

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

DOI: 10.15593/2224-9923/2014.12.8

УДК 622.831

© Середин В.В., 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДАМИ ГРУНТОВ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.В. Середин

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь, Россия

Исследованиями изменений физико-механических свойств грунтов при загрязнении их нефтью и нефтепродуктами занимались Н.Н. Бракоренко, Т.Я. Емельянова, А.П. Казённых, Ю.Н. Копылов, Ю.А. Нефедьева, В.В. Середин, М.Р. Ядзинская, Л.В. Шевченко, И.В. Ширшова и др. Многие вопросы изменения физико-механических свойств грунтов, загрязнённых углеводородами, изучены недостаточно полно, а результаты иногда противоречивы. Так, одним из основных факторов, определяющих физико-механические свойства грунтов, является размер структурных элементов. Однако вопросы агрегирования частиц глинистых грунтов, загрязнённых углеводородами, изучены достаточно слабо. Поэтому целью данной работы является изучение влияния количества углеводородов на агрегативную способность грунтов.

Для статистического обоснования влияния микроагрегатного состава грунтов на степень нефтяного загрязнения построены корреляционные поля между степенью нефтяного загрязнения и микроагрегатным составом грунтов, вычислены коэффициенты корреляции. Отметим, что данный анализ проведен раздельно для глины, суглинка и супеси.

Экспериментально установлено, что в глинах степень нефтяного загрязнения зависит от их фракционного состава. В суглинках и супесях такой закономерности установить не удалось. В глинах агрегированию подвержена в основном глинистая фракция, в суглинках – глинистая и пылеватая, в супесях пылеватая фракция. При этом наиболее интенсивно процессы агрегации протекают в глинах. Это обусловлено, величиной энергий на поверхности частиц.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, глина, суглинок, супесь, закономерности, энергия, поверхность частиц, агрегация, фракция, регрессия, коэффициент корреляции, свойства, моторное масло, многомерные модели, переменная.

RESEARCH OF HYDROCARBONS SOIL POLLUTION DEGREE IN OIL AND GAS DEPOSITS

V.V. Seredin

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

Modification of physical and mechanical properties of soils under oil pollution has been researched by N.N. Brakorenko, T.Ia. Emel'ianova, A.P. Kazennikov, Iu.N. Kopylov, Iu.A. Nefed'eva, V.V. Seredin, M.R. Iadzinskaia, L.V. Shevchenko, I.V. Shirshova and others. Many aspects of modification of physical and mechanical properties polluted by hydrocarbons have not been studied in detail, with results being sometimes controversial. For instance, one of the leading factors conditioning physical and mechanical properties of soils is the size of structural elements. However, particle aggregation in clay soils polluted by hydrocarbons has been studied insufficiently. Thus, the present research is focused on quantitative effects of hydrocarbons on aggregative capacity of soils.

For a statistical justification of the influence of microaggregate soil composition on oil pollution degree correlation diagrams of oil pollution degree versus microaggregate soil composition were generated, correlation coefficients were calculated. The analysis was performed separately for clay, loam and clay sand.

The experiments found that the oil pollution degree in clays depends on their fractional composition. In loam and clay sand such regularity was not found. In clays aggregation takes place mostly in a clay fraction, in loams it is observed in clay and silt fractions, in clay sands it occurs in silt fraction. The processes of aggregation are the most intensive in clays. It is determined by particle surface energy value.

Keywords: oil pollution, clay, loam, clay sand, regularities, energy, particle surface, aggregation, fraction, regression, correlation coefficient, properties, motor oil, multidimensional models, variable.

Введение

При разработке и эксплуатации нефтяных месторождений достаточно часто на земную поверхность проливается нефть [1–8], которая распространяется как по разрезу, так и по площади грунтового массива. В результате этого процесса в грунтах появляются углеводороды [9, 10]. Наличие их ведет к изменению свойств грунтов, которые, в свою очередь, определяют несущую способность грунтового основания существующих сооружений в пределах территорий нефтедобычи [11–14].

Исследованиями изменений физико-механических свойств грунтов при загрязнении их нефтью и нефтепродуктами занимались Н.Н. Бракоренко и Т.Я. Емельянова [15], А.П. Казёнников [16], Ю.Н. Копылов [17], Ю.А. Нефедьева [4], В.В. Середин, М.Р. Ядзинская [18], Л.В. Шевченко и И.В. Ширшова [19] и др.

Многие вопросы изменения свойств грунтов, загрязненных углеводородами, изучены недостаточно полно, а результаты иногда противоречивы. Так, одним из основных факторов, определяющих свойства грунтов, является размер структурных элементов. Однако вопросы агрегирования частиц глинистых грунтов, загрязненных углеводородами, изучены достаточно слабо. Поэтому целью данной работы является изучение влияния количества углеводородов на агрегативную способность грунтов.

Методика исследований

Все лабораторные исследования грунтов проводились в лаборатории грун-

товедения при Пермском государственном национальном исследовательском университете. Исследовались следующие грунты: глина каолинистая, суглинки и супеси. Для проведения испытаний в качестве поровой жидкости выбраны вода дистиллированная и масло машинное.

Подготовка образцов производилась следующим образом: в сухой порошокобразный грунт добавлялась дистиллированная вода (20 %) и масло моторное марки «ЛУКОЙЛ-МОТО 2Т» (МГД-14м) в концентрациях 1,5, 2,5, 4,5 и 10 %. Затем полученная масса помещалась в эксикатор на 1 сут. Далее определялся гранулометрический и микроагрегатный состав согласно методике ГОСТ 12536–79¹.

Масло моторное марки «ЛУКОЙЛ-МОТО 2Т» (МГД-14м) имеет следующие физико-химические характеристики:

- вязкость кинематическая при 100 °С – 13,5–15,5 мм²/с;
- индекс вязкости 90;
- температура вспышки в открытом тигле 215 °С;
- температура застывания –15 °С;
- общая щелочность 2,0 мг КОН/г;
- массовая доля сульфатной золы 0,25 мас. %;
- моющие свойства по ПЗВ 0,5 баллов.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

¹ ГОСТ 12536–79. Методы определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Изд-во стандартов, 1980. 18 с.

Таблица 1

Микроагрегатный состав грунтов при загрязнении их моторным маслом

Степень нефтяного загрязне- ния С _н , %	Микроагрегатный состав глины, %			Микроагрегатный состав суглинка, %			Микроагрегатный состав супеси, %		
	Песчаная фракция Г _{п.ф}	Пылевая фракция Г _{пл.ф}	Глина Г _г <0,005	Песчаная фракция С _{п.ф}	Пылевая фракция С _{пл.ф}	Глина С _г <0,005	Песчаная фракция СП _{п.ф}	Пылевая фракция СП _{пл.ф}	Глина СП _г <0,005
0,0	1,96	49,02	49,02	17,44	49,54	33,02	34,56	58,90	6,54
1,5	1,77	58,95	39,28	15,04	45,32	39,64	27,52	65,25	7,23
2,5	2,75	87,89	9,36	29,9	42,08	28,02	47,41	44,71	7,88
4,5	2,20	58,68	39,12	14,04	51,58	34,28	35,80	60,99	3,21
10,0	2,02	49,00	48,98	15,54	45,05	39,41	32,25	61,00	6,76

Статистический анализ исследований

Для статистического обоснования влияния микроагрегатного состава грунтов на степень нефтяного загрязнения C_3 построены корреляционные поля между C_3 и микроагрегатным составом грунтов, вычислены коэффициенты корреляции r . Отметим, что данный анализ проведен раздельно для глины, суглинка и супеси. Соотношения между C_3 и $\Gamma_{п.ф}$, $\Gamma_{пл.ф}$, Γ_r приведены на рис. 1, а значения коэффициентов r в табл. 2.

Анализируя полученные данные, видим, что наблюдается достаточно слабое влияние значений $\Gamma_{п.ф}$, $\Gamma_{пл.ф}$, Γ_r на C_3 . Кроме этого необходимо отметить, что значения микроагрегатного состава глины

достаточно хорошо коррелируют между собой (см. табл. 2). Поэтому построим многомерные модели с помощью регрессионного анализа. Расчет регрессионных коэффициентов в разрабатываемой модели выполним при помощи метода наименьших квадратов. Под регрессионным анализом понимается статистический метод исследования зависимостей между зависимой переменной Y и одной или несколькими независимыми переменными X_1, X_2, X_p . Зависимый признак в регрессионном анализе называется результирующим, независимый – факторным. Обычно на зависимую переменную действуют сразу несколько факторов. Совокупное влияние всех независимых факторов на зависимую переменную учитывается благодаря множественной регрессии.

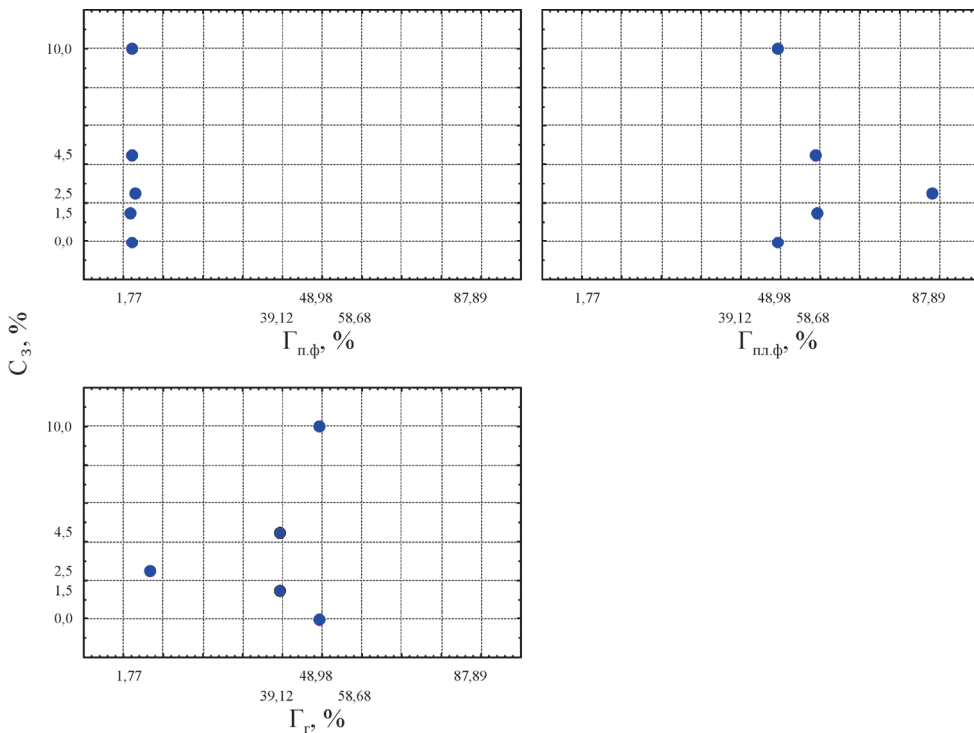


Рис. 1. Корреляционные поля между C_3 и $\Gamma_{п.ф}$, $\Gamma_{пл.ф}$, Γ_r для глины

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициента корреляции между степенью загрязнения глин C_3 и содержания в ней песчаной ($\Gamma_{п.ф}$), пылеватой ($\Gamma_{пл.ф}$), глинистой (Γ_r) фракций

Показатели	$C_3, \%$	$\Gamma_{п.ф}, \%$	$\Gamma_{пл.ф}, \%$	$\Gamma_r, \%$
$C_3, \%$	1,00	0,01	-0,20	0,20
$\Gamma_{п.ф}, \%$	-	1,00	0,90	-0,90
$\Gamma_{пл.ф}, \%$	-	-	1,00	-1,00
$\Gamma_r, \%$	-	-	-	1,00

В общем случае множественную регрессию оценивают с помощью параметров линейного уравнения вида

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p.$$

В данном уравнении регрессионные коэффициенты (b -коэффициенты) представляют независимые вклады каждой независимой переменной в предсказание зависимой переменной. Линия регрессии выражает наилучшее предсказание зависимой переменной Y по независимым переменным X .

В нашем случае в качестве зависимого признака выступает C_3 , а в качестве независимых факторов для глин – значения $\Gamma_{п.ф}$, $\Gamma_{пл.ф}$, Γ_r . Для решения задачи регрессионного анализа методом наименьших квадратов вводится понятие функции невязки:

$$\sigma(\bar{b}) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (Y_k - \hat{Y}_k)^2.$$

Условие минимума функции невязки:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\sigma(\bar{b})}{db_i} = 0 \\ i = 0 \dots N \end{array} \right. \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^M y_i = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b_j x_{i,j} + b_0 M, \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,k} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b_j x_{i,j} x_{i,k} + M b_0 \sum_{i=1}^M x_{i,k}, \\ k = 1 \dots N. \end{array} \right.$$

Полученная система является системой $N + 1$ -го линейных уравнений с $N + 1$ -й неизвестными $b_0 \dots b_N$

Если представить свободные члены левой части уравнений матрицей

$$B = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^M y_i \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,1} \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,N} \end{array} \right\},$$

а коэффициенты при неизвестных в правой части матрицей

$$A = \left\{ \begin{array}{cccc} M & \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,1} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,1} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^M x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,N} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,N} \end{array} \right\},$$

то получаем матричное уравнение $A \times X = B$, которое легко решается методом Гаусса. Полученная матрица будет матрицей, содержащей коэффициенты уравнения линии регрессии:

$$X = \begin{Bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_N \end{Bmatrix}.$$

В результате реализации данного метода для глин получена формула

$$C_3 = -82,40 + 10,6777\Gamma_{п.ф} + 0,5759\Gamma_{пл.ф} + 0,774\Gamma_r$$

при $R = 0,502, p < 0,941$.

Это показывает, что наблюдается комплексное влияние фракционного состава глины на степень ее загрязнения C_3 .

Для суглинков соотношения между C_3 и $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, C_r приведены на рис. 2, а значения коэффициентов r в табл. 3.

Анализируя полученные данные, видим, что наблюдается достаточно сильное влияние на C_3 величины C_r . Для суглинков корреляционные связи между компонентами микроагрегатного состава более слабые, особенно это касается корреляции между C_3 и $C_{пл.ф}$ (см. табл. 3).

Анализируя полученные данные, видим, что наблюдается достаточно сильное влияние на C_3 компонента C_r . Для суглинков компоненты микроагрегатного состава коррелируют между собой более слабо, особенно это относится к корреляции между C_3 и $C_{пл.ф}$ (табл. 3). Для суглинков многомерное уравнение имеет следующий вид:

$$C_3 = -20,34 + 0,1974C_{п.ф} + 0,5840C_r$$

при $R = 0,482, p < 0,766$.

Это показывает, что наблюдается комплексное влияние величин $C_{п.ф}$, C_r на C_3 .

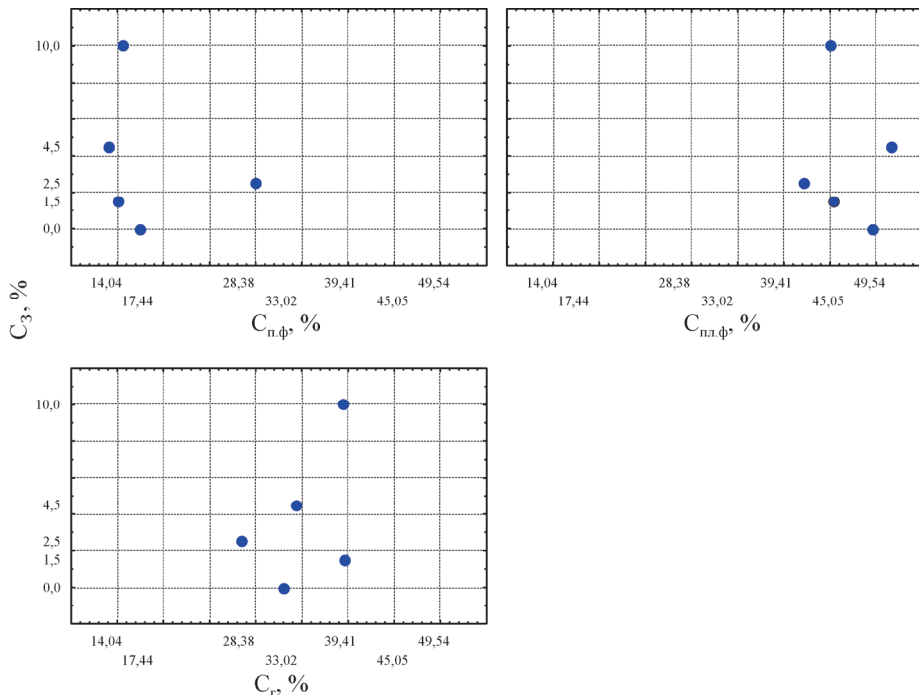


Рис. 2. Корреляционные поля между C_3 и $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, C_r для суглинка

Таблица 3

Значения коэффициента корреляции между C_3 и $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, $C_Г$ суглинка

Показатели	C_3 , %	$C_{п.ф}$, %	$C_{пл.ф}$, %	$C_Г$, %
C_3 , %	1,00	-0,24	-0,14	0,44
$C_{п.ф}$, %	-	1,00	-0,68	-0,81
$C_{пл.ф}$, %	-	-	1,00	0,12
$C_Г$, %	-	-	-	1,00

Для супеси соотношения между C_3 и $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, $C_Г$ приведены на рис. 3, а значения коэффициентов r в табл. 4.

Анализируя полученные данные, видим, что наблюдается достаточно слабое влияние значений $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, $C_Г$ на C_3 . Кроме того, необходимо отметить,

что в пределах микроагрегатного состава супеси хорошо коррелируют между собой только $C_{п.ф}$ и $C_{пл.ф}$ (табл. 4). Влияние показателей $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, $C_Г$ на C_3 слабое. Для супесей многомерное уравнение имеет следующий вид:

$$C_3 = 7,381 - 0,0501C_{п.ф} - 0,3011C_Г$$

при $R = 0,182$, $p < 0,966$.

Это показывает, что не наблюдается комплексного влияние величин $C_{п.ф}$, $C_Г$ на C_3 .

Выполненный статистический анализ показывает, что степень нефтяного загрязнения зависит от микроагрегатного состава глин и не зависит от микроагрегатного состава суглинков и супесей.

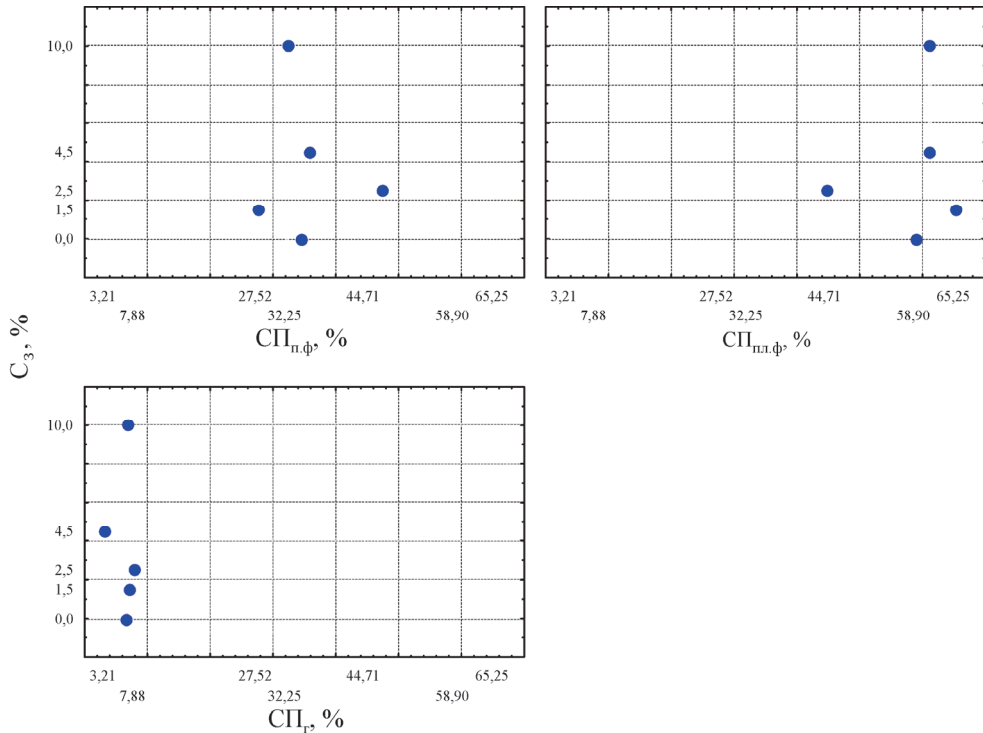


Рис. 3. Корреляционные поля между C_3 и $C_{п.ф}$, $C_{пл.ф}$, $C_Г$ для супесей

Таблица 4
Значения коэффициента корреляции между C_3 и $СП_{п.ф.}$, $СП_{п.ф.}$, $СП_{г.}$ супеси

Показатели	C_3 , %	$СП_{п.ф.}$, %	$СП_{п.ф.}$, %	$СП_{г.}$, %
C_3 , %	1,00	-0,12	0,15	-0,16
$СП_{п.ф.}$, %	-	1,00	-0,97	0,16
$СП_{п.ф.}$, %	-	-	1,00	-0,38
$СП_{г.}$, %	-	-	-	1,00

В табл. 5 приведены данные по влиянию углеводородов на агрегированность частиц в грунтах. Из табл. 5 видно, что в глинах агрегированию подвержена в основном глинистая фракция, в суглинках глинистая и пылеватая, а в супесях пылеватая. При этом наиболее интенсивно процессы агрегации протекают в глинах. Это обусловлено, вероятно, величиной энергии на поверхности частиц: глины имеют большую энергию по сравнению суглинками и супесями.

Изменение агрегатного состава грунтов влечет за собой изменение их свойств. Таким образом, при загрязнении грунтов углеводородами следует ожи-

дать наибольшего изменения физико-механических свойств глин.

Таблица 5

Степень агрегации частиц

Номенклатура грунта	Глина		Суглинок		Супесь	
	глинистая	пылеватая	глинистая	пылеватая	глинистая	пылеватая
Степень агрегации, %	39,60	-	5,02	7,50	1,20	14,20

Заключение

Экспериментально установлено, что в глинах степень нефтяного загрязнения зависит от их фракционного состава. В суглинках и супесях такой закономерности установить не удалось.

В глинах агрегированию подвержена в основном глинистая фракция, в суглинках – глинистая и пылеватая, а в супесях пылеватая фракция. При этом наиболее интенсивно процессы агрегации протекают в глинах.

Список литературы

1. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов / В.И. Галкин, В.В. Середин, Л.О. Лейбович, М.В. Пушкарёва, И.С. Копылов, А.А. Чиркова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 6. – С. 4–7.
2. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник. – М.: Высш. шк., 2002. – 560 с.
3. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи / Л.О. Лейбович, В.В. Середин, М.В. Пушкарёва, А.А. Чиркова, И.С. Копылов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 12. – С. 13–16.
4. Нефедьева Ю.А. Роль трансформации нефтяного загрязнения в изменении свойств грунтов слоев сезонного оттаивания и сезонного промерзания: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М., 2010. – 226 с.
5. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. – М.: Недра, 1989. – 211 с.
6. Середин В.В., Андрианов А.В. К вопросу о методике определения прочностных характеристик грунтов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 946.
7. Вероятностно-статистическая оценка инженерно-геологических условий для специального районирования / В.В. Середин, В.И. Галкин, М.В. Пушкарёва, Л.О. Лейбович, С.Н. Сметанин // Инженерная геология. – 2011. – № 4. – С. 42–47.
8. Прогнозирование карстовой опасности при инженерно-геологическом районировании территорий / В.В. Середин, В.И. Галкин, А.В. Растегаев, Л.О. Лейбович, М.В. Пушкарёва // Инженерная геология. – 2012. – № 2. – С. 40–45.
9. Изучение закономерностей коагуляции глинистых частиц / В.В. Середин, В.И. Каченов, О.С. Ситева, Д.Н. Паглазова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–14. – С. 3189–3193.
10. Середин В.В. К вопросу о прочности засоленных глинистых грунтов // Инженерная геология. – 2014. – № 1. – С. 66–69.
11. Соколов В.Н. Формирование микроструктуры глинистых пород // Сорский образовательный журнал. – 1998. – № 7. – С. 83–88.
12. Адсорбционная деформация микропористых адсорбентов в высокоэнергетических адсорбционных системах / А.А. Фомкин, А.А. Жердев, И.А. Смирнов, Л.И. Карева, К.О. Мурдма // Физическая химия поверхностных явлений и адсорбция: тр. конф. – Иваново; Плес, 2013. – С. 59–60.
13. Ядзинская М.Р., Агеева Т.А. Исследование процессов диспергации и агрегации грунтов при загрязнении их углеводородами // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. – Пермь, 2014. – Т. II. – С. 51–53.
14. Malyshev A.V., Timofeev A.M., Starostin E.G. Research of the thermal properties and phase composition of water in the disperse media polluted by diesel oils // Permafrost Engineering: V International symposium. – Yakutsk, 2002. – Vol. 1. – P. 48.
15. Бракоренко Н.Н., Емельянова Т.Я. Влияние нефтепродуктов на петрографический состав и физико-механические свойства песчано-глинистых грунтов (на примере г. Томска) // Вестник Том. гос. ун-та. – 2011. – № 342. – С. 197–200.
16. Казенников А.П. Исследование физико-механических свойств грунтов, загрязненных нефтепродуктами // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Моск. гос. ун-т природообустройства. – М., 2009.
17. Копылов Ю.Н. Изменение свойств песчаного и глинистого грунта в результате воздействия моторного масла // Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2003. – С. 31–33.

18. Середин В.В., Ядзинская М.Р. Закономерности формирования прочностных свойств глинистых грунтов, загрязненных углеводородами // Инженерная геология. – 2014. – № 2. – С. 26–33.
 19. Шевченко Л.В., Ширшова И.В. Прочностные свойства мерзлых глинистых грунтов // Геоэкология. – 2002. – № 1. – С. 78–84.

References

- Galkin V.I., Seredin V.V., Leibovich L.O., Pushkareva M.V., Kopylov I.S., Chirkova A.A. Otsenka effektivnosti tekhnologii ochkistki neftezagryaznennykh gruntov [Evaluation of effectiveness of technologies for cleaning oil-polluted soils]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2012, no. 6, pp. 4–7.
- Ershov Iu.A., Popkov V.A., Berliand A.S., Knizhnik A.Z. Obshchaya khimiia. Biofizicheskaya khimiia. Khimiia biogennykh elementov [General chemistry. Biophysical chemistry. Chemistry of biogenic elements]. Moscow: Vysshaya shkola, 2002. 560 p.
- Leibovich L.O., Seredin V.V., Pushkareva M.V., Chirkova A.A., Kopylov I.S. Ekologicheskaya otsenka territorii mestorozhdenii uglevodorodnogo syr'ia dlia opredeleniia vozmozhnosti razmeshcheniia ob'ektov neftedobychi [Ecological evaluation of the hydrocarbon crude field areas to determine possibilities of oil production facilities construction]. *Zashchita okruzhaiushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2012, no. 12, pp. 13–16.
- Nefed'eva Iu.A. Rol' transformatsii neflianogo zagryazneniia v izmenenii svoistv gruntov sloev sezonnogo ottaivaniia i sezonnogo promerzaniia [The role of transformation of oil pollution in alteration of soil properties in seasonal defrosting and seasonal frosting layers]. Abstract of the thesis of the candidate of geological and mineral sciences. Moscow, 2010. 226 p.
- Osipov V.I., Sokolov V.N., Rumiantseva N.A. Mikrostruktura glinistykh porod [Microstructure of clay soils]. Moscow: Nedra, 1989. 211 p.
- Seredin V.V., Andrianov A.V. K voprosu o metodike opredeleniia prochnostnykh kharakteristik gruntov [On methods to determine strength parameters of soils]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2013, no. 6, p. 946.
- Seredin V.V., Galkin V.I., Pushkareva M.V., Leibovich L.O., Smetanin S.N. Veroiatnostno-statisticheskaya otsenka inzhenerno-geologicheskikh uslovii dlia spetsial'nogo raionirovaniia [Probabilistic-statistic evaluation of engineering-geological conditions for specific zoning]. *Inzhenernaia geologiya*, 2011, no. 4, pp. 42–47.
- Seredin V.V., Galkin V.I., Rastegayev A.V., Leibovich L.O., Pushkareva M.V. Prognozirovanie karstovoi opasnosti pri inzhenerno-geologicheskom raionirovanii territorii [Forecast of karst hazard in engineering-geological zoning]. *Inzhenernaia geologiya*, 2012, no. 2, pp. 40–45.
- Seredin V.V., Kachenov V.I., Siteva O.S., Paglazova D.N. Izuchenie zakononomernosti koagulyatsii glinistykh chastits [Study of regularities in clay particle coagulation]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2013, no. 10–14, pp. 3189–3193.
- Seredin V.V. K voprosu o prochnosti zasolenykh glinistykh gruntov [On strength of saline clay soils]. *Inzhenernaia geologiya*, 2014, no. 1, pp. 66–69.
- Sokolov V.N. Formirovanie mikrostruktury glinistykh porod [Formation of clay soil microstructure]. *Sorovskii obrazovatel'nyi zhurnal*, 1998, no. 7, pp. 83–88.
- Fomkin A.A., Zherdev A.A., Smirnov I.A., Kareva L.I., Murdma K.O. Adsorbtsionnaia deformatsiia mikroporistykh adsorbentov v vysokoenergeticheskikh adsorbtsionnykh sistemakh [Adhesive deformation of microporous adsorbents in high-energy adsorption systems]. *Trudy konferentsii "Fizicheskaya khimiia poverkhnostnykh iavlenii i adsorbtsiia"*. Ivanovo, Ples, 2013, pp. 59–60.
- Iadzińska M.R., Ageeva T.A. Issledovanie protsessov dispergatsii i agregatsii gruntov pri zagryaznenii ikh uglevodorodami [Research of dispersion and aggregation processes in soils polluted by hydrocarbons]. *Sbornik nauchnykh trudov "Geologiya v razvivaiushchemu mire"*. Perm', 2014, vol. II, pp. 51–53.
- Malyshev A.V., Timofeev A.M., Starostin E.G. Research of the thermal properties and phase composition of water in the disperse media polluted by diesel oils. *V International symposium "Permafrost Engineering"*. Yakutsk, 2002, vol. 1, p. 48.
- Brakorenko N.N., Emel'ianova T.Ia. Vliianie nefteproduktov na petrograficheskii sostav i fiziko-mekhanicheskie svoistva peschano-glinistykh gruntov (na primere goroda Tomsk) [Effects of oil product on petrographic composition and physical-mechanical properties of sand-clay soil (exemplified by Tomsk)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 342, pp. 197–200.
- Kazennikov A.P. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoistv gruntov, zagryaznennykh nefteproduktami [Research of the physical-mechanical properties of soils polluted with oil products]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Rol' melioratsii v obespechenii provodol'stvennoi i ekologicheskoi bezopasnosti Rossii"*. Moskovskii gosudarstvennyi universitet prirodobooobrazovaniia, 2009.
- Kopylov Iu.N. Izmenenie svoistv peschanogo i glinistogo grunta v rezul'tate vozdeistviia motornogo masla [Change in properties of sandy and clayed soils resulting from engine oil exposure]. *Sbornik nauchnykh statei molodykh uchenykh i studentov. Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet*, 2003, pp. 31–33.
- Seredin V.V., Iadzińska M.R. Zakonomernosti formirovaniia prochnostnykh svoistv glinistykh gruntov, zagryaznennykh uglevodorodami [Regularities in formation of strength parameters of clay soil polluted by hydrocarbons]. *Inzhenernaia geologiya*, 2014, no. 2, pp. 26–33.
- Shevchenko L.V., Shirshova I.V. Prochnostnye svoistva merzlykh glinistykh gruntov [Rock strength parameters of frozen clay soils]. *Geoekologiya*, 2002, no. 1, pp. 78–84.

Об авторе

Середин Валерий Викторович (Пермь, Россия) – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета (614000, ул. Букирева, 15; e-mail: nedra@nedra.perm.ru).

About the author

Valerii V. Seredin (Perm, Russian Federation) – Doctor of Geology-mineralogical Sciences, Professor, Head of Department of Engineering Geology and Subsurface Resources Protection, Perm State National Research University (614990, Perm, Bukireva St., 15; e-mail: nedra@nedra.perm.ru).

Получено 01.08.2014

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Середин В.В. Исследование степени загрязнения углеводородами грунтов территорий нефтегазовых месторождений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – № 12. – С. 67–74. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.12.8.

Please cite this article in English as:

Seredin V.V. Research of hydrocarbons soil pollution degree in oil and gas deposits. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2014, no. 12, pp. 67–74. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.12.8.