

УДК 553.6 (470.54)

UDC 553.6 (470.54)

04.00.00 Геолого-минералогические науки

Geological and mineralogical sciences

**ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ
МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОРОВОГО
РАСТВОРА СОЛИ CaCl₂**

**STUDY OF CHANGES IN DEFORMATIONS AT
FROST PENETRATION DEPENDING ON THE
CONCENTRATION OF THE SALT SOLUTION
PORE CaCl₂**

Каченов Валерий Иванович
к.г.-м.н., профессор

Kachenov Valery Ivanovich
Cand.Geol.-Min.Sci., professor

Алванян Антон Карпетович
к.г.-м.н., доцент

Alvanian Anton Karapetovich
Cand.Geol.-Min.Sci., associate professor

Алванян Карине Антоновна
аспирант

Alvanian Karine Antonovna
postgraduate student

Грекова Алена Викторовна
студент
*Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь, Россия*

Grekova Alena Viktorovna
student
*Perm State National Research University, Perm,
Russia*

Проанализированы закономерности изменения деформации морозного пучения в зависимости от влажности, плотности и концентрации соли CaCl₂ 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 of CaCl₂

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 SALT SOLUTION PORE, DIFFRACTION PATTERN, X-RAY PHASE ANALYSIS, X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS, PERM REGION

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

Усть-Игумское месторождение каолинитовой (белой) глины расположено в Александровском районе Пермского края в 8км юго-восточнее с. Усть-Игум.

В геологическом строении Усть-Игумского месторождения принимают участие породы кайнозоя. Подстилающие породы

представлены нижнепермскими глинисто-мергелистыми отложениями соликамской свиты [2].

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

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

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 приведены 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
Сумма			100

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

Рентгенофазовый анализ.

Аппаратура. Рентгеноструктурный анализ образца выполнен с применением рентгеновского порошкового дифрактометра D2 Phaser (фирма «Bruker», ФРГ). *Пробоподготовка и съемка дифрактограмм.* Операции осуществлялись в соответствии со следующими методиками: НСОММИ № 68 «Методические рекомендации» и НСОММИ «Методические рекомендации» № 139 [9-11].

Качественный анализ глин выполнялся на основе снятой дифрактограммы и уточнялся при помощи трех дополнительных кривых ориентированных препаратов (для воздушно-сухого, насыщенного глицерином и прокаленного).

По результатам проведенных исследований предоставленный образец «белой» глины является полиминеральным: в породе преобладает кварц, из алюмосиликатов диагностированы полевые шпаты (ортоклаз и плагиоклазы). Глинистые минералы представлены каолинитом и примесью иллита (гидрослюдь).

Определение деформации морозного пучения

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 CaCl_2 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/см^3 в течение суток.

Проведение испытаний

1. Образцы грунта в обойме 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} вычисляем по формуле:

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

где Δh - вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм;
 h - начальная высота образца, мм. [13].

А. Закономерность изменения деформации морозного пучения в зависимости от влажности при различной концентрации порового раствора соли CaCl_2

По полученным данным представлены графики зависимости между влажностью и деформацией (рис. 1-3).

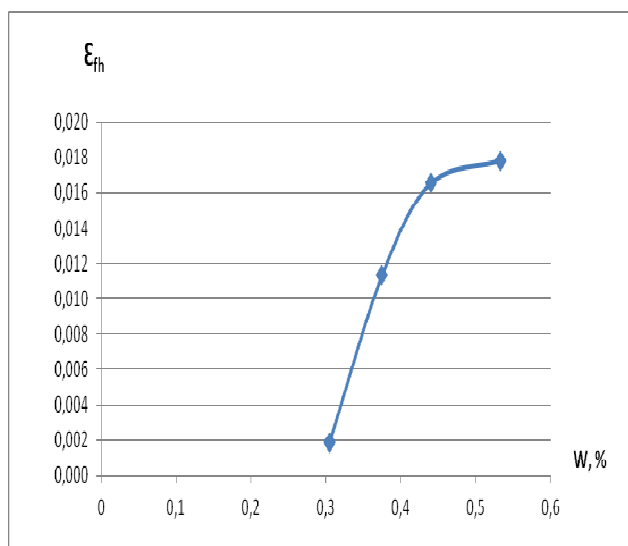


Рис. 1. График зависимости между влажностью и деформацией при концентрации порового раствора соли CaCl_2 - 0,5%

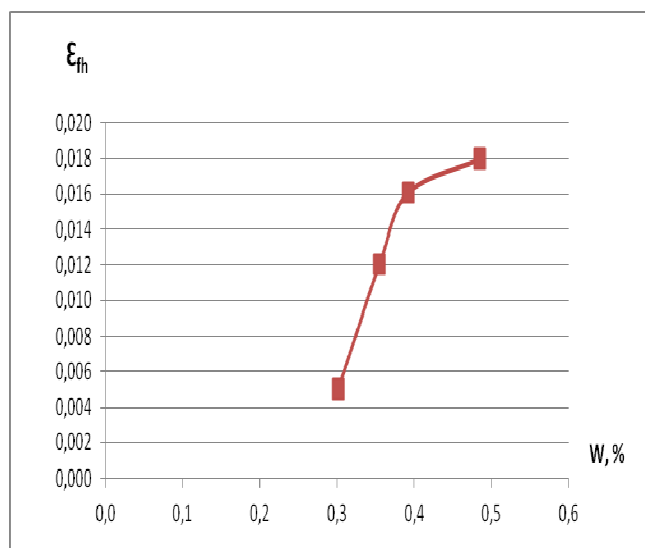


Рис. 2. График зависимости между влажностью и деформацией при концентрации порового раствора соли CaCl_2 - 1,0%

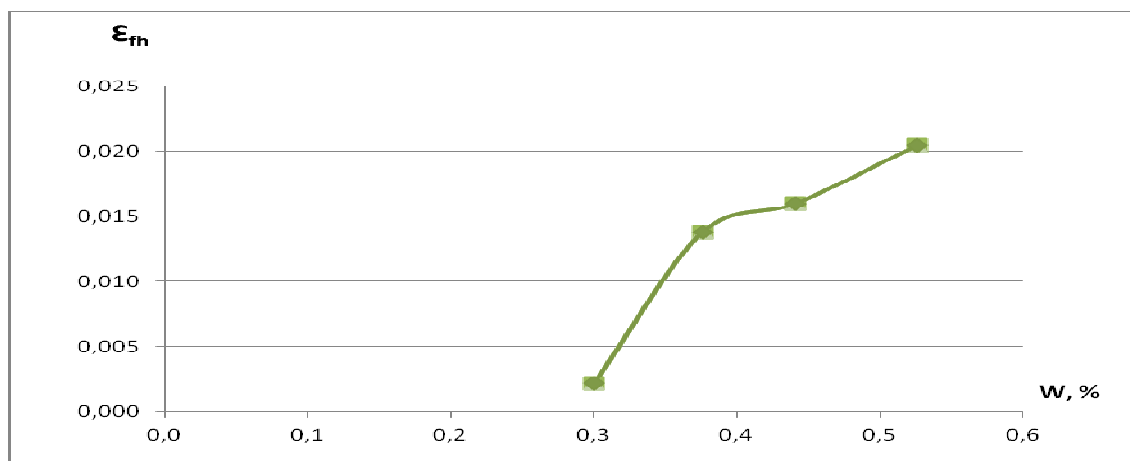


Рис. 3. График зависимости между влажностью и деформацией при концентрации порового раствора соли CaCl_2 - 1,5%

Б. Закономерность изменения деформации морозного пучения в зависимости от плотности при различной концентрации порового раствора соли CaCl_2

По полученным данным представлены графики зависимости между плотностью и деформацией (рис. 4-6).

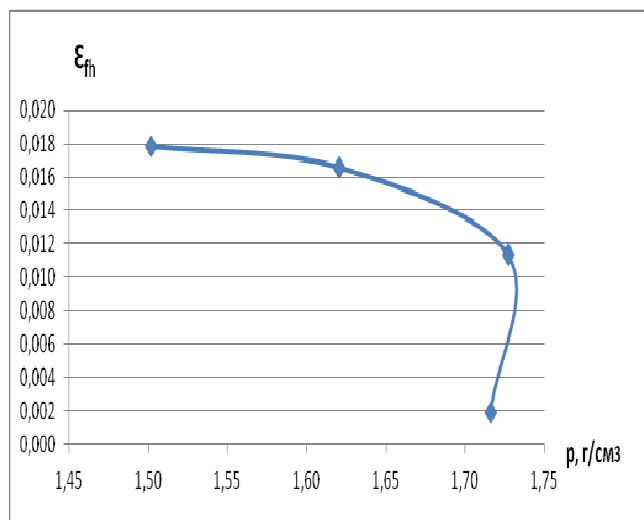


Рис. 4. График зависимости между плотностью и деформацией при концентрации порового раствора соли CaCl_2 - 0,5 %

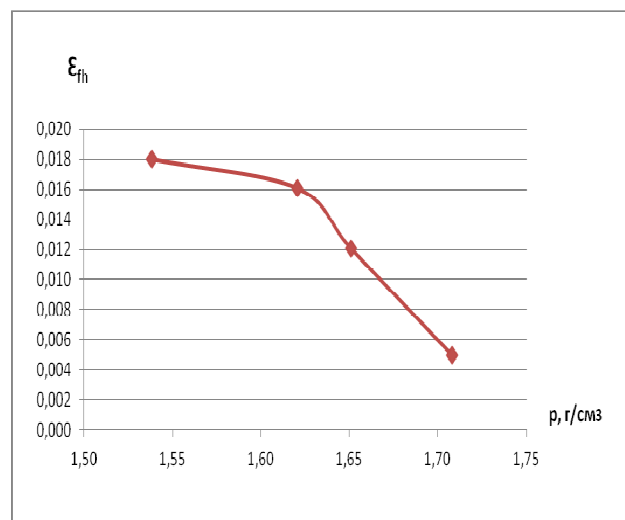


Рис. 5. График зависимости между плотностью и деформацией при концентрации порового раствора соли CaCl_2 - 1,0 %

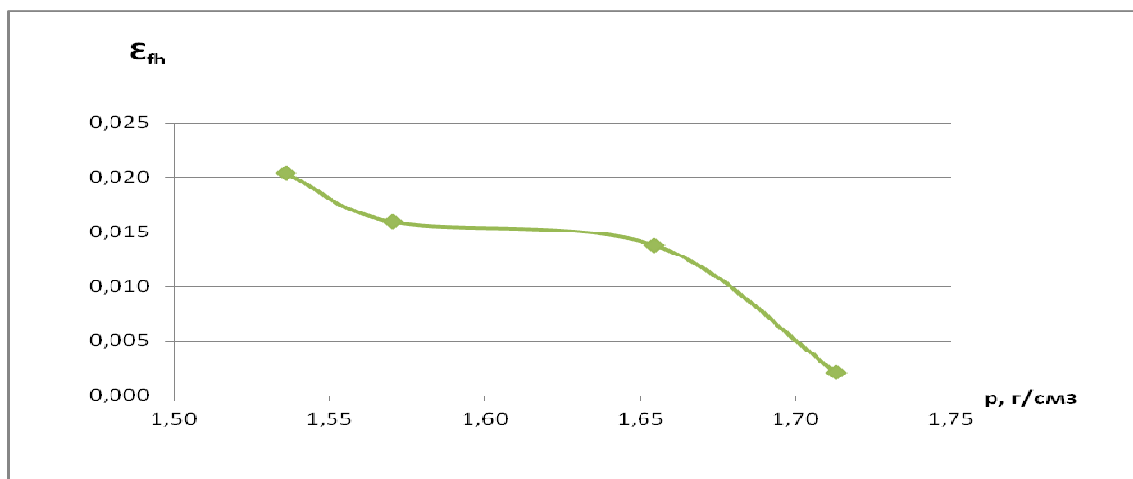


Рис. 6. График зависимости между плотностью и деформацией при концентрации порового раствора соли CaCl_2 - 1,5 %

В. Закономерность изменения деформации морозного пучения в зависимости от различной концентрации порового раствора соли CaCl_2

- При увеличении концентрации порового раствора соли CaCl_2 величина деформации морозного пучения возрастает (рис. 7).
- При увеличении концентрации порового раствора соли CaCl_2 величина деформации морозного пучения уменьшается (рис. 8).

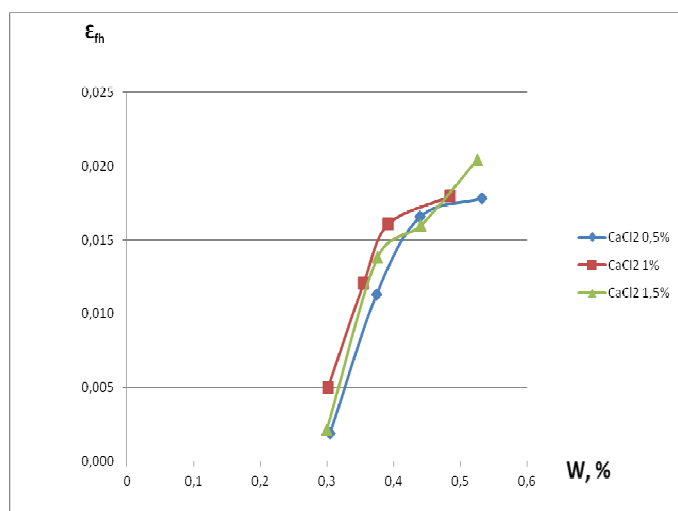


Рис. 7. График зависимости между влажностью и деформацией при различной концентрации порового раствора соли CaCl_2

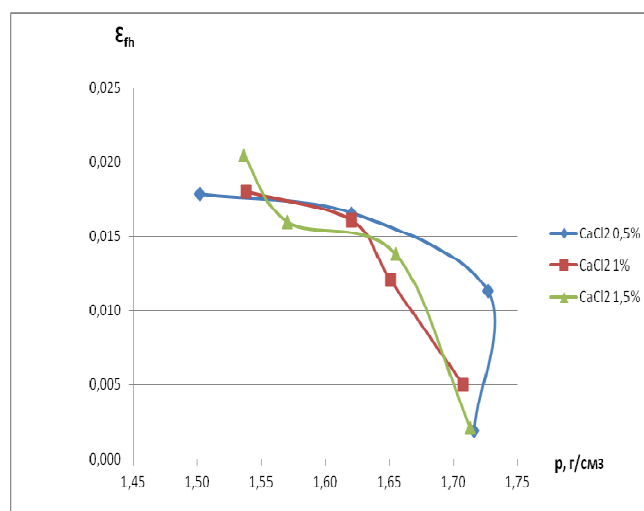


Рис. 8. График зависимости между плотностью и деформацией при различной концентрации порового раствора соли CaCl_2

Результаты лабораторных работ приведены в таблице 3.

Таблица 3

№ образца	W, % (до/после проморозки)		Увеличение образца $\Delta h = h_1 - h_0$, мм	Относительная деформация, $\Delta h/h_0$	Пористость, п, г/см ³	Плотность, р, г/см ³
Каолинит + 0,5% CaCl ₂ (Уплотнение 3 кгс/см ²)						
1	0,301	0,300	0,095	0,002	0,53	1,68
2	0,312	0,304	0,136	0,002	0,52	1,73
3	0,301	0,301	0,122	0,002	0,51	1,73
4	0,397	0,395	0,542	0,009	0,53	1,76
5	0,365	0,365	0,637	0,011	0,55	1,68
6	0,362	0,360	0,881	0,015	0,54	1,73
7	0,425	0,418	0,936	0,015	0,59	1,60
8	0,454	0,443	1,044	0,017	0,60	1,60
9	0,441	0,432	1,058	0,017	0,59	1,61
10	0,53	0,503	1,031	0,017	0,64	1,51
Каолинит + 1% CaCl ₂ (Уплотнение 3 кгс/см ²)						
1	0,296	0,294	0,258	0,004	0,51	1,71
2	0,308	0,305	0,325	0,005	0,52	1,71
3	0,301	0,301	0,339	0,006	0,52	1,70
4	0,376	0,376	0,583	0,013	0,57	1,64
5	0,349	0,347	0,692	0,011	0,55	1,67
6	0,340	0,340	0,705	0,012	0,55	1,65
7	0,405	0,397	0,922	0,015	0,58	1,62
8	0,391	0,390	1,017	0,017	0,57	1,64
9	0,380	0,375	1,003	0,017	0,58	1,60
10	0,517	0,505	1,044	0,017	0,63	1,52
Каолинит + 1,5% CaCl ₂ (Уплотнение 3 кгс/см ²)						
1	0,302	0,301	0,081	0,001	0,51	1,76
2	0,298	0,294	0,190	0,003	0,54	1,64
3	0,300	0,294	0,122	0,002	0,51	1,74
4	0,399	0,389	0,895	0,015	0,57	1,64
5	0,368	0,362	0,814	0,013	0,55	1,69
6	0,362	0,356	0,800	0,013	0,56	1,64
7	0,469	0,445	0,841	0,014	0,61	1,55
8	0,431	0,431	1,058	0,017	0,59	1,59
9	0,422	0,415	1,031	0,017	0,60	1,56
10	0,537	0,516	0,881	0,015	0,63	1,55

Заключение

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

2. В ходе лабораторных исследований была установлена закономерность: при увеличении плотности величина деформации морозного пучения снижается. Это обусловлено тем, что в более плотных образцах выше пористость и меньше содержание гравитационной воды.

3. При анализе полученных данных можно сделать вывод, что при увеличении концентрации порового раствора соли CaCl_2 увеличивается деформация морозного пучения. Это обусловлено тем, что концентрация порового раствора небольшая и за счет осмотической составляющей влаги деформация возрастает [12].

Список литературы

1. Ибламинов Р.Г., Алванян А.К. Региональная минерагения общераспространенных полезных ископаемых зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и Уральской складчатой области (на пр. Пермского края) // Вопросы современной науки и практики/ Ун-т им. В.И. Вернадского. 2009. Вып. 9. с. 152 – 161.
2. Стратиграфический кодекс РФ. Изд. 3–е. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96с.
3. Отчёт по поискам и оценке глинистого сырья для использования в качестве пластифицирующей добавки для производства керамических изделий в Александровском районе. ООО «Генезис». Пермь, 2006. 125с.
4. Бахтияров А.В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. М.: Недра, 1985. 144с.
5. Методика количественного химического анализа. Определение мышьяка, селена, рубидия, стронция, циркония, ниобия, молибдена, иттрия, тория и урана в горных породах, рудах и продуктах их переработки рентгенофлуоресцентным методом. НСАМ Рентгеноспектральные методы № 455-РС. Отраслевая методика III категории точности М.: ВИМС, 2010
6. Определение кобальта, меди, никеля, свинца и цинка в горных породах, рудах и продуктах их переработки рентгенофлуоресцентным методом. НСАМ Рентгеноспектральные методы. Инструкция № 465-РС. Отраслевая методика III категории точности М.: ВИМС, 2010.
7. Подготовка проб и организация выполнения количественного анализа в лабораториях. ОСТ 41-08-249-85, УКАР Общие требования. Мингео СССР, М.: 1985.

8. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флюоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск: ВО Наука. Сиб. Издательская фирма, 1994 г.

9. Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) глинистых минералов (каолинита, гидрослюда, монтморилонита). Методические рекомендации № 139. НСОММИ ВИМС, 1999.

10. Рентгенография основных типов породообразующих минералов, под ред. В.А. Франк - Каменецкого. Л., «Недра», 1983.

11. Экспрессный рентгенографический полуколичественный фазовый анализ глинистых минералов. Методические рекомендации № 68. НСОММИ ВИМС, 1991.

12. Ершов Э. Д. Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах, Издательство Московского университета, 1985, 163с.

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

References

1. Iblaminov R.G., Alvanjan A.K. Regional'naja mineragenija obshherasprostranennyh poleznyh iskopaemyh zony sochlenenija Vostochno-Evropejskoj platformy i Ural'skoj skladchatoj oblasti (na pr. Permskogo kraja) // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki/ Un–t im. V.I. Vernadskogo. 2009. Vyp. 9. s. 152 – 161.

2. Stratigraficheskij kodeks RF. Izd. 3–e. SPb.: Izd–vo VSEGEI, 2006. 96s.

3. Otchjot po poiskam i ocenke glinistogo syr'ja dlja ispol'zovanija v kachestve plastificirujushhej dobavki dlja proizvodstva keramicheskikh izdelij v Aleksandrovskom rajone. ООО «Genezis». Perm', 2006. 125s.

4. Bahtijarov A.V. Rentgenospektral'nyj fljurescentnyj analiz v geologii i geohimii. M.: Nedra, 1985. 144s.

5. Metodika kolichestvennogo himicheskogo analiza. Opredelenie mysh'jaka, selena, rubidija, stroncija, cirkonija, niobija, molibdena, ittrija, torija i urana v gornyh porodah, rudah i produktah ih pererabotki rentgenofluorescentnym metodom. NSAM Rentgenospektral'nye metody № 455-RS. Otraselevaja metodika III kategorii tochnosti M.: VIMS, 2010

6. Opredelenie kopal'ta, medi, nikelja, svinca i cinka v gornyh porodah, rudah i produktah ih pererabotki rentgenofluorescentnym metodom. NSAM Rentgenospektral'nye metody. Instrukcija № 465-RS. Otraselevaja metodika III kategorii tochnosti M.: VIMS, 2010.

7. Podgotovka prob i organizacija vypolnenija kolichestvennogo analiza v laboratorijah. OST 41-08-249-85, UKAR Obshhie trebovanija. Mingeo SSSR, M.: 1985.

8. Revenko A.G. Rentgenospektral'nyj fljurescentnyj analiz prirodnyh materialov. Novosibirsk: VO Nauka. Sib. Izdatel'skaja firma, 1994 g.

9. Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) глинистых минералов (каолинита, гидрослюда, монтморилонита). Методические рекомендации № 139. NSOMMI VIMS, 1999.

10. Рентгенография основных типов породообразующих минералов, под ред. В.А. Франк - Каменецкого. Л., «Недра», 1983.

11. Jekspressnyj rentgenograficheskij polukolichestvennyj fazovyj analiz glinistyh mineralov. Metodicheskie rekomendacii № 68. NSOMMI VIMS, 1991.

12. Ershov Je. D. Deformacii i naprjazhenija v promerzajushhix i ottaivajushhix porodah, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1985, 163s.

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