистки подземных вод от нефтяного загрязнения биологическими методами // Промышленная безопасность и экология, № 4 (37). – С. 34-36
3. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ // Экология урбанизированных территорий, № 4, 2009.
4. Maskay D. M., Cherry J. A. Ground water contamination pump-and-treat remediation // Environmental science and technology, 1989, v. 23, №6. – P. 630-636.
5. Barber L. B., Thurman E. M., Runnels D. D. Geochemical heterogeneity in a sand and gravel aquifer: effect of sediment mineralogy and particle size on the sorption of chlorbenzenes // J. of contaminant hydrology, 1992, v. 9, 1/2. – P. 35-54.
6. Means J. C., Wood S. G., Hassett J. J., Banwart W. L. Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils // Environmental science and technology, 1980, v. 14, № 12. – P. 1524-1528.