

КИНЕТИКА МИГРАЦИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЧЕРЕЗ ГРУНТЫ ВО ВРЕМЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЛИВОВ И ТРАНСПОРТНЫХ АВАРИЙ

У статті розглянуті екологічні наслідки транспортних аварій з нафтопродуктами в Україні. Наведено суттєвий вплив складу, ступеня ущільнення, а також метода дослідження на міграцію нафтопродуктів. Вказані гіпотези про різні механізми руху нафтопродуктів крізь ґрунти. Отримані результати дозволяють надати рекомендації щодо заходів з ліквідації наслідків аварій.

В статье рассмотрены экологические последствия транспортных аварий с нефтепродуктами, имеющие место в Украине. Показано существенное влияние состава, степени уплотнения, а также метода исследования на миграцию нефтепродуктов. Представлены гипотезы о различных механизмах движения нефтепродуктов через ґрунты. Полученные данные позволяют дать рекомендации относительно мероприятий по ликвидации последствий аварий.

The article considers the environmental consequences of transport accidents with oil products, which take place in Ukraine. A considerable influence of soil composition, the degree of its compaction, and also the soil examination procedure onto migration of oil products has been demonstrated. Some hypotheses on different mechanisms of oil products migration through soils have been suggested. The obtained data allow formulating recommendations regarding measures to eliminate the consequences of such accidents.

Незважаючи на те, що нафтопродукти більшою частією представляють речовини 3–4 класу небезпечності [1; 2], їх вплив на біоценози ґрунту та води є значущим. З урахуванням широкого розповсюдження цих продуктів як на стадіях видобування та переробки, так і на стадії транспортування [1], проблема їх проникнення в ґрунти та міграції в ґрунтах в час технологічних розливів та транспортних аварій є достатньо масштабною. Згідно з даними [2], незважаючи на розвиток механічних засобів збору пролитих нафтопродуктів, 80...90 % їх в час таких розливів потрапляє в ґрунт та поверхністі водостоків, а іноді, пропитуючи ґрунт на значущі глибини, вони проникають в підземні водоносні горизонти.

Раніше були виконані дослідження кінетики проникнення дизельного палива марки Л через найбільш розповсюджені ґрунти України на лабораторній установці за ГОСТ 25584-90 при різних умовах, в тому числі при різній ущільненості ґрунту [3]. В нинішній роботі описані результати дослідження цього процесу на неуплотнених ґрунтах в польових умовах. Експерименти проводились на чотирьох полігонах, з наступними типами ґрунтів: червоно-бурий та лесовидний суглинок, супісок та пісок. З метою порівняння з попередніми результатами, температура та

вологість ґрунтів були близькими до описаних в [3].

Методика експериментів включала виконання наступних процедур. В натуральних углубленнях ґрунту встановлювалися труби з нержавіючої сталі діаметром 55 мм та висотою 550 мм, які заповнювалися нафтопродуктом, підтримувався постійний рівень рідинної фази. Таким чином, забезпечувався постійний напір рідини на поверхністі ґрунту. Практично створювався постійний розмір та форми «зеркала» нафтопродуктів на поверхністі ґрунту. Через різні проміжки часу проводилися розрізи ґрунту та визначалися глибини проникнення (міграції) використовуваного нафтопродукту. Дослідження проникності піщаних ґрунтів виконувалися відповідно до ГОСТ 23278-78. Тривалість спроб складала до 10...12 годин; за статистикою аварій цього часу зазвичай буває достатньо для прибуття аварійних бригад та проведення процедури відкачки розлитих нафтопродуктів в резервні ємкості.

На рис. 1–3 показані типові розрізи досліджуваних ґрунтів, зроблені через шість годин з моменту розливу, що дозволяють судити про динаміку (характер) розповсюдження використовуваного нафтопродукту в кожному окремому випадку.

Миграция жидкости в случае красnobурого суглинка (рис. 1) происходит в большей степени в горизонтальном направлении (в стороны от центра), что, объясняется высокой дисперсностью и низкой проницаемостью этого грунта. Процесс фильтрации происходит по типу порового поглощения нефтепродукта и является довольно продолжительным.

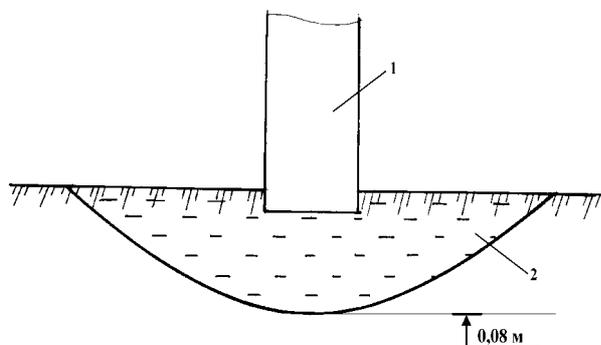


Рис. 1:

1 – труба из нержавеющей стали; 2 – область насыщения грунта нефтепродуктом

В случае песка (рис. 2) происходит преимущественное распространение нефтепродукта в вертикальном направлении под действием гравитационных сил. Движение жидкости происходит по относительно крупным и хорошо проницаемым порам между частицами, что связано с низкой дисперсностью грунта.

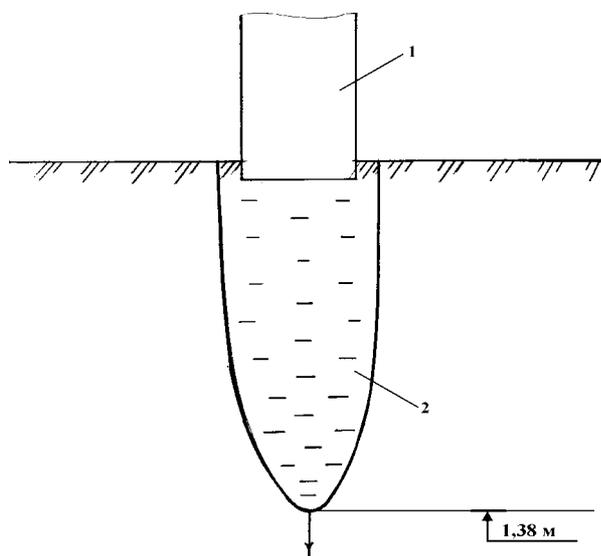


Рис. 2:

1 – труба из нержавеющей стали; 2 – область насыщения грунта нефтепродуктом

Зона проникновения дизельного топлива через супесь (рис. 3) близка к форме полусферы.

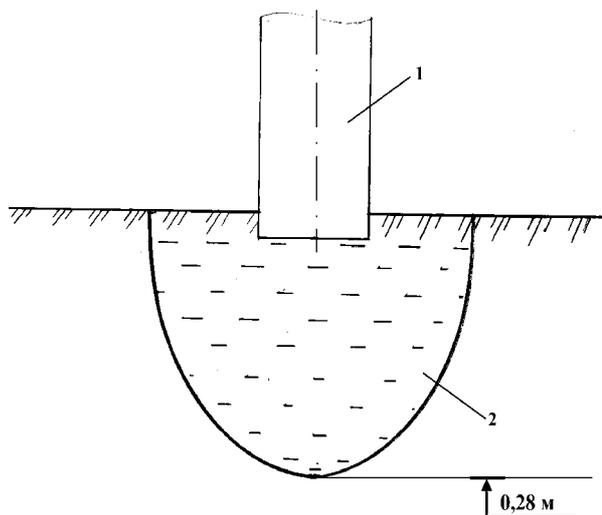


Рис. 3:

1 – труба из нержавеющей стали; 2 – область насыщения грунта нефтепродуктом

В практике перевозок дизельного топлива наземным (как железнодорожным, так и автомобильным) транспортом встречаются случаи аварий и разливов груза на грунтах различной степени уплотнения. В этой связи представилось интересным проследить влияние этого фактора на кинетику миграции в грунтах различной природы. На рис. 4, 5 сопоставлены кинетические кривые для указанных выше четырех видов грунта, при этом линии 1 и 2 (сплошные) получены при полевых испытаниях, а линии 3 и 4 (пунктирные) получены при лабораторных исследованиях грунтов. Несомненно, фактор сложения (степени уплотнения) оказывает определенное влияние на кинетику миграции. Так, скорость этого процесса dh/dt в случае суглинков снижается в 3–4 раза, в случае супеси – в 2 раза, а в случае песка – всего на 35–30 %.

Более подробные данные приведены в таблице, где V_y и V_n – скорости миграции на уплотненных (в лабораторных условиях) и неуплотненных (полевые испытания) грунтах. К сожалению, в полевых условиях не удалось провести опыты при строго постоянных значениях температуры и влажности, однако, в соответствии с наблюдениями [3] допущенные отклонения влияют на скорости процессов в пределах погрешностей экспериментов. Вероятно, дизельное топливо как продукт, обладающий высокой вязкостью, проходит через грунты по порам, образующимся между частицами. При этом глинистые грунты обладают не только меньшими размерами межчастичных пор, но и большей сжимаемостью, вследствие чего сече-

ния этих пор дополнительно уменьшаются. В случае песчаных грунтов частицы почвы имеют значительно большие размеры и обладают по-

вышенной сопротивляемостью сжатию. По этой причине их уплотнение мало сказывается на кинетике миграции дизельного топлива.

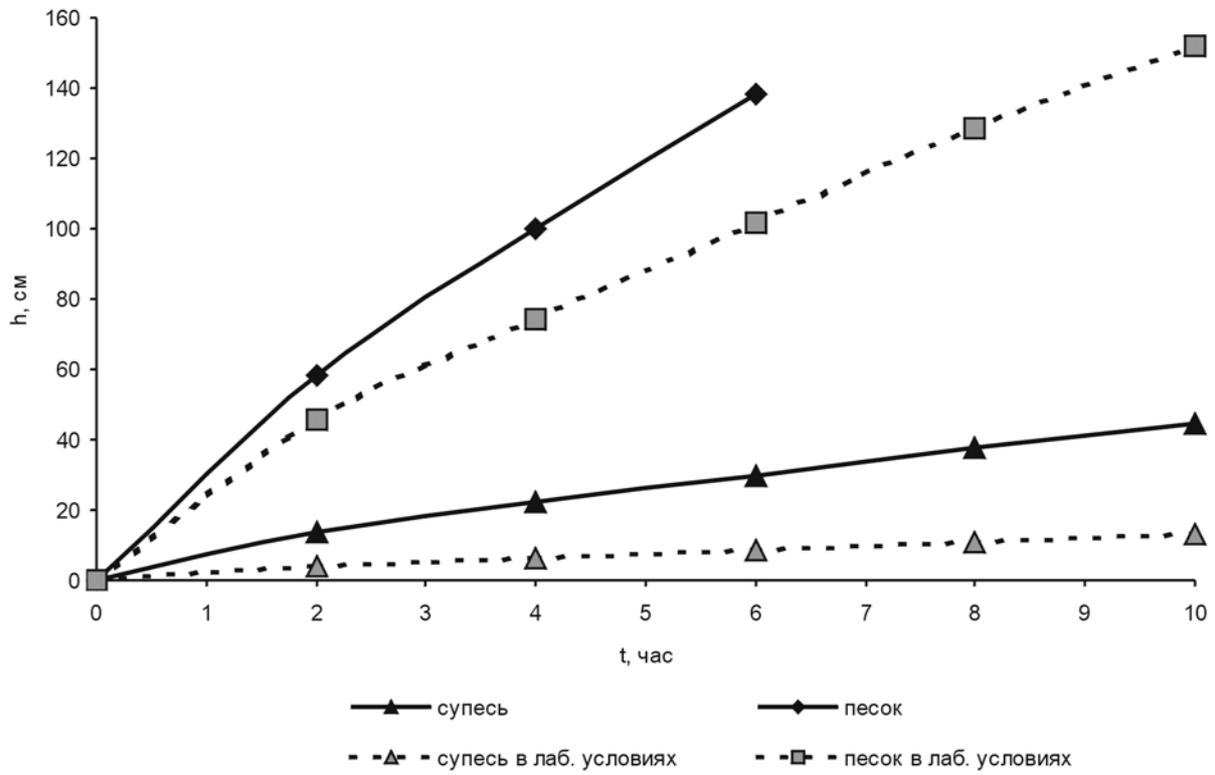


Рис. 4

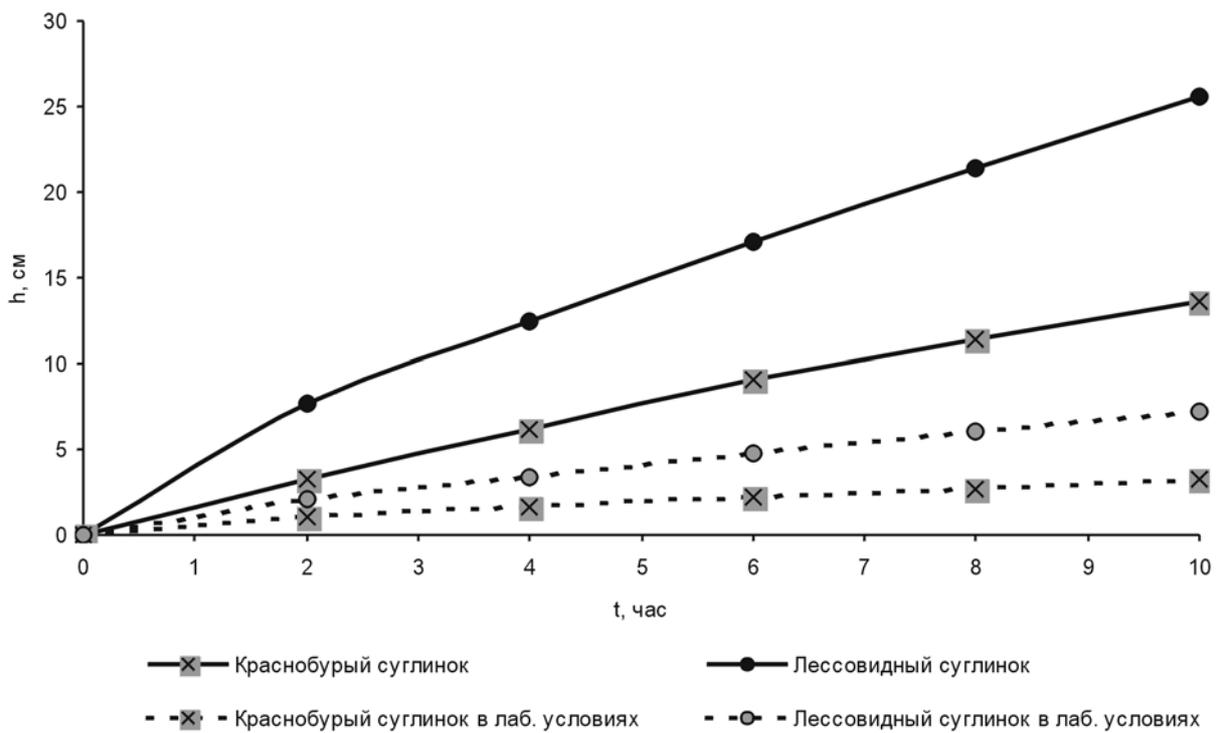


Рис. 5

Обращает на себя внимание тот факт, что несмотря на высокую вязкость дизельного топлива ($5,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с при температуре 20 °С), отдельные виды грунтов могут пропускать этот продукт на значительные глубины, если не принять своевременные меры по ликвидации последствий аварий. Даже если принять во внимание, что в Украине мощность песчаных пластов невелика и на определенных глубинах залегают грунты, оказывающие сопротивление проникновению нефтепродуктов, влияние этих грузов на биоценозы почвы оказывается значительным ввиду расстояния на большие площади. В частности, нефтепродукты вступают во взаимодействие с компонентами почвенного поглощающего комплекса, в ре-

зультате чего происходит нарушение равновесия геохимических процессов с одновременным фитотоксическим воздействием на растительность [7]. Дизельное топливо, обладая значительной вязкостью, на длительный период уменьшает свободное поровое пространство почвы, резко снижая ее влагоемкость и водопроницаемость [5; 6]. Однако основным негативным фактором воздействия нефтепродуктов на почву является, вероятно, гидрофобизация почвенных коллоидов, приводящая к их необратимой коагуляции [7]. Почва теряет способность к обеспечению корней растительности водой, минералами и органическими компонентами и в конечном итоге к воспроизводству биомассы.

Таблица

Влияние фактора уплотнения грунтов на скорость миграции дизельного топлива

Тип грунта	Температура окружающей среды, °С	Влажность грунта, %	Скорость миграции, м/сут	
			V_y	V_n
Красно-бурый суглинок	26	0,81	0,08	0,34
Лессовидный суглинок	25	0,63	0,18	0,64
Супесь	27	0,39	0,33	1,12
Песок	27	0,30	3,80	5,32

Полученные данные позволяют дать рекомендации относительно мероприятий по ликвидации экологических последствий аварий с тяжелыми нефтепродуктами. Сформулированные ранее [4] технические решения, заключающиеся в обваловке, откачке нефтепродукта и сорбции его остатков доступными сорбентами с последующих их сжиганием, необходимо дополнить комплексом технологических процессов по обработке почвы. Выбор технологии необходимо осуществлять, исходя из типа грунта и его проникающей способности, температурных условий, влажности и рельефа местности в месте аварии, а также интервала времени от момента аварии до начала работ по ликвидации ее последствий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Plachotnik W., Sirakow W., Jaryschkina L. (1997) Ökologische Aspekte von havarien der eisenbahnen der OSShD – mitgliedsländer., Zeitschrift der OSShD. № 6, P. 7–9.
2. Гасанов В. Г., Галандаров Ч. С. Почвенно-экологические условия и прогнозы освоения земельных ресурсов Апшеронского полуострова.

3. Экология и охрана почв засушливых территорий Казахстана. – Алма-Ата, 1991. – С. 144–145.
3. Зеленько Ю. В., Плахотник В. Н. Оценка риска загрязнения нефтепродуктами подземных водоносных горизонтов во время транспортных аварий, Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: Международной научной конференции: Материалы, – С. Пб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2002. – С. 72.
4. Плахотник В. Н., Ярышкина Л. А., Таньшин В. Т., Сираков В. И. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения. – К.: Транспорт Украины, 2001. – С. 156–235.
5. Цытович Н. А. Механика грунтов. – М.: Государственное издательство по архитектуре и строительству, 1963. – С. 145–157.
6. Швец В. Б., Гинзбург Л. К., Гольдштейн В. М. и др. Справочник по механике и динамике грунтов. – К.: Будивельник, 1987. – С. 25–28.
7. Гасанов К. С., Абдуллаев Ф. З., Гасанов В. Г., Исмаилов Н. М. К вопросу нарушения нефтью почвенной экологии // Жур. хим. проблем. – 2003. – № 1. – С. 80–85.

Поступила в редколлегию 16.10.03.