

ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАНИТНЫХ ПОРОД УКРАИНЫ

*И.М. Неклюдов, Э.П. Шевякова, Е.П. Березняк, В.Л. Уваров, Л.А. Саенко, Е.А. Борц
ННЦ «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Методами ИК-спектроскопии и кристаллооптического анализа изучены структурно-фазовые превращения природных минералов (полевых шпатов, слюд, кварца) из γ -облученных гранитов. Исследованные граниты взяты из месторождений Украины, предполагаемых как места для захоронения РАО. Было установлено, что при дозах γ -облучения от 10^5 до 10^8 Гр ($E = 0,66 \dots 1,5$ МэВ) происходит разупорядочение кристаллической решетки щелочных полевых шпатов, перестройка в октаэдрическом слое ионов ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$) и активная дегидроксиляция цветной слюды, повсеместное развитие системы трещин как вдоль плоскостей спайности, так и в виде сложной системы секущих капилляров (до 0,005 мм). Максимальная радиационная стойкость гранитов связывается с однородно равномерно мелкозернистыми лейкократовыми аплитами, наиболее перспективными для использования в виде сырья при синтезе стеклокерамических матриц для иммобилизации РАО.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием ядерной энергетики возникает необходимость прогнозирования поведения в радиационных полях неорганических материалов различных классов, включая композиции, используемые в качестве матриц при иммобилизации и захоронении радиоактивных отходов на территории Украины [1].

Воздействие радиации на оптические свойства неорганических веществ различных классов возможно моделировать с помощью облучения ускоренными частицами: электронами, протонами, γ -квантами на линейных ускорителях ННЦ ХФТИ [2-4]. В отличие от реакторного облучения, приводящего к разрушению материала, основным типом радиационных дефектов при таком облучении являются ионизация и возбуждение электронной подрешетки [5-7]. Смещение атомов в структуре вещества сопровождается нарушением геометрического расположения ионов в решетке кристаллических соединений и энергетическими изменениями, что приводит к изменению частот колебания силовых связей в электронной подсистеме и проявляется в изменении дырочных и электронных свойств [6-8]. Одновременно изменяется плотность вещества, нарушается стехиометрия соединений с ионами переменной валентности, происходит разупорядочение структуры и новообразования метастабильных, высокотемпе-

ратурных фаз [9-11]. Экспериментальные результаты позволяют сопоставить степень радиационной повреждаемости при облучении электронами и γ -квантами с начальными стадиями нейтронного облучения. Возможно использовать облучение электронами (E до 2...5 МэВ; $D=10^{23}$ эл/м²) и γ -квантами (E до 1,6 МэВ; $D=10^8$ Гр) при моделировании природной радиоактивности (авторадии) и воздействия РАО, размещаемых в природных геологических формациях [12]. Стабильность и устойчивость физико-химических свойств материалов при γ - и электронном облучении приведенных параметров может служить критерием при выборе матричных композиций на природной гранитной основе [13].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методами ИК-спектроскопии (инфракрасный спектрофотометр UR-20) и кристаллооптического анализа (с помощью поляризационного микроскопа ПОЛАМ-211Л) исследованы особенности структурно-фазового преобразования мономинеральных фракций, отобранных из четырех облученных гранитов Украинского кристаллического щита (УКЩ): Коростенского рапакиви, Коростышевского порфиридовидного, красного Днепроовского и розово-серого Янцевского (табл. 1).

Таблица 1

Химические анализы исходных гранитов УКЩ

Оксиды, вес. %	Житомирские граниты		Центр. Часть УКЩ	
	Рапакиви Коростенского месторождения	Порфиридовидный Коростышевского месторождения	Днепроовский (токовский)	Янцевский (Новомосковский)
SiO ₂	66,99...69,84	62,15...68,26	71,83...72,90	74,71...75,08
TiO ₂	0,25...0,36	0,38...0,58	0,13...0,06	0,07
Al ₂ O ₃	12,39...14,48	14,07...17,93	14,10...15,74	12,14...12,93
Fe ₂ O ₃	1,08...1,23	0,03...1,28	0,81...1,67	0,42...1,93
FeO	2,05...5,05	2,44...5,28	0,72...1,92	0,92...1,44
MnO	0,04...0,08	0,03...0,08	~0,03	0,03
MgO	0,17...0,41	1,08...2,61	0,31...1,10	0,36...0,43
CaO	1,25...3,09	1,45...1,54	1,40...3,10	1,26...1,34
Na ₂ O	2,89...3,79	3,17...3,60	2,87...3,87	3,80...3,86
K ₂ O	3,90...5,10	4,17...4,68	4,68...4,79	3,60...3,90
P ₂ O ₅	0,10...0,60	0,12...0,21	0,06...0,07	0,02...0,05
SO ₂	–	0,13	0,02	–
F	–	~1,72	–	–
H ₂ O ⁻	0,60	0,13	0,60	–
Потери при про-	99,84...100,29	99,96...100,58	101,86	99,33...99,66

Основными породообразующими минералами гранитов являются: щелочные полевые шпаты (микроклин и ортоклаз $K(Na)AlSi_3O_8$), кислые плагиоклазы (альбит-олигоклаз $Na(Ca)AlSi_3O_8$), цветная слюда (биотит, флогопит с общей формулой $K(Fe,Mg)_3 Fe_2Si_3AlO_{10} \cdot (OH)_2$) и кварц (SiO_2) (табл. 2).

Таблица 2

Минералогический состав гранитных пород Украины

Минеральная фаза	Северо-западная часть УКЩ		Центральная часть УКЩ	
	гранит-рапакиви	порфириовидный	ярко-розовый с черным кварцем	розово-серый
	Коростень	Коростышев	Днепровский (токовский)	Янцевский (Новомосковский)
Кварц (SiO ₂)	20...32,5	12...33	20...35	до 30
Полевые шпаты: микроклин ортоклаз	50...61,80	31...70	30...50	25...50
Плагиоклазы (альбит, альбит-олигоклаз)	8...33,5	19...47	10	~30
Слюды: цветная слюда (биотит, флогопит) бесцветная слюда (мусковит)	0,5...3,8	2...18	1,0...4	10...11
	1,6...3,5	2...12	~5,0	3...6,0
Амфибол и пироксен	0,3...6,0	до 1,0	1,6	–
Вторичные минералы	0,4...0,6	+	+	+
Акцессорные	0,1...0,6	до 2,0	3,5...5,0	+
Рудные	0,2	+	+	+

Облучение γ -квантами проводили на ускорителях электронов (ЛУ-20 с $E=662$ кэВ; $D=10^5 \dots 1,7 \cdot 10^7$ Гр при комнатной температуре) и на установке «Кут» ($E=1,6$ МэВ; $D = 10^6 \dots 10^8$ Гр).

В результате облучения все образцы гранитов теряют первоначальный блеск на поверхности скола и приобретают буровато-красные оттенки окраски. Повышается хрупкость гранитов при ударе и растрескивании.

Щелочные полевые шпаты (микроклин, ортоклаз) и кислые плагиоклазы (альбит по преобладанию) составляют основную часть гранитных пород – до 50...75 об.%. Оптические константы полевых шпатов приведены в табл. 3 и 4.

В результате γ -облучения калиевые полевые шпаты: микроклин и ортоклаз становятся практически полупрозрачными, на поверхности спайности развиваются пелитоморфные продукты вторичного изменения: волокнисто-чешуйчатый серицит, глинистые минералы, кальцит и др. Снижается величина двойного лучепреломления ($\Delta=0,003 \dots 0,005$) вследствие аморфизации и разупорядочения кристаллической решетки. С увеличением дозы облучения возрастает степень кристалличности новообразованных чешуек серицита и агрегатных скоплений глинистого минерала (с величиной отдельных частиц до 0,001...0,002 мм).

Таблица 3

Оптические константы исходных полевых шпатов

Свойства	а) Микроклины гранитов УКЩ			
	Днепровский	Коростенский	Коростышевский	Янцевский
N_g'	1,523±0,001	1,522±0,003	1,521±0,001	1,527±0,003
N_m		1,515±0,003	1,518±0,001	1,524±0,003
N_p'	1,514±0,001	1,513±0,001	1,514±0,001	1,519±0,003
$\Delta(N_g-N_p)$	0,007	0,009±0,001	0,007	0,008±0,001
z	(±)	(–)	(–)	(–)
\angle	до 20°	~18°	11...17°	до 5°
M	(–)	(–)	(–)	(–)
$2V$	75°	78°	~80°	~80°
б) Ортоклазы гранитов УКЩ				
Свойства	Днепровский	Коростенский	Коростышевский	
N_g'	1,534±0,003	1,535±0,001	1,537±0,001	
N_m	1,532±0,001	1,528±0,001	1,535±0,003	
N_p'	1,527±0,001	1,525±0,001	1,531±0,004	
$\Delta(N_g-N_p)$	0,007±0,001	0,07±0,001	0,006±0,001	
z	(–)	(±)	(–)	
\angle	14...17°	–	14...17°	
M	(–)	(–)	(–)	
$2V$	~75°	–	~75°	

Оптические свойства исходных плагиоклазов из гранитов УКЩ

Свойства	Коростышевский	Янцевский
N_g	1,533±0,001	1,538±0,001
N_m	1,528±0,001	1,532±0,001
N_p	1,526±0,001	1,528±0,001
$\Delta(N_g-N_p)$	0,007	0,009–0,010
Z	(±)	(±)
\angle (\perp в зоне 010)	5...10°	0...3°
M	–	+
2V	–	–

Повышается хрупкость минеральных зерен вследствие развития сложной системы трещин вдоль плоскостей спайности, а при максимальных дозах облучения формируется сложная система секущих капилляров, часто в виде разветвленных и пересекающихся трещинок. Ширина трещин спайности увеличивается до 0,003 мм, а капилляров – до 0,0005 мм.

В облученных образцах Днепровского гранита заметно массовое развитие тонких пленок, тяжелей, сгустков и агрегатов разнообразной формы и величины, составленных новообразованными оксидами и гидроксидами Fe (Fe_2O_3 , FeOOH), Ti, Mn и др., и вытянутых вдоль трещинок спайности полевых шпатов, чешуек слюды и на поверхности вторично измененных зерен. Тонкие пленки окаймляют и зерна кварца.

Облучение полевых шпатов (микроклина) ведет к изменению вида ИК-спектров поглощения (рис. 1).

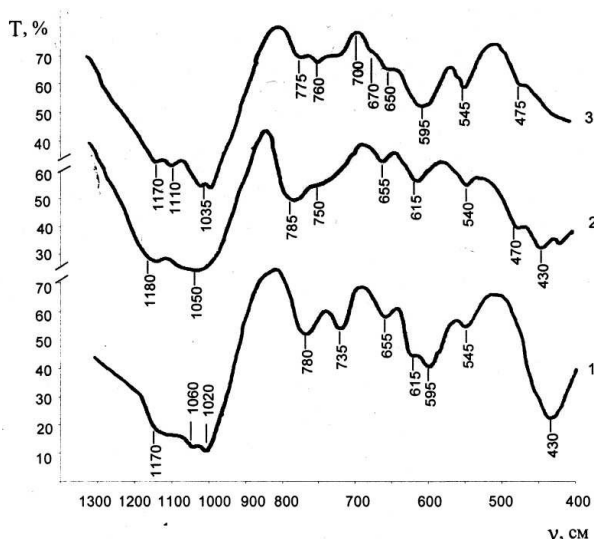


Рис. 1. ИК-спектры поглощения полевых шпатов гранитоидов:

кр. 1 – исходный полевой шпат; кр. 2 – после облучения γ -квантами, $E \approx 662$ кэВ, $D \approx 1,7 \cdot 10^7$ Гр; кр. 3 – после облучения γ -квантами, $E \approx 1,6$ МэВ, $D \approx 10^7$ Гр

Основная полоса валентных колебаний Si-O ($1080...1160$ cm^{-1}) преобразуется с появлением вместо тройного максимума (1030 , 1110 , 1160 cm^{-1}) широкой полосы с максимумом 1150 cm^{-1} и плато 1050 cm^{-1} . Происходит уменьшение интенсивности всех основных максимумов полос, особенно в обла-

сти $730...780$ cm^{-1} , связанных с колебанием связи Si-O-Al и Si-O-Si. Вместо четкого дублета образуется полоса 785 cm^{-1} с неясно выраженным плечом 750 cm^{-1} , что свидетельствует об особой чувствительности к радиационному разупорядочению сложной каркасной структуры полевых шпатов. Это отражается на величине их «Θ»-ИК-упорядочения [8, 9].

В области колебания гидроксильных групп OH_n после γ -облучения появляются полосы адсорбированной воды 1660 , 3440 , 3530 и 3730 cm^{-1} средней интенсивности.

Полевые шпаты из Днепровского гранита изменяются слабее, что, скорее всего, связано с преобладанием в их исходном составе менее упорядоченного моноклинного ортоклаза.

В образцах Янцевского гранита, облученного при большей энергии γ -квантов ($E = 1,5$ МэВ; D до 10^8 Гр) в ИК-спектрах полевых шпатов происходят следующие изменения: полосы 545 , 610 , 655 и 1035 cm^{-1} приобретают размытые диффузные контуры, часть из них теряет интенсивность с переходом в слабо выраженные плато. В области $1160...1030$ cm^{-1} полоса становится корытообразной с неопределенным максимумом.

В спектре облученного микроклина прослеживается перераспределение отдельных максимумов: дублет $595...610$ cm^{-1} преобразуется в единый максимум 595 cm^{-1} , что делает его ближе к спектру моноклинной фазы – высокотемпературному ортоклазу. Это подтверждается развитием серии мелких максимумов: 545 , 560 , 650 , $760...775$ cm^{-1} , свойственных ортоклазу.

В литературе [14] имеются данные о расширении и диффузности полос поглощения, связанных с неупорядоченностью Al и Si в тетраэдрических позициях структуры полевых шпатов. Это четко отражается на интенсивности двойного максимума $730...770$ cm^{-1} и служит свидетельством присутствия альбитовой (Na) составляющей в составе полевого шпата [15].

Цветные слюдястые минералы гранитов в основном биотит (и флогопит) испытывают наиболее резкие изменения оптических свойств в результате γ -облучения. Их содержание не превышает $5...12$ об. % гранита, а состав заметно варьирует, что свидетельствует о широком изоморфизме катионов Fe, Mg и др. Особенностью структуры слюд является присутствие слоев кремнекислородных анионов диоктаэдрического строения, между которыми, как и катионы (Na, K и др.), расположена межслоевая группа OH_n . Наиболее железистые разновидности биотита представлены в Коростышевском порфи-

видном граните. Оптические свойства исходных биотитов приведены в табл. 5. В результате γ -облучения чешуйки слюды становятся более темными, приобретают ярко-розовые и коричневатокрасные тона окраски в результате новообразования оксидов железа (гематита Fe_2O_3), гидроксида $FeOOH$ (менонита) TiO_2 (рутила), MnO и др., представленных в виде точечных включений (до $0,005...0,012$ мм), местами собранных в агрегаты (до

$0,055$ мм) и буквально переполняющих слюду. Аналогичные явления отмечались ранее и при электронном облучении слюд [3, 16]. С увеличением поглощенной дозы (до $10^7...10^8$ Гр) нарастают признаки трансформации в октаэдрическом слое слюды, с переходом части ионов $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ при активном вхождении в решетку гидроксильных групп, с появлением максимумов 1580 и 3500 cm^{-1} .

Таблица 5

Оптические свойства исходных биотитов гранитных пород УКЩ

Оптические свойства	Днепровский	Коростышевский	Янцевский
$N_g \approx N_m$	$1,646 \pm 0,005$	$1,670 \pm 0,003$	$1,669 \pm 0,003$
N_p'	$1,588 \pm 0,005$	$1,630 \pm 0,005$	$\sim 1,613 \pm 0,003$
$\Delta (N_g - N_p)$	$0,58 \pm 0,001$	$0,040 \pm 0,001$	$0,056 \pm 0,001$
z	(+)	(+)	(+)
M	(-)	(-)	(-)
$2V$	мал	$0...5^\circ$	до 8°

Погасание прямое; $N_g > N_m > N_p$ – схема плеохроизма

Отмечается увеличение значений показателя преломления ($\Delta N_{sp} \approx 0,045 \pm 0,005$). В отдельных чешуйках при максимальной дозе появляются новообразования пакетов глинистой фазы – вермикулита ($N_m = 1,575 \pm 0,003$), что отмечалось и при облучении нейтронами [16]. На поверхности чешуек развиваются фигуры «травления» в виде петель, зональных и радиально-лучистых.

В ИК-спектрах облученной цветной слюды (в частности гидробиотита из Янцевского гранита) появляется ряд новых максимумов, вызванных разрушением кристаллической решетки исходной слюды в результате потери межслоевой воды с переходом в слабо окристаллизованную глинистую массу вермикулитового состава. Об этом свидетельствует появление максимумов в области $430...515$, $980...1060$, 1580 , 1670 , 3420 , 3655 , 3680 , 3720 и 3790 cm^{-1} (рис. 2).

Снижение пропускания (на 10 %), вероятно, вызвано тонкодисперсным строением новообразованных фаз и присутствием многочисленных непрозрачных (рудных) включений оксидов и гидрооксидов Fe , Ti , Mn с максимумами в области 470 , 565 , 585 , 680 и 730 cm^{-1} .

Изменения в облученной цветной слюде происходят, скорее всего, как и в [16], в результате замещений в тетраэдрических позициях Fe и интенсивного выноса ионов K .

Менее подвижные Fe , Ti и др. кристаллизуются на месте в виде точечных включений оксидных и гидроксидных фаз, возникающих в результате присутствия примесных катионов и интенсивной дегидроксиляции в условиях облучения. Кварц (SiO_2) является наиболее устойчивым компонентом гранитов, сохраняющим внешний вид и оптические константы.

При высоких дозах γ -облучения появляются зерна кварца дымчатой окраски (Al-центры) и проявляется декорирование мелких точечных включений непрозрачной примеси, газовой-жидких пузырьков (до $0,001...0,005$ мм), нередко вытянутых в виде ориентированных прерывистых цепочек. В единичных зернах проявляется аморфизация.

В ИК-спектре поглощения облученного кварца вплоть до максимальных доз ($10^6...10^8$ Гр) сохраня-

ются все основные максимумы полос поглощения кристаллического кварца: 465 , 520 , 590 , 700 , $790...810$ (дублет) cm^{-1} . Однако интенсивность отдельных максимумов ($420...520$, $790...810$ cm^{-1}) испытывает с дозой небольшое понижение (на $10...15$ %).

Сравнительный анализ полученных данных с результатами облучения высокоэнергетичными электронами ($E = 5...10$ МэВ; $D = 1,14 \cdot 10^{23}$ эл/м²) [2-4] и тепловыми нейтронами (до $D = 10^{24}$ нейтр./м²) [9-11, 16] дает основание рассматривать облучение γ -квантами как начальную стадию превращения природных минералов, сравнимого с воздействием высоких температур ($>400^\circ C$) [17]. Это может служить оценочным критерием радиационной стойкости отдельных минеральных видов.

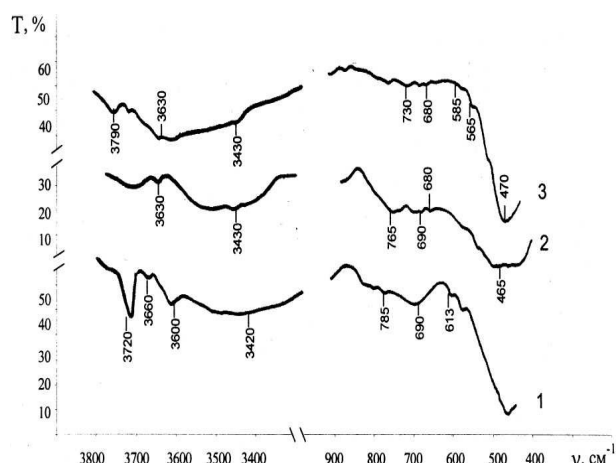


Рис. 2. ИК-спектры поглощения цветной слюды: кр. 1 – исходная слюда; кр. 2 – после облучения γ -квантами, $E \approx 1,6$ МэВ, $D \approx 1,7 \cdot 10^6$ Гр; кр. 3 – после облучения γ -квантами, $E \approx 1,6$ МэВ, $D \approx 10^7$ Гр

Приведенные исследования позволяют представить последовательность процессов радиационно-стимулированного преобразования минеральных фаз в γ -облученных гранитных породах как развитие нарастающих с дозой явлений:

- 1) разупорядочения кристаллической решетки полевых шпатов (сначала в ближнем, а затем и в дальнем порядке) и с переходом в менее упорядоченные высокотемпературные фазы;
- 2) нарушения стехиометрии отдельных оксидных примесей в слоистых слюдястых минералах с формированием массовых точечных и пленочных новообразований оксидов и гидроксидов Fe, Mn, Ti и др.;
- 3) диффузионного массопереноса вновь сформированных оксидных фаз вдоль границ раздела: по плоскостям спайности, по контактам отдельных минеральных видов с выделением на их поверхности пленок и сгустков продуктов опацификации (по слюде) и вермикулитизации (по полевым шпатам);
- 4) перестройки протонной подсистемы в силикатах, содержащих межслоевую воду и группы OH-н, что способствует разрушению решетки слюдястых минералов с выходом межслоевой воды и появлению адсорбированной влаги.

Сравнительная оценка радиационной стойкости изученных гранитных пород различных месторождений Украины при γ -облучении дает основание считать, что более устойчивыми в условиях иммобилизации РАО и долговременного захоронения в геологических формациях близкого генетического типа будут наиболее равномерно-зернистые лейкократовые аплитоидные разновидности гранитов с однородной текстурой с минимальным содержанием темноцветных минералов.

Высоко оцениваются и синтетические композиции на основе гранитных пород с меньшим числом непосредственных контактов между зернами, что обеспечит разнонаправленный характер радиационного дефектообразования каждого компонента системы: матрица с РАО – вмещающая горная порода – окружающая среда и будут способствовать оптимальным условиям безопасного захоронения РАО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.П. Дикий, С.Ю. Саенко, В.Л. Уваров, Э.П. Шевякова. Применение ядерно-физических методов для изучения транспорта радионуклидов в гранитных породах // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Ядерно-физические исследования»*(36). 2000, №2, с. 54–57.
2. Е.В. Лифшиц, Э.П. Шевякова, Р.Ф. Поляшенко. Влияние радиационного воздействия на оптические свойства ряда неорганических материалов // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»*. 1979, в. 3(11), с. 71–76.
3. Э.П. Шевякова, Е.В. Лифшиц, Р.Ф. Поляшенко. О радиационной стойкости природных минералов различных структурных типов // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»*. 1989, в. 3(50), с. 81–85.

4. Э.П. Шевякова, Е.В. Лифшиц, Е.П. Березняк. Влияние электронного облучения на структурно-фазовые изменения слоистых силикатов // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»*. 1994, в. 1(61), с. 70–73.

5. Д.Х. Кроуфорд, М.С. Уителлс. Обзор исследований влияния облучения на ковалентные и ионные кристаллы // *Труды Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева*. 1958, М.: «Госхимиздат», т.7, с. 430–535.

6. Н.С. Костюков, Э.И. Медведовская, Г.А. Найдёнова. Исследование действия излучений на природные силикаты и некоторые керамические материалы // *Экспериментальные исследования минералообразования в сухих окисных системах*. М.: «Наука», 1972, с. 181–186.

7. Г.И. Икрамов, Г.Т. Петровский. *Радиационно-оптические эффекты в кислородсодержащих кристаллах и стёклах*. Изд. ФАЕ Узбекской ССР, 1985, 275 с.

8. Н.С. Костюков, Ф.Я. Харитонов, Н.П. Антонова. *Радиационная и коррозионная стойкость электрокерамики*. М.: «Атомиздат», 1973, 224 с.

9. Г.К. Кривоконева, Г.А. Сидоренко. Влияние радиоактивного облучения на некоторые порообразующие минералы // *Радиоактивные элементы в горных породах*. Т. 2. Новосибирск, 1972.

10. В.В. Дубровский. Влияние облучения на минералы-силикаты // *Материалы и конструкции защит ядерных установок*. М., 1974, с. 113–120.

11. В.В. Дубровский. Влияние облучения на свойства горных пород // Там же. М., 1977, с. 99–109.

12. П.И. Иванов. Радиоактивные отходы. Переработка и захоронение // *Атомная техника за рубежом*. 1992, №9, с. 17–19.

13. Н.П. Дикий, С.Ю. Саенко, В.Л. Уваров, Э.П. Шевякова. Изучение влияния имитационного γ -облучения на миграцию радионуклидов в гранитных матрицах // *Вопросы атомной науки и техники. Серия: «Ядерно-физические исследования»* (36). 2000, №2.

14. Г.К. Кривоконева. Структурные изменения полевых шпатов под влиянием радиации // *Кристаллохимия и структурные особенности минералов*. Л.: «Наука», 1976, с. 75–80.

15. Е.Н. Панов, Л.Г. Фёдорова. Изучение степени упорядочения калинатовых полевых шпатов гранитоидов с помощью инфракрасной спектроскопии // *Записки Всесоюзного Минералогического общества*. 1966, сер. 2, т. 95, в. 6, с. 739–743.

16. В.П. Иваницкий, А.М. Калининченко, И.В. Матяш и др. Влияние упорядоченности октаэдрических катионов на радиационные структурно-химические изменения биотита // *ДАН УССР*. 1977, сер. Б, №7, с. 593–595.

17. В.Ф. Зеленский, И.М. Неклюдов, Э.П. Шевякова и др. Влияние электронного облучения на структуру и фазовый состав неорганических соединений различных классов // *ДНАН Украины*. 1995, №1, с. 70–73.

ВПЛИВ ОПРОМІНЕННЯ НА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІНЕРАЛІВ ГРАНІТНИХ ПОРІД УКРАЇНИ

І.М. Неклюдов, Е.П. Шев'якова, О.П. Березняк, В.Л. Уваров, Л.О. Саенко, О.А. Борц

Метами ІЧ-спектроскопії та кристалооптичного аналізу вивчені структурно-фазові перетворення природних мінералів (польових шпатів, слюд, кварцу) із γ -опромінення гранітів. Досліджені граніти здобуті з деяких родовищ України, що пропонуються як місця для поховання радіоактивних відходів (РАВ). Встановлено, що при дозах γ -опромінення від 10^5 до 10^8 Гр ($E = 0,66...1,5$ МеВ, температура біля 20 °С) зростає розпорядкування кристалічної ґратки лужних польових шпатів, перебудова у октаедрічному шарі іонів ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$) та активна дегідроксилація кольорової слюди, поширений розвиток

системи тріщин як уздовж площин спайності, так у вигляді складної системи січних капілярів (до 0,005 мм). Максимальну радіаційну стійкість гранітів зв'язується однорідно рівномірно-дрібнозерністими лейкократовими аплітами, найбільш перспективними для використання у вигляді сировини при синтезі скло-керамічних матриць для іммобілізації РАВ.

EFFECT OF IRRADIATION ON OPTIC PROPERTIES OF MINERALS FROM UKRAINIAN GRANITES

I.M. Neklyudov, E.P. Shevyakova, E.P. Bereznyak, V.L. Uvarov, L.A. Sayenko, E.A. Borts

The structure-phase transformation of minerals (feldspar, mica, quartz) from γ -irradiated granites are investigated by methods of infra-red spectroscopy and crystal-optic analysis. Investigated granites are used from the Ukrainian deposits proposed as a place for radioactive waste disposal. It was established, that at a dose of γ -irradiation from 10^5 up to 10^8 Gy ($E=0,66...1,5$ MeV) there is augmentative disordering in crystal lattice of alkaline feldspars, transformation in the octahedral layer of ions ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$) and active dehydration in color mica, universal development of crack system both along planes of cleavage and as complex system of secant capillaries (up to 0,005 mm). The maximal radiation stability of granites associates with homogeneously-equigranular leucocratic aplitoides which are most perspective for use as raw material for synthesis of glass-ceramic matrices for radioactive waste immobilization.