

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 624.131.4

*Н.Н. Бракоренко, Т.Я. Емельянова***ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ г. ТОМСКА)**

Представлены результаты по выявлению особенностей влияния нефтепродуктов на состав и физико-механические свойства грунтов. Показано, что нефтепродукты способствуют увеличению глинистой фракции в грунтах, изменяют деформационные и прочностные свойства грунтов.

Ключевые слова: нефтепродукты; грунты; свойства.

В настоящее время территории городов активно застраиваются АЗС. Ранее данные объекты располагались за пределами городских территорий. Однако с высокими темпами застройки АЗС сейчас находятся вблизи промышленных и гражданских объектов. На 2009 г. на территории г. Томска расположено более 40 АЗС. По данным [1], средний срок работы основного оборудования объектов нефтепродуктообеспечения (НПО) без его замены до возникновения крупных утечек (в частности, подземных резервуаров) составляет 18 лет, срок же службы некоторых АЗС, расположенных непосредственно на территории г. Томска, составляет в среднем 25–30 лет. Кроме того, есть много старых объектов хранения нефтепродуктов (НП). В связи с этим можно прогнозировать загрязнение грунтов и подземных вод НП. Загрязнение геологической среды НП вблизи и на территориях объектов хранения НП установлено при инженерно-экологических изысканиях томских геологических предприятий.

Грунты выступают в качестве барьера на пути потоков нефтепродуктов. При этом происходит изменение их состава и свойств. Учитывая тот факт, что грунты загрязнены и за пределами площадок АЗС, возникла необходимость изучения изменения состава и свойств грунтов, загрязненных НП.

В настоящее время исследований, посвященных этой проблеме недостаточно. Результаты экспериментальных исследований по выявлению влияния нефтезагрязнения на механические свойства мерзлых глинистых грунтов приведены в работе Л.В. Шевченко и И.В. Ширшовой [2]. Авторами сделан вывод, что нефтезагрязнение не влияет на характер течения реологических процессов в мерзлых глинах. В загрязненных мерзлых глинах так же, как и в чистых, фиксируется релаксация напряжений с течением времени при длительном действии нагрузки. Уменьшение сил сцепления идет по плавной кривой, приближаясь к постоянной величине – предельно-длительному сцеплению. Однако при адсорбции нефти минеральными частицами изменяется количество контактов между всеми компонентами глин, что приводит к уменьшению показателей прочности: сил сцепления и внутреннего трения.

И.И. Журавлев и др. [3] уделили внимание теплофизическим свойствам грунтов, загрязненных различными нефтепродуктами. Рассмотрены закономерности измене-

ния этих грунтов в зависимости от влажности, степени загрязнения, вида загрязнителя и температуры. Проведена оценка роли нефтяного загрязнения в формировании теплопереноса в мерзлых дисперсных породах.

Общие особенности состава и свойств загрязненных грунтов даны в работе В.А. Королева [4]. Немало внимания проблеме загрязнения геологической среды нефтепродуктами уделяют зарубежные авторы. Изучаются микробиологические свойства загрязненных НП почв в Финляндии [5], Испании [6]. Большие программы лабораторных анализов по изучению свойств грунтов, загрязненных НП (плотности, пластичности, сопротивления грунта срезам и сжатию грунта), проводятся в Иране [7].

Вышеприведенный обзор работ, посвященных решению задач воздействия НП на геологическую среду, показывает, что разработка этой проблемы только начата в России и за рубежом. Немало внимания уделяется изменению состава и свойств грунтов в мерзлом состоянии. Однако накопленных за последние годы экспериментально полученных данных по изменению состава и свойств глинистых грунтов в естественном состоянии недостаточно для оценки степени влияния нефтепродуктов на грунты.

При изучении влияния нефтепродуктового загрязнения на свойства пород используются, как правило, две методики. Первая – в сухой грунт добавляется заданное количество нефти, а затем воды. Согласно второй – сухой грунт сначала насыщается водой, а затем добавляется нефть. В результате использования различных методик получают разные результаты [2].

Для лабораторных экспериментов мы использовали грунты естественного состояния и свойств. Сначала были определены физико-механические свойства данных грунтов в естественном состоянии, а затем этот же грунт был пропитан бензином в течение разных периодов времени: 2 дня, 2 недели, 1 месяц, 6 месяцев. Постановка и проведение опытов, обработка их результатов производились в соответствии с методиками, изложенными в ГОСТ 5180-84, 12248-96, 12536-79. Образцы грунтов для анализа, представленные суглинком и супесью, были отобраны с площадок по ул. Московский тракт, п. Просторный, пл. Южная г. Томска.

Кроме того, нами были собраны, систематизированы и обработаны данные по изучению грунтов, полученные Томскими геологическими предприятиями, в

основном при изысканиях под реконструкцию автозаправочных станций. Эти данные были сопоставлены с результатами изучения таких же грунтов на участках с отсутствием объектов НП. Всего было обработано более 100 комплексных анализов физико-механических свойств грунтов.

Результаты обработки всех перечисленных данных позволили выявить следующие общие закономерности изменения состава и свойств грунтов при загрязнении нефтепродуктами. При взаимодействии нефтепродуктов с грунтом в течение длительного времени происходит изменение состава грунта –

увеличение содержания тонкодисперсного материала. Так, для исследованных грунтов характерно увеличение пластичности грунта с увеличением содержания частиц менее 0,005 мм в составе грунтов (сумма глины увеличивается на 3–6%) (табл. 1). Кроме того, за счет насыщения грунта НП и удержания на тонкодисперсной фракции увеличивается в большей степени верхний предел пластичности (W_L) (рис 1, 2). Для суглинка значения W_L изменяются от 16–18% в естественном состоянии до 16–20% при загрязнении, для супеси от 29–34% до 31–36% соответственно (рис. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав грунтов (по данным собственных экспериментов)

№ скв.	Глубина отбора образца, м	Время воздействия НП на грунт, мес.	Состояние грунта	Гранулометрический состав, %; размер фракций, мм									
				1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	Сумма песка	0,05–0,01	0,01–0,005	Сумма пыли	<0,005	Сумма глины
726	10,00	1	Ест	0,03	0,03	2,00	22,93	24,99	39,62	19,01	58,63	16,38	16,38
726	10,00	1	НП	0,03	0,03	2,00	22,90	24,96	35,5	17,23	52,73	22,31	22,31
119	4,10	6	Ест			0,37	5,92	6,29	50,30	18,53	68,83	24,88	24,88
119	4,10	6	НП			0,23	3,63	3,86	45,13	14,32	59,45	36,69	36,69

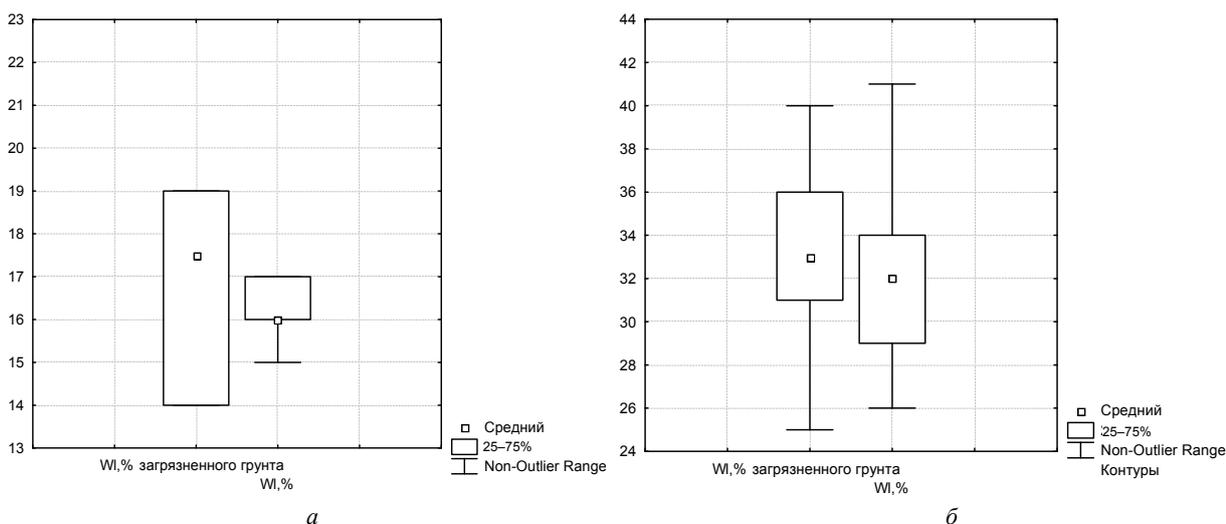


Рис. 1. Диаграмма размаха значений W_L для грунта в естественном состоянии и загрязненного бензином (а – супесь; б – суглинок)

Увеличение содержания тонкодисперсного материала связано с тем, что присутствие органики (в данном случае НП) в грунтах приводит к формированию восстановительной обстановки. В восстановительных условиях происходит разрушение цементационных связей за счет соединений трехвалентного железа в глинистых грунтах в процессе его редукции ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$). Присутствие Fe^{2+} в грунтах вызывает разрушение агрегатов и повышение содержания тонкодисперсных фракций, сопровождающееся ростом гидрофильности глинистых отложений [8–10]. В ходе личных экспериментов (при взаимодействии НП с грунтом в течение более 6 месяцев) нами установлено появление в образцах пятен зеленого цвета (закисная форма железа – Fe^{2+}).

Для суглинка характерно более значительное изменение в составе, чем для супеси. Данный факт обусловлен тем, что в суглинках больше пылевой фракции (агрегатов глинистой фракции), которая может быть разрушена в процессе взаимодействия нефтепродуктов с грунтом.

При изучении нами влияния НП на механические свойства суглинка (сжимаемость и прочность) установлена следующая закономерность:

- грунт с влажностью 22% в естественном состоянии сжимается в два раза меньше, чем этот же грунт после воздействия на него нефтепродуктов (табл. 2);
- грунт с влажностью 25,4% при небольших нагрузках сжимается менее, чем естественный грунт, а сжимаемость начинает увеличиваться при нагрузках от 0,2 МПа (табл. 2);

– сжимаемость грунта с влажностью 37% до конечной нагрузки 0,4 МПа после воздействия бензина в течение

2 недель значительно меньше, чем сжимаемость этого же грунта в естественном состоянии (табл. 2).

Таблица 2

Характер сжимаемости грунтов с разной начальной влажностью

Вертикальное давление, МПа	Абсолютная деформация грунта в естественном состоянии, мм			Абсолютная деформация грунта, промоченного бензином, мм		
	Влажность, 22%	Влажность, 25,4%	Влажность, 37%	Влажность, 22%	Влажность, 25,4%	Влажность, 37%
0,05	0,40	0,79	0,46	0,58	0,48	0,51
0,10	0,54	1,08	0,86	0,73	0,97	0,83
0,15	0,67	1,27	1,08	0,97	1,25	0,94
0,20	0,75	1,40	1,29	1,05	1,54	1,05
0,30	0,85	1,64	1,71	1,21	1,90	1,22
0,40	0,95	1,79	2,01	1,48	2,29	1,41

Таким образом, сжимаемость грунта, загрязненного НП, зависит от первоначальной влажности грунта. Чем меньше влажность естественного грунта, тем больше его сжимаемость после воздействия нефтепродуктов.

Длительное загрязнение может приводить к увеличению сжимаемости грунта за счет увеличения показателя пластичности, т.к. сжимаемость дисперсных грунтов увеличивается при уменьшении размера частиц [9].

На рис. 2 представлены графики изменения показателей прочности грунтов (c – сцепление, f – угол внутреннего трения) от числа пластичности (I_p) и влажности загрязненного грунта (W) (рис. 3). С увеличением пластичности и влажности загрязненного грунта уменьшается внутреннее трение грунта.

На рис. 3 представлены графики зависимости сцепления от влажности на границе текучести. С ростом пластичности грунта возрастает и сцепление.

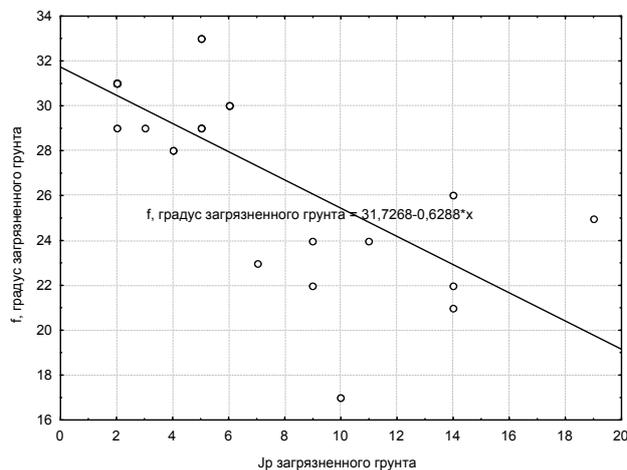
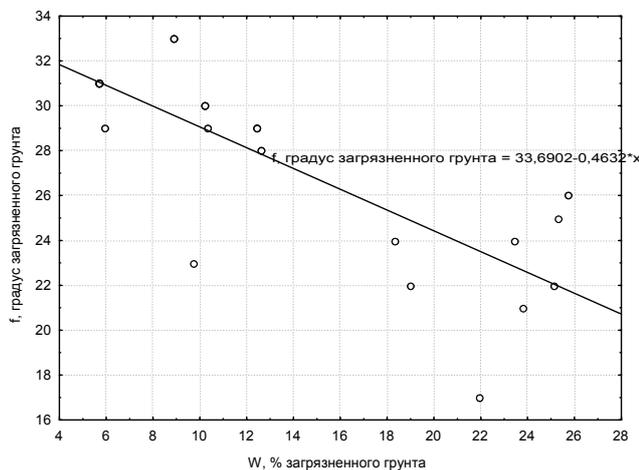


Рис. 2. Графики зависимости (a – угла внутреннего трения от числа пластичности загрязненного грунта; b – угла внутреннего трения от влажности загрязненного грунта)

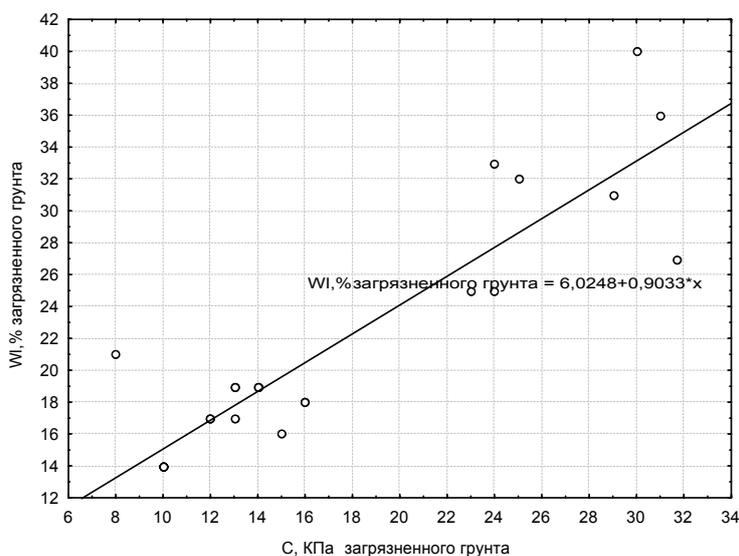


Рис. 3. График зависимости величины удельного сцепления от влажности на границе текучести

В табл. 3 приведены преобладающие значения показателей физических свойств грунта в естественном состоянии и при воздействии на него нефтепродуктов (плотности, влажности, коэффициента пористости). Таким образом, коэффициент пористости суглинка при загрязнении возрастает, а коэффициент пористости супеси изменяется незначительно. Данный факт также можно объяснить тем, что в суг-

линках больше пылевой фракции (агрегатов глинистой фракции), которая может быть разрушена в процессе взаимодействия нефтепродуктов с грунтом. Известно, что для глинистых грунтов характерно большее значение коэффициента пористости, чем для песчаных грунтов [10].

Плотность грунта при загрязнении нефтепродуктами изменяется незначительно.

Т а б л и ц а 3

Показатели физических свойств грунтов

Разновидность грунта	Состояние грунта	Показатели физических свойств		
		Плотность, г/см ³	Коэффициент пористости, д.е.	Влажность, %
Суглинок	Естественное	1,93–1,97; 1,98–2,0	0,63–0,80	20–24; 27–31
	НП	1,9–2,01; 2,04–2,1	0,65–0,9	18–26; 29–31
Супесь	Естественное	1,9–1,96; 2,0–2,04	0,41–0,60	6–8; 15–18
	НП	1,9–2,0; 2,04–2,1	0,46–0,58	8–13; 17–25

Примечание. Преобладающее значение показателей свойств зависит от консистенции грунтов.

Все вышесказанное позволяет сделать следующие выводы:

1) в результате взаимодействия грунтов с НП, в зависимости от времени и содержания железа, в составе грунта может изменяться петрографический состав песчано-глинистых грунтов, а именно увеличивается содержание тонкодисперсной фракции;

2) загрязнение грунтов нефтепродуктами приводит к изменению величины сжимаемости грунта в зависимости от начальной влажности. Избыточное увлажнение и изменения в составе грунта (увеличение пла-

стичности грунта) могут приводить к увеличению осадки грунта в основании сооружений;

3) изменение прочностных свойств загрязненных грунтов происходит следующим образом: значение сил сцепления загрязненного грунта увеличивается (за счет увеличения тонкодисперсной фракции), однако уменьшается угол внутреннего трения (за счет «смазки» свободного порового пространства грунта НП).

Изменения преимущественно неблагоприятны для устойчивости грунтов в сфере взаимодействия их с сооружениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казенов А.И., Арбузов Ю.В., Ковалевский Ю.В. Воздействие объектов нефтепродуктообеспечения на геологическую среду // Геоэкология. 1998. № 1. С. 54–74.
2. Шевченко Л.В., Ширинова И.В. Прочностные свойства мерзлых глинистых грунтов // Геоэкология. 2008. № 1. С. 78–84.
3. Журавлев И.И., Мотенко Р.Г., Еришов Э.Д. Формирование теплофизических свойств мерзлых дисперсных пород при их загрязнении нефтью и нефтепродуктами // Геоэкология. 2005. № 1. С. 50–60.
4. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений. М.: Наука; Интерпериодика, 2001. 365 с.
5. Juhani Kaakinen, Pekka Vähöja, Toivo Kuokkanen, Katri Roppola. Studies on the Effects of Certain Soil Properties on the Biodegradation of Oils Determined by the Manometric Respirometric Method. URL: www.georec.spb.ru
6. Valeria Labud, Carlos Garcia, Teresa Hernandez. Effect of hydrocarbon pollution on the microbial properties of a sandy and a clay soil. URL: www.georec.spb.ru
7. Mashalah Khamehchiyan, Amir Hossein Charkhabi, Majid Tajik. Effects of crude oil contamination on geotechnical properties of clayey and sandy soils. URL: www.georec.spb.ru
8. Дашко Р.Э. Проблемы геоэкологии в геотехнике. URL: www.georec.spb.ru
9. Еришов Э.Д. Общая геокриология. М.: Недра, 1990. 559 с.
10. Грунтоведение / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Наука, 2005. 1023 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 5 ноября 2010 г.