



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Выпуск 6

**Инженерная геология и охрана
геологической среды.
Современное состояние
и перспективы развития**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЭКОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Выпуск 6

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(23-24 марта 2004)**

Москва
ГЕОС
2004

ББК 26.323

С 32

УДК 624.131.: 551.3.

**Сергеевские чтения. Выпуск 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития / Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2004) – М.: ГЕОС, 2004. – 564 с.
ISBN 5-89118-351-X**

В сборнике опубликованы доклады, представленные на научную конференцию «Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития», посвященную 90-летию со дня рождения академика Е.М. Сергеева (г.Москва, 23-24 марта 2004 г.). Конференция проходила в рамках годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии "Сергеевские чтения". Обсуждение проходило в рамках следующих тем: общетеоретические вопросы инженерной геологии и геоэкологии; грунтоведение, механика и техническая мелиорация грунтов; природные и техноприродные опасные геологические процессы и явления, оценка природных рисков; загрязнение и охрана геологической среды, функционирование природных и природно-технических систем; развитие методологии и методов геоэкологических исследований.

Sergeevskie chteniya. Issue 6. Engineering geology and geoenvironment protection. State-of-the-art and development prospects /Proceedings of the annual session of Scientific council RAS on environmental geoscience, engineering geology, and hydrogeology (March 23-24, 2004) – Moscow: GEOS, 2004.- 564 p.

This publication covers the articles submitted to the conference "Engineering geology and geoenvironment protection. State-of-the-art and development prospects" devoted to the 90th anniversary of academician E.M. Sergeev (Moscow, March 23-24, 2004). The conference was held in the framework of annual session of the Scientific Council RAS on the environmental geoscience, engineering geology and hydrogeology "Sergeevskie chteniya". The discussion dealt with the following topics: general theoretical problems in engineering geology and environmental geoscience; soil and rock engineering, mechanics, and improvement methods; natural and human-induced geological processes, and risk assessment; contamination and protection of geoenvironment; functioning of natural and technonatural systems, and the development of research methods and techniques.

Редакционная коллегия:

В.И.Осипов (ответственный редактор), О.Н.Еремина (ответственный секретарь), А.С.Викторов, А.Д.Жигалин, В.Г.Заиканов, В.П.Зверев, И.И.Молодых, А.Л.Рагозин, Н.А. Румянцева, Г.З.Перлштейн.

Издание осуществлено при финансовой поддержке ЗАО ПО "Совинтервод" и ЗАО "Геомассив"

©Научный совет РАН по проблемам
геоэкологии, инженерной геологии
и гидрогеологии, 2004
©ГЕОС, 2004

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ НА ИХ ДИФфуЗИОННО- ОСМОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

А.Н. Галкин,* В.А. Королев**

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 210038, Витебск, Московский пр-т, 33, тел. (375-0212) 26-00-26, e-mail: nis@vsu.by; **Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Воробьевы горы, тел. 939-35-87, e-mail: korolev@geol.msu.ru

Особенности диффузионно-осмотических процессов в глинистых грунтах при миграции ионов различных солей определяются комплексом факторов и, в первую очередь, химико-минеральным составом, который проявляется через дисперсность и гидрофильность составляющих грунт минералов. Изучению этого вопроса посвящены многочисленные научные публикации [1, 3–5], однако в них исследователи отмечают зависимость коэффициента диффузии от содержания глинистых минералов без участия кластогенных минералов. В тоже время, остаются недостаточно изученными вопросы влияния минерального состава на осмотические процессы, а также влияние вида различных ионов. Поэтому целью наших исследований было выявление взаимосвязей диффузионно-осмотических параметров и минерального состава глинистых грунтов.

Опыты проводились на образцах глинистых грунтов естественной структуры, отобранных в окрестностях города Гомеля: тяжелых суглинках олигоцена (P_3) и тяжелых моренных супесях среднего плейстоцена (gld), характеристика состава и свойств которых приводится в табл. 1, 2. Количественное определение относительного содержания минералов в грунтах проводилось с помощью дифрактометра ДРОН-3 по методике, изложенной в работе [6]. В целях определения диффузионно-осмотических параметров исследуемых грунтов был выполнен большой комплекс лабораторных экспериментов в диффузионно-осмотической ячейке двухкамерного типа [2]. В качестве диффундирующих агентов использовались растворы 1N концентрации NaF , NaNO_3 и NH_4Cl . При этом рассматривалась диффузия катионов Na^+ , NH_4^+ и анионов F^- и NO_3^- .

Для оценки влияния минерального состава грунтов на диффузионно-осмотические параметры был проведен корреляционный анализ взаимосвязи содержания каждой минеральной составляющей грунта, определяемой по результатам дифрактометрического анализа, с параметрами диффузии и осмоса. Исследовались парные связи между коррелируемыми величинами для глинистых грунтов палеогенового комплекса и моренных супесей в отдельности. Результаты исследований представлены в табл. 3 и на рисунке. Анализируя полученные зависимости, можно сделать следующие выводы.

1. При сравнении корреляционных связей эффективного коэффициента диффузии $D_{эф}$ ионов электролитов с содержанием кластогенных минералов (кварц, альбит, микроклин) в моренных супесях наблюдается тесная прямая линейная связь только с микроклином; с кварцем и альбитом связь слабая или вообще отсутствует. Тогда как, в глинистых грунтах палеогенового комплекса зависимость $D_{эф}$ по ионам NH_4^+ , F^- и NO_3^- от кластогенных минералов характеризуется обратной линейной связью. Уравнение зависимости $D_{эф}$ иона NH_4^+ от содержания альбита имеет вид: $y = 6,97 \cdot 10^{-6} - 1,408 \cdot 10^{-6}x$ ($r = -0,917$); микроклина – $y = 9,024 \cdot 10^{-6} - 9,41 \cdot 10^{-6}x$ ($r = -0,99$). Исключение для иона Na^+ , где $r = 0,938$ (табл. 3). Различие в парных коэффициентах корреляции, очевидно, связано с фактором дисперсно-

Таблица 1. Минеральный состав исследуемых глинистых грунтов

Название породы	Содержание минералов, %						
	кварц	альбит	микро- клин	кальцит + доломит	иллит	каоли- нит	смешано- слойные
суглинок тяжелый (P ₃)	86,8	0,1	5,8	-	5,0	1,1	1,2
	68,8	<0,1	0,7	-	3,6	26,8	0,1
	72,3	4,5	8,6	-	3,4	1,3	9,4
	73,9	7,0	13,5	-	3,3	0,9	0,4
	84,5	5,9	5,1	-	1,6	1,1	0,1
супесь тяжелая (gIIId)	82,0	2,0	5,0	8,8	1,5	0,5	0,1
	87,7	2,8	5,3	1,1	1,7	0,5	0,9
	69,7	8,6	13,0	0,1	5,5	2,5	0,2
	80,3	6,4	5,1	4,1	2,1	1,2	0,9
	74,3	5,4	13,0	2,3	3,1	0,7	0,1

Таблица 2. Характеристика гранулометрического состава и свойств исследуемых образцов глинистых грунтов

Название породы	Геол. индекс	Влажность, %	Содержание фракций, %			Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости
			>0,05 мм	0,05-0,001 мм	<0,001 мм	грунта	твердой фазы	скелета грунта	
Суглинок тяжелый	P ₃	19	21,3	65,4	13,3	2,01	2,78	1,96	0,4
Суглинок тяжелый	P ₃	14,5	55,4	32,2	12,4	1,52	2,62	1,33	0,96
Суглинок тяжелый	P ₃	14	9,3	73,4	16,3	1,73	2,76	1,52	0,82
Супесь тяжелая	gIIId	12	7,9	20,1	6,0	2,05	2,70	1,84	0,47
Супесь тяжелая	gIIId	8	72,3	21,7	6,0	1,89	2,70	1,77	0,52
Супесь тяжелая	gIIId	10	70,0	24,0	6,0	2,01	2,71	1,83	0,48

сти и вытекающими отсюда гидрофильностью и емкостью обмена: чем выше дисперсность грунта, а, следовательно, выше гидрофильность и емкость обмена, при наличии высокого содержания кластогенных минералов, тем ниже значение $D_{\text{эф}}$.

2. Влияние глинистых минералов (иллит, каолинит, смешанослойные минералы) на $D_{\text{эф}}$ в наибольшей степени проявляется в супесчаных грунтах моренного комплекса. С увеличением содержания иллита и каолинита значения $D_{\text{эф}}$ возрастают, в то время, как высокое содержание смешанослойных минералов (типа иллит – смектит) приводит к снижению значений $D_{\text{эф}}$.

3. Влияние минерального состава глинистых грунтов на диффузию ионов различных солей определяется физико-химическими свойствами самих ионов (радиус иона, активность, сорбция, ионный обмен, образование труднорастворимых соединений и др.). Так, катион NH_4^+ обладает относительно большим радиусом иона ($R = 0,143$ нм) и активной способностью сорбироваться на различных глинистых минералах. Следовательно, диффузионная подвижность NH_4^+ будет определяться дисперсностью и содержанием глинистых минералов, особенно смектитовой группы.

Таблица 3. Коэффициенты парной корреляции эффективного коэффициента диффузии ($D_{эф}$) ионов электролитов и содержания различных минералов в глинистых грунтах при уровне значимости $\alpha = 0,05$

Ионы электролитов	Минеральный состав						
	кварц	альбит	микро- клин	кальцит, доломит	каолинит	иллит	смешанослой- ные минералы
Суглинок тяжелый (P_3)							
NO_3^-	-0,686	(-0,592)	-0,925	—	0,996	(-0,363)	(-0,668)
F^-	(-0,273)*	-0,896	-0,996	—	0,926	(0,110)	-0,935
Na^+	0,938	(0,170)	(0,660)	—	-0,851	0,739	(0,266)
NH_4^+	(-0,224)	-0,917	-0,990	—	0,906	(0,157)	-0,952
Супесь тяжелая (gIIId)							
NO_3^-	(0,267)	(-0,387)	0,692	(-0,274)	0,893	(0,624)	(-0,670)
F^-	(0,449)	(0,063)	0,999	-0,991	0,927	0,795	-0,782
Na^+	(0,089)	(0,110)	0,914	(-0,624)	0,905	0,923	-0,931
NH_4^+	(0,113)	(-0,005)	0,932	(-0,644)	0,952	0,868	-0,878

* – в скобках указаны коэффициенты корреляции незначимо отличные от нуля.

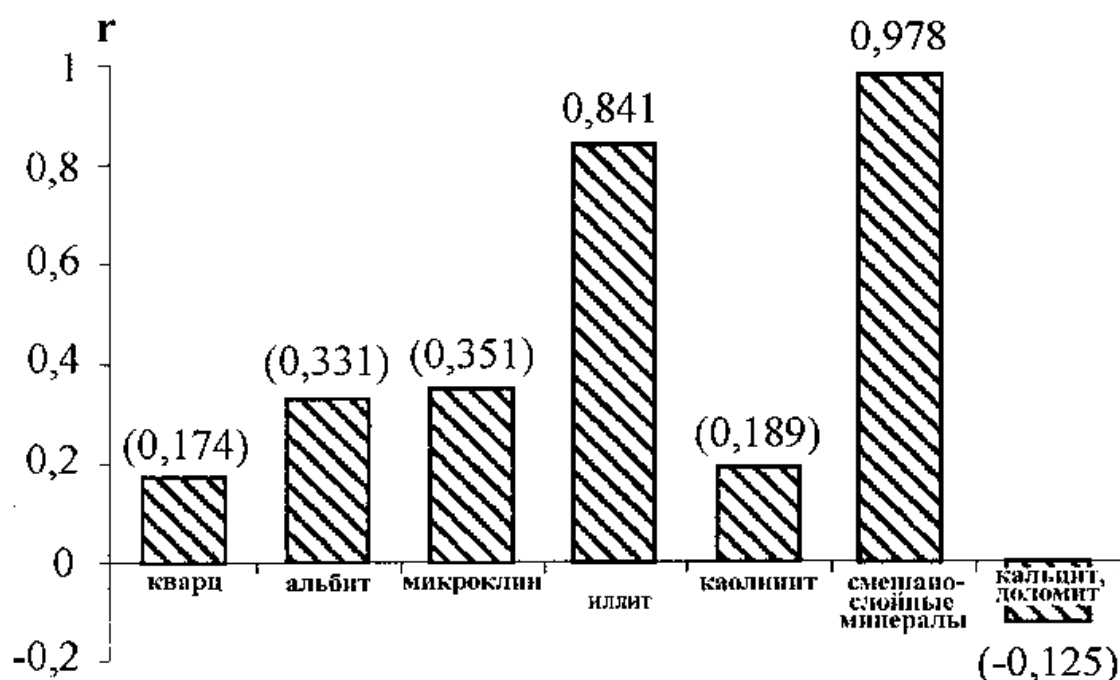


Рис. Значения коэффициента (r) парной корреляции коэффициента осмоса ($K_{осм}$) и содержания различных минералов в моренной супеси среднего плейстоцена при $\nabla C_{NaNO_3} 1,0$ моль/см⁴

4. На диффузию иона F^- в значительной степени оказывают влияние карбонатные минералы ($CaCO_3$, $CaMg(CO_3)_2$ и др.), т.к. при его взаимодействии с Ca^{2+} и Mg^{2+} возможно образование труднорастворимого осадка. Уравнение зависимости $D_{эф}$ иона F^- от содержания карбонатных минералов имеет вид: $y = 9,85 \cdot 10^{-7} - 9,72 \cdot 10^{-8} \cdot x$ ($r = -0,99$).

5. Исследования связи осмотических параметров и минерального состава на образцах моренных супесей показало значительное влияние глинистых минера-

лов на осмос (рис.). Установлена тесная прямая линейная связь коэффициента осмоса $K_{осм}$ с содержанием иллита и смешанослойных минералов ($r = 0,841$ и $0,978$ соответственно). Для глинистых грунтов палеогенового комплекса характер связи $K_{осм}$ с минеральным составом несколько иной. Здесь для $K_{осм}$ наиболее тесная прямая линейная связь наблюдается с альбитом ($r = 0,95$), микроклином ($r = 0,973$) и смешанослойными минералами ($r = 0,977$); с каолинитом – обратная линейная связь ($r = -0,862$). Влияние кластогенных минералов (альбит, микроклин) на $K_{осм}$ в палеогеновых суглинках следует, вероятно, связывать, как и для $D_{эф}$, со степенью дисперсности грунтов.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

- влияние неглинистых минералов определяется, главным образом, их относительным содержанием и степенью дисперсности (чем выше содержание неглинистых минералов и ниже их степень дисперсности, тем выше диффузионная проницаемость грунта и ниже $K_{осм}$);

- из глинистых минералов каолиниту свойственны относительно крупные размеры частиц, определяющие характер порового пространства, малый заряд ядра мицеллы и, следовательно, высокие показатели диффузионной проницаемости и низкая осмотическая фильтрация. Сметтиты обладают наиболее высокими дисперсностью и гидрофильностью, а, следовательно, они определяют наименьший радиус пор и наибольшее количество связанной воды. Таким образом, диффузия в сметтитовых глинах встречает наибольшие препятствия, однако в них, соответственно, активнее проявляются осмотические процессы. Иллиты занимают промежуточное положение.

Литература

1. Брилинг И.А., Рошаль А.А., Чичекина Л.А. Диффузия ионов и сопутствующие процессы в каолине // Вестник МГУ. Сер. геол. 1978. №3. С. 86-93.
2. Галкин А.Н., Коралев В.А. Методика исследований диффузии солей в глинистых грунтах // Проблемы инженерной и экологической геологии. Тез. докл. конф. М.: МГУ, 1998. С. 13.
3. Затенацкая Н.П. Экспериментальные данные по диффузии солей в глинистых породах // Тр. Геол. ин-та АН СССР, 1965. Вып. 115.
4. Затенацкая Н.П., Сафохина И.А. Диффузионное выщелачивание глин. М.: Наука, 1968.
5. Окнина Н.А. Процессы диффузии и диффузионного выщелачивания солей в глинистых породах // Глины, их минералогия, свойства и практическое значение. М.: Наука, 1970. С. 181-185.
6. Шлыков В.Г. Рентгеновские исследования грунтов. М.: МГУ, 1991.