

УДК 553.6 (470.54)

UDC 553.6 (470.54)

04.00.00 Геолого-минералогические науки

04.00.00 Geological and mineralogical sciences

**ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ
МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОРОВОГО
РАСТВОРА СОЛИ NaCl****STUDY OF CHANGES IN DEFORMATIONS AT
FROST PENETRATION DEPENDING ON THE
CONCENTRATION OF THE SALT SOLUTION
PORE NaCl**Каченов Валерий Иванович
к.г.-м.н., профессорKachenov Valery Ivanovich
Cand.Geol.-Min.Sci., Prof.Алванян Антон Карпетович
к.г.-м.н., доцентAlvanian Anton Karapetovich
Cand.Geol.-Min.Sci.Алванян Карине Антоновна
аспирантAlvanian Karine Antonovna
post-graduateПаранина Дарья Дмитриевна
студент
*Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь, Россия*Paranina Darya Dmitrievna
student
*Perm State National Research University, Perm,
Russia*

Проанализированы закономерности изменения деформации морозного пучения в зависимости от влажности, плотности и концентрации соли NaCl в поровом растворе

We have analyzed patterns of change in deformations at frost penetration depending on the humidity, density and concentration of the salt solution pore NaCl

Ключевые слова: КАОЛИНИТОВАЯ И МОНТМОРИЛЛОНИТОВАЯ ГЛИНА; ДЕФОРМАЦИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ; КОНЦЕНТРАЦИЯ ПОРОВОГО РАСТВОРА; ДИФРАКТОГРАММА; РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ И РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, ПЕРМСКИЙ КРАЙ

Keywords: KAOLINITE AND MONTMORILLONITE CLAY; DEFORMATIONS AT FROST PENETRATION; CONCENTRATION OF THE SALT SOLUTION PORE; DIFFRACTION PATTERN; X-RAY PHASE ANALYSIS; X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS; PERM REGION

Анализ химического состава белой глины проводился на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре, качественный анализ - на основе снятой дифрактограммы (рентгенофазовый анализ).

На территории Пермского края месторождения глин преимущественно распространены в Камской и Предуральской минерагенических областях [1]. Их размещение контролируется положением континентальной терригенной формации и коры выветривания кайнозоя.

Усть-Игумское месторождение каолинитовой (белой) глины расположено в Александровском районе Пермского края.

В геологическом строении полезной толщи принимают участие породы кайнозоя. Подстилающие породы представлены нижнепермскими глинисто-мергелистыми отложениями соликамской свиты [2].

Полезная толща месторождения сложена глинами светло-серыми до серовато- белых с голубоватым оттенком. Вскрытая мощность глин колеблется от 2–3 до 14–20м. Возраст глин по данным оценочных работ считается олигоценным.

Глины месторождения имеют высокую среднюю пластичность- 25,44, объемную массу–1,9 т/м³ [3].

Определение минералогического состава глин методом рентгеноструктурного анализа выполнено на кафедре минералогии и петрографии ПГНИУ в Секторе наноминералогии м.н.с. Г.А. Исаевой.

Результаты исследования приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Минеральный состав каолиновой глины

Минерал	Формула	Межплоскостное расстояние основных отражений (d, анг.)	Содержание, %
Кварц	SiO ₂	3,34; 4,25	19,0
Каолинит	Al ₄ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈	7,15; 3,57	73,9
Иллит (гидрослюда)	(K _{0.75} (H ₃ O) _{0.25})Al ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ ((H ₂ O) _{0.75} (OH) _{0.25}) ₂	10,0	7,1

Рентгенофлуоресцентный анализ

Анализ химического состава образца проводился на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре последовательного типа действия S8 Tiger («BRUKER», ФРГ) [4-8]. Прибор предназначен для качественного и количественного определения элементного состава различных пород в твёрдом состоянии, диапазон анализируемых элементов от Be до U, чувствительность определения элементов – до 0,0001%.

Приёмка проб и пробоподготовка осуществлялись по отраслевому стандарту ОСТ 41-08-249-85, а также методикам количественного химического анализа НСАМ № 455-РС и НСАМ № 465-РС [5-7]. Определение ППП (потери при прокаливании) осуществлялось по методике количественного химического анализа GEO-QUANT M («Bruker AXS», Karlsruhe, FRG, 2011).

Химический состав (таблица 2) отражает преобладание силикатов и алюмосиликатов и повышенное содержание TiO_2 .

В пробе «белой» глины «Усть-Игумского» месторождения содержания ванадия равны либо несколько выше кларковых (среднее содержание ванадия в земной коре составляет $1,6 \cdot 10^{-2} \%$).

Таблица 2 - Химический состав каолиновой глины по результатам рентгенофлуоресцентного анализа, мас. %

№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
16	63,43	2,83	20,45	2,22	0,02	0,60	0,34	0,36	0,49	0,04

S	Ba	Cr	Cu	Zn	Pb	Ni	Sr	V	Rb	Zr	Ga	La	Nb	ППП
0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	10,4

Н.И. Быков дал определение морозного пучения грунтов в следующей формулировке: «Будем впредь называть пучением всякое вертикальное перемещение вверх как самого грунта, так и заключенных в него предметов, происходящее вследствие замерзания и расширения грунта; противоположное явление - перемещение вниз при оттаивании - будем называть оседанием».

Учитывая влияние химического состава поровой среды, М.Г. Гольдштейн выдвинул осмотическую гипотезу миграции влаги: с понижением температуры и кристаллизации части воды повышается концентрация порового раствора на границе со льдом, вследствие чего возникает осмотическое давление, под воздействием которого

подтягивается влага из менее концентрированных нижних областей. Он высказал также предположение, что миграция влаги может происходить в результате конденсации пара на границе промерзания и создания разницы давлений в парожидкой системе поровой среды.

Степень пучинистости грунта следует определять по значению относительной деформации морозного пучения ϵ_{fn} , полученному по результатам испытаний образцов грунта в специальных установках, обеспечивающих промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах, и измерение перемещений его поверхности.

Необходимое оборудование: холодильная камера, датчик линейного перемещения “Novotechnik TR-25” и 3½ - разрядный программируемый универсальный прибор “Omlink OM-352” для регистрации показаний.

Подготовка к испытаниям

1. Взвешиваем в фарфоровой ступке определенное количество грунта.
2. Добавляем раствор с концентрацией соли NaCl 0,5%, 1,0%, 1,5%.
3. Растираем полученную массу пестиком с резиновым наконечником до равномерной консистенции.
4. Ставим в эксикатор полученную массу и выдерживаем ее при комнатной температуре сутки.
5. В обойму цилиндрической формы, предварительно смазанную внутри тонким слоем технического вазелина и закрепленную на металлической пластине методом послойного уплотнения помещаем грунт, сверху кладем фильтровальную бумагу и металлическую пластину.
6. Уплотняем образцы с помощью прибора для предварительного уплотнения при нагрузке 1 кг/см³ в течение суток.

Проведение испытаний

1. Образцы грунта в обойме, смазанной внутри тонким слоем технического вазелина и предварительно уплотненные помещаем в установку для измерения вертикальных деформаций, записываем начальные показания приборов.

2. Далее установку помещаем в холодильную камеру, включаем систему для задания температурного режима промораживания образца.

3. Промораживаем образцы грунта при температуре минус 18°C в течении 24 часов.

4. Перед отключением морозильной камеры записываем конечные показания приборов.

Обработка результатов

Относительную деформацию морозного пучения образца грунта ε_{fh} вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{fh} = \frac{\Delta h}{h}$$

где Δh - вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм;

h - начальная высота образца, мм. [11].

Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3.

№ образца	W, д.ед. (до/после проморозки)	Увеличение образца Δh, мм	Относительная деформация $\epsilon_{fh} = \Delta h/h_0$	Пористость n, %	Плотность ρ, г/см ³
<i>Уплотнение 1 кгс/см²</i>					
<i>NaCl 0.5%</i>					
1	0.288/0.294	0.014	0.000	48.91	1.77
2	0.292/0.297	0.027	0.001	49.65	1.75
3	0.289/0.297	0.081	0.002	49.24	1.76
4	0,399/0,406	0.610	0.013	54.83	1.70
5	0.380/0.392	0.637	0.013	53.94	1.71
6	0.377/0.391	0.583	0.012	53.57	1.72
7	0.464/0.479	0.732	0.015	57.59	1.67
8	0.458/0.467	0.746	0.016	56.91	1.69
9	0.467/0.486	0.732	0.015	57.43	1.68
10	0.539/0.551	0.814	0.017	60.63	1.63
<i>NaCl 1.0%</i>					
1	0.283/0.290	0.122	0.003	49.87	1.73
2	0.279/0.286	0.108	0.002	49.43	1.74
3	0.282/0.290	0.149	0.003	49.54	1.74
4	0.392/0.399	0.678	0.014	54.87	1.69
5	0.376/0.385	0.664	0.014	53.53	1.72
6	0.366/0.383	0.692	0.014	53.74	1.70
7	0.448/0.457	0.759	0.016	57.64	1.65
8	0.450/0.461	0.773	0.016	56.93	1.68
9	0.453/0.465	0.746	0.016	57.53	1.66
10	0.530/0.545	0.827	0.017	60.15	1.64
<i>NaCl 1.5%</i>					
1	0.280/0.286	0.136	0.003	50.05	1.72
2	0.275/0.281	0.136	0.003	49.56	1.73
3	0.274/0.281	0.163	0.003	49.52	1.73
4	0.384/0.391	0.705	0.015	54.87	1.68
5	0.352/0.378	0.719	0.015	53.98	1.71
6	0.360/0.371	0.705	0.015	53.80	1.69
7	0.436/0.448	0.786	0.016	57.54	1.64
8	0.445/0.457	0.786	0.016	57.55	1.65
9	0.434/0.451	0.773	0.016	57.74	1.63
10	0.507/0.533	0.854	0.018	60.28	1.61

Закономерность изменения деформации морозного пучения в зависимости от влажности при различной концентрации соли NaCl в поровом растворе

На рис. 1-3 приведены результаты исследований между влажностью и деформацией морозного пучения.

• При увеличении влажности величина деформации морозного пучения возрастает. Это обусловлено тем, что в более увлажнённых грунтах содержится больше гравитационной воды, поэтому величина деформации в таких грунтах выше.

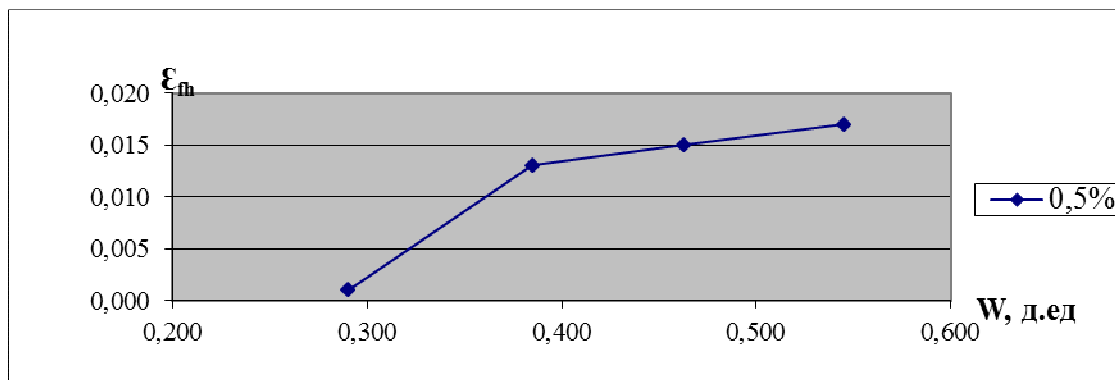


Рис. 1. График зависимости между влажностью и деформацией при концентрации порового раствора соли NaCl 0,5%

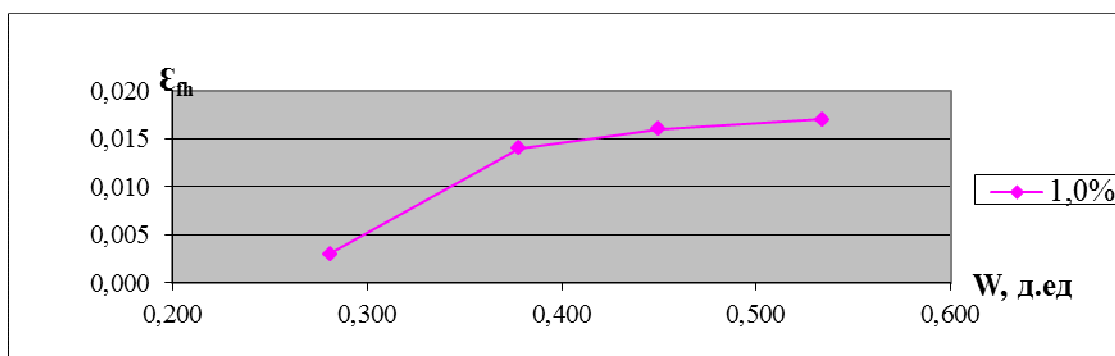


Рис. 2. График зависимости между влажностью и деформацией при концентрации порового раствора соли NaCl 1,0%

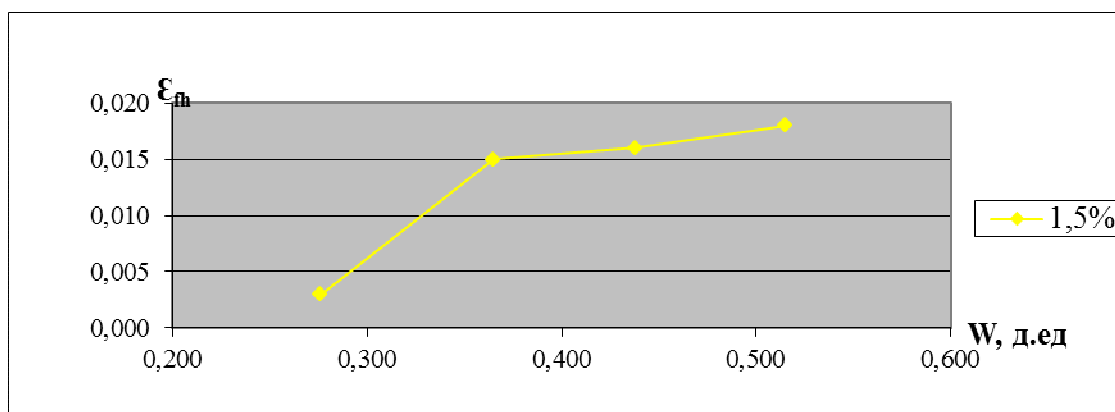


Рис. 3. График зависимости между влажностью и деформацией при концентрации порового раствора соли NaCl 1,5%

Закономерность изменения деформации морозного пучения в зависимости от плотности при различной концентрации соли NaCl в поровом растворе

На рис. 4-6 приведены результаты исследований между плотностью и деформацией морозного пучения.

-При увеличении плотности величина деформации морозного пучения снижается. Это обусловлено тем, что в более плотных образцах выше пористость и меньше гравитационной воды.

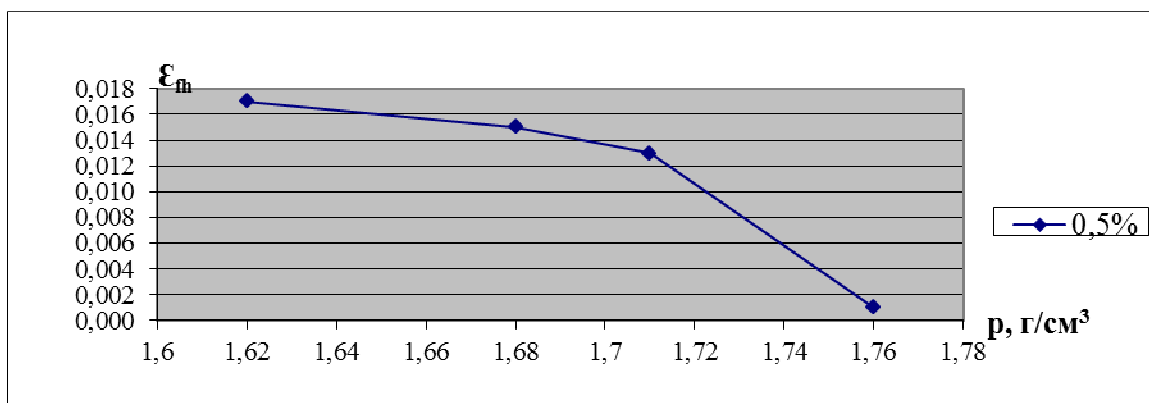


Рис. 4. График зависимости между плотностью и деформацией при концентрации порового раствора соли NaCl 0,5 %

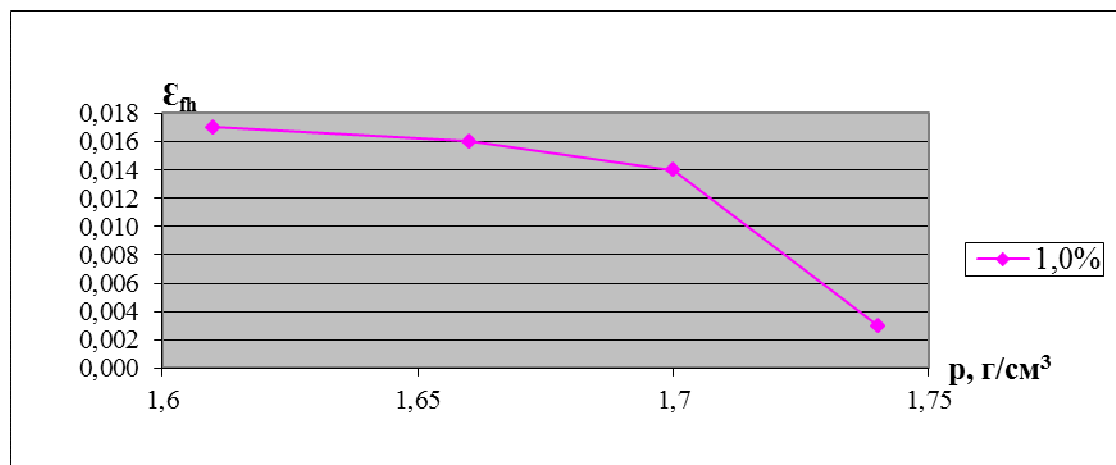


Рис. 5. График зависимости между плотностью и деформацией при концентрации порового раствора соли NaCl 1,0 %

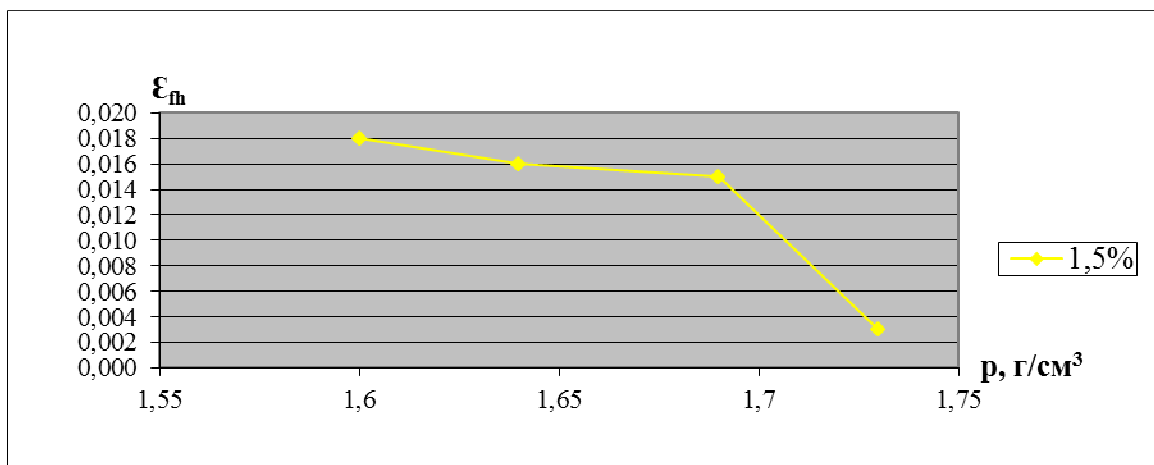


Рис. 6. График зависимости между плотностью и деформацией при концентрации порового раствора соли NaCl 1,5 %

Закономерность изменения деформации морозного пучения в зависимости от концентрации соли NaCl в поровом растворе.

При увеличении концентрации соли NaCl в поровом растворе величина деформации морозного пучения возрастает (рис.7-8). Это обусловлено тем, что концентрация порового раствора не большая и за счет осмотической составляющей влаги деформация возрастает.

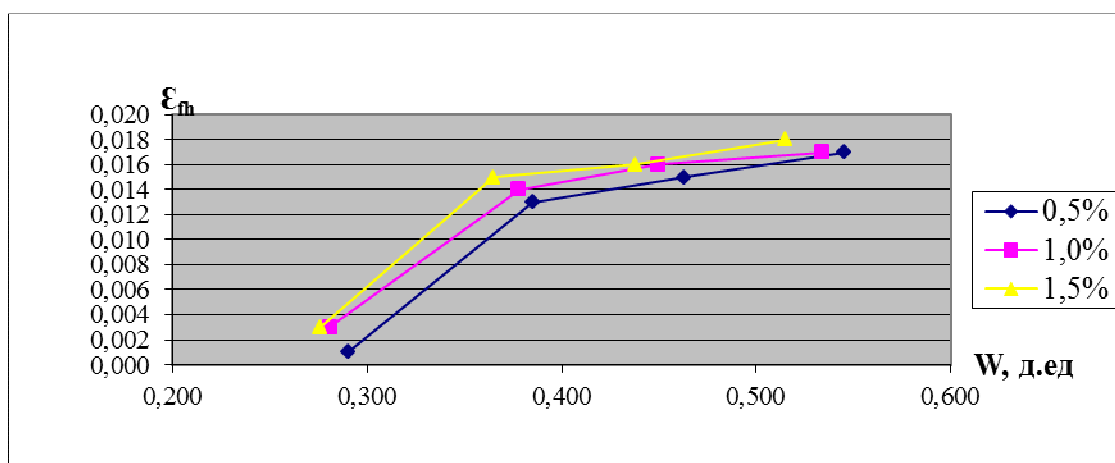


Рис. 7. График зависимости между влажностью и деформацией при различной концентрации порового раствора соли NaCl

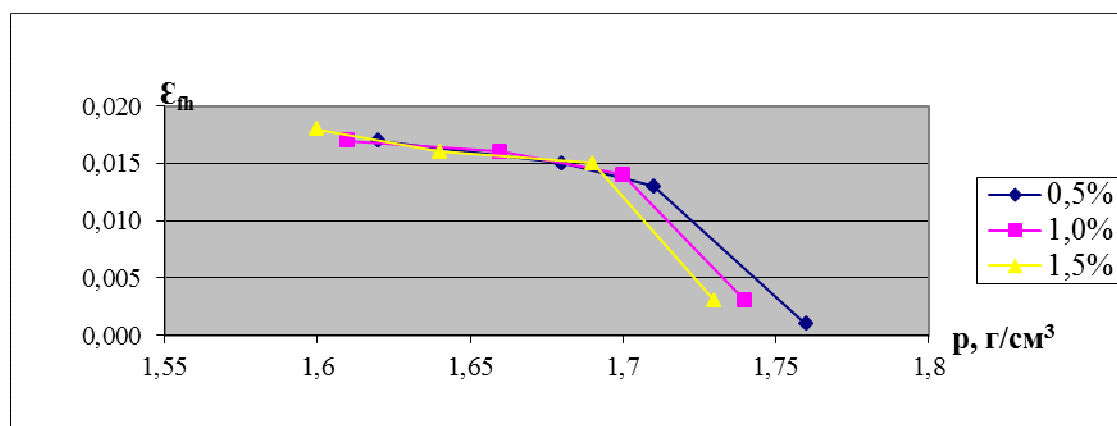


Рис. 8. График зависимости между плотностью и деформацией при различной концентрации порового раствора соли NaCl

Заключение

В данной работе было изучено влияние концентрации соли NaCl в поровом растворе на величину деформации морозного пучения.

На основании проведенных нами лабораторных работ установлена следующая закономерность:

- При увеличении влажности деформация морозного пучения возрастает;
- При увеличении плотности деформация морозного пучения снижается;
- При увеличении концентрации соли NaCl в поровом растворе величина деформации морозного пучения возрастает.

Список литературы

А. Опубликованная

1. Брушков А.В. Засоленные многолетнемерзлые породы арктического побережья. Их происхождение и свойства – М.: Изд-во МОСК. ун-та, 1998, 307с.
2. Ершов Э.Д. Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах - М.: Изд-во МОСК. ун-та, 1985, 167 с.
3. Киселев М.Ф. Предупреждение деформации грунтов от морозного пучения – Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 125 с.
4. Кудрявцев С.А. Влияние миграционной влаги на процесс морозного пучения сезоннопромерзающих грунтов / Научные доклады конференции «Реконструкция городов и геотехническое строительство». Санкт-Петербург: Изд-во АСВ. 2003. С 233-240.
5. Полевичко А.Г. Проектирование противопучинных устройств для железнодорожного пути / Методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию для

студентов 5-го курса дневного и 6-го курса заочного обучения по специальности 290900 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство»: Изд-во Дальневосточный государственный университет путей сообщения МПС России, 2004, 59 с.

6. Сафронов Ю.В. Морозное пучение грунтов и методика полевого определения касательных сил пучения.: автореферат диссертации. Москва, 1985, 185с.

7. Сергеев Е. М. Грунтоведение / Учебн. Изд. 2-е перераб. — М., Изд-во МГУ, 1959, —426 с.

Б. Нормативная

8. СНиП 2.02.01 - 83* - Основания зданий и сооружений.

9. ГОСТ 12536-79. Методы определения гранулометрического состава.

10. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

11. ГОСТ 28622-90. Грунты. Метод лабораторного определения морозной пучинистости.

12. СНиП 22-02-2003 – Инженерная защита территорий зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

13. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов – М: Стройиздат 1986, 72 с.

Интернет – сайты

14. <http://sam-postroil-dom.ru>

15. <http://problok.ru/>

16. <http://naukadoma.ru>

17. <http://teoriastroiki.ru/>

References

1. Brushkov A.V. Zsolennye mnogoletnemerzlye породы arkticheskogo poberezh'ja. Ih proishozhdenie i svojstva – М.: Изд-во МОСК. un-та, 1998,307s.

2. Ershov Je.D. Deformacii i naprjazhenija v promerzajushhij i ottaivajushhij porodah - М.: Изд-во МОСК. un-та, 1985, 167 s.

3. Kiselev M.F. Preduprezhdenie deformacii gruntov ot moroznogo puchenija – L.: Strojizdat. Leningr. otd-nie, 1985. – 125 s.

4. Kudrjavcev S.A. Vlijanie migracionnoj vlagi na process moroznogo puchenija sezonnopromerzajushhij gruntov / Nauchnye doklady konferencii «Rekonstrukcija gorodov i geotehnicheskoe stroitel'stvo». Sankt-Peterburg: Izd-vo ASV. 2003. S 233-240.

5. Polevichko A.G. Proektirovanie protivopuchinnyh ustrojstv dlja zheleznodorozhnogo puti / Metodicheskoe posobie po kursovomu i diplomnomu proektirovaniju dlja studentov 5-go kursa dnevnogo i 6-go kursa zaocnogo obuchenija po special'nosti 290900 «Stroitel'stvo zheleznyh dorog, put' i putevoe hozjajstvo»: Izd-vo Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija MPS Rossii, 2004, 59 s.

6. Safronov Ju.V. Moroznoe puchenie gruntov i metodika polevogo opredelenija kasatel'nyh sil puchenija.: avtoreferat dissertacii. Moskva, 1985, 185s.

7. Sergeev E. M. Gruntovedenie / Uchebn. Izd. 2-e pererab. — М., Изд-во МГУ, 1959, —426 с.

8. SNiP 2.02.01 - 83* - Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij.

9. GOST 12536-79. Metody opredelenija granulometricheskogo sostava.

10. GOST 5180-84. Grunty. Metody laboratornogo opredelenija fizicheskij harakteristik.

11. GOST 28622-90. Grunty. Metod laboratornogo opredelenija moroznoj puchinistosti.

12. SNiP 22-02-2003 – Inzhenernaja zashhita territorij zdaniy i sooruzhenij ot opasnyh geologicheskikh processov.

13. Rekomendacii po uchetu i preduprezhdeniju deformacij i sil moroznogo puchenija gruntov – M: Strojizdat 1986, 72 s.

Internet – sajty

14. <http://sam-postroil-dom.ru>

15. <http://problok.ru/>

16. <http://naukadoma.ru>

17. <http://teoriastroiki.ru/>