

**И.М. НЕКЛЮДОВ, Б.В. БОРЦ, А.Н. ДОВБНЯ, Е.П. БЕРЕЗНЯК, Л.А. САЕНКО, П.Н. БЕЗДВЕРНЫЙ**

*ННЦ «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ГРАНИТОИДНЫХ ПОРОД УКРАИНЫ**

*Изучена структура и фазовый состав пяти разновидностей гранитоидных пород Днепровско-Донецкой впадины (ДДв). Получены данные об их микроструктуре и структурно-фазовых особенностях. С целью прогнозирования радиационной стойкости гранитоидных пород в условиях захоронения радиоактивных отходов (РАО) разработана схема проведения ускоренных лабораторных испытаний по их облучению электронами. Выполнены расчеты распределения в исследуемых образцах поглощенной дозы и длин свободного пробега электронов по глубине. Проведены имитационные эксперименты по облучению гранитоидов ускоренными электронами. Установлено, что микроструктура и плотность гранитоидов всех изученных разновидностей после облучения до дозы  $10^8$  Гр существенно не меняются, при этом образцы сохранили свою целостность. Проведенные исследования позволяют сделать предварительный прогноз о том, что гранитоиды являются устойчивыми к радиационному воздействию породами. Полученные данные могут быть использованы при комплексной оценке потенциальной геологической среды для захоронения РАО.*

### **Введение**

Одним из способов решения проблемы безопасного обращения с РАО является захоронение их в глубинные геологические формации. Концепция захоронения РАО в геологических формациях основана на обеспечении безопасности искусственных минералого-геохимических барьеров, которые включают в себя инженерные элементы и природные барьеры (геологические формации) [1,2]. Инженерные барьеры со временем неизбежно утрачивают свои защитные свойства, и единственным препятствием для распространения радионуклидов в окружающую среду будут являться кристаллические горные породы, способные обеспечить радиационную безопасность на неограниченный срок. В странах, развивающих ядерную энергетику, в качестве природных геохимических барьеров, препятствующих распространению радионуклидов, рассматриваются те геологические структуры, которые имеются в достаточном количестве и соответствуют требованиям, предъявляемым для таких горных пород. В Украине наиболее перспективными являются три типа формаций: Украинский кристаллический щит (УКЩ), Днепровско-Донецкая впадина и Северо-Западный Донбасс. В границах этих структур рассматриваются три варианта размещения хранилища: в зоне отчуждения ЧАЭС, в Народичском районе Житомирской области и в Днепропетровской области [3]. Поскольку глубина хранилища шахтного типа должна быть не менее 1000 м, геологической формацией для такого хранилища будут породы докембрийского фундамента. Из них наиболее распространенными в указанных геологических формациях являются гранитоидные породы.

Стабильность геологической среды будет определяться, главным образом, ее радиационной стойкостью и величиной поглощенной дозы ионизирующего излучения со стороны размещенных в ней РАО. В связи с этим, решение проблемы размещения РАО в природных гранитоидных массивах Украины требует поиска критериев для оценки их радиационной стойкости в зависимости от минерального состава и структуры породы. Установлено, что предельная доза внешнего облучения со стороны РАО, которая может быть набрана геологической средой на протяжении 1000 лет, составляет  $\sim 3 \cdot 10^5$  рад [4]. В

данной работе для прогнозирования радиационной стойкости природных горных пород в условиях захоронения РАО разработана схема проведения ускоренных лабораторных испытаний по облучению гранитоидов высокоэнергетичными электронами. Выполнены расчеты распределения поглощенной дозы и длин свободного пробега электронов по глубине в исследуемых горных породах и изучены фазово-структурные изменения при облучении пяти разновидностей гранитоидов. В проведенных экспериментах по облучению гранитоидных пород энергии электронов превышали реальные с целью ускоренного набора материалом требуемой поглощенной дозы.

#### Объекты исследования

Объектом исследования послужили гранитоидные породы кристаллического фундамента, вскрытые в пределах бортовых частей Днепровско-Донецкой впадины на глубине от 840 – 900 до 3420 м., близкие по составу и генезису гранитам Украинского кристаллического щита. Исследованные материалы представлены пятью разновидностями: нормальные граниты, плагиограниты, гранодиориты, кварцевые сиениты и кварцевые диориты. Химический и минералогический составы изученных гранитоидов приведены в табл. 1 и 2.

**Таблица 1.** Средний химический состав гранитоидных пород кристаллического фундамента ДДв [5,6]

Окислы	Содержание, весовые %										
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Граниты нормальные	73,88	0,36	13,84	0,56	0,72	0,01	0,56	2,84	2,90	4,85	1,56
Плагиограниты	65,53	0,49	17,19	0,95	2,69	0,08	2,42	4,13	3,65	2,48	1,88
Гранодиориты	65,39	1,57	16,30	0,70	3,81	0,07	2,15	2,53	3,74	2,51	1,41
Кварцевые диориты	60,46	1,00	17,08	0,97	4,45	0,07	2,57	5,42	4,11	2,33	0,37
Кварцевые сиениты	66,72	0,80	13,98	0,16	3,49	0,06	2,60	3,88	6,89	3,05	1,38

Гранитоидные породы состоят из полевого шпата, кварца, роговой обманки, биотита и ильменита (табл. 2). Нередко темноцветные минералы частично или полностью замещаются вторичными минералами: карбонатом, хлоритом, магнетитом, гематитом, вторичной роговой обманкой, гидробиотитом, эпидотом. Эти породы крупнозернистые, порфиоровидные, с крупными вкрапленниками (до 3 – 5 см) полевого шпата, чаще розового микроклина, в окружении массы биотита [7].

**Таблица 2.** Средний минеральный состав гранитоидных пород кристаллического фундамента ДДв [6, 8]

Минеральные фазы гранитных пород	Содержание, весовые %				
	Нормальные граниты	Плагиограниты	Гранодиориты	Кварцевые диориты	Кварцевые сиениты
Кварц	30,78	21,00	27,50	8,75	14,20
Ортоклаз и микроклин	48,80	29,90	24,27	10,27	22,12
Плагиоклазы	18,20	40,70	30,04	44,45	54,20

Биотит	2,45	6,00	10,87	5,20	5,20
Мусковит	+	3,12		-	12,95
Амфиболы	+	4,17		25,75	3,55
Пироксены	-				
Вторичные (хлорит, серицит, каолинит, кальцит)	+	6,0	+	+	1,40
Акцессорные (циркон, гранат, апатит, рутил, монацит)	0,85	0,15	0,30	6,70	4,35
Рудные (магнетит, пирит, титанит)	1,05	0,50	0,05	1,0	1,0

Цвет гранитоидных пород изменяется от светло-розового и серого до ярко-красного и темно-серого. Их плотность колеблется от 2,46 – 2,50 до 2,82 г/см<sup>3</sup>, при средних значениях общей пористости от 1,9 – 2,0 до 3,8 % [9, 10].

#### **Методы обработки и исследования материалов**

Облучение проводилось на линейном ускорителе электронов КУТ-1 при следующих параметрах: энергия электронов  $E \approx 7$  МэВ, средний ток пучка  $I = 500$  мкА, температура облучаемых образцов  $T_{\text{обл}} \approx 40^\circ\text{C}$ , поглощенная доза  $D_{\text{погл}} = 10^7 - 10^8$  Гр при флюэнсе электронов  $\Phi = 3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{17}$  см<sup>-2</sup>. Облучение гранитных образцов толщиной 0,2 – 0,4 мм производилось в охлаждающей водной среде в герметичных медных контейнерах (толщина медной фольги 0,5 мм). Для определения оптимальных толщин образцов для облучения и защитного контейнера в программном пакете PENELOPE методом Монте-Карло был произведен расчет свободного пробега электронов с энергией 7 МэВ в граните и меди и распределение поглощенной дозы при облучении композитного образца медь - гранитоид.

Исходные образцы подверглись детальному минералого-петрографическому анализу с использованием прозрачных шлифов толщиной ~0,003 мм и химическому силикатному анализу с целью установления их структурно-фазовых особенностей и отличий в химических составах. Микрофотографии исходных гранитоидов в прозрачных шлифах получены на микроскопе МИН-9 в проходящем свете. Кристаллооптические измерения проводились на поляризационных микроскопах МИН-8, ПОЛАМ-211Л. Структура поверхности исходных и облученных электронами гранитоидов исследовалась в отраженном свете с помощью металлографического микроскопа OLYMPUS GX-51.

Измерения плотности исследуемых гранитоидных пород проведены пикнометрическим методом с использованием весов ВЛР-20.

#### **Экспериментальные результаты и их обсуждение**

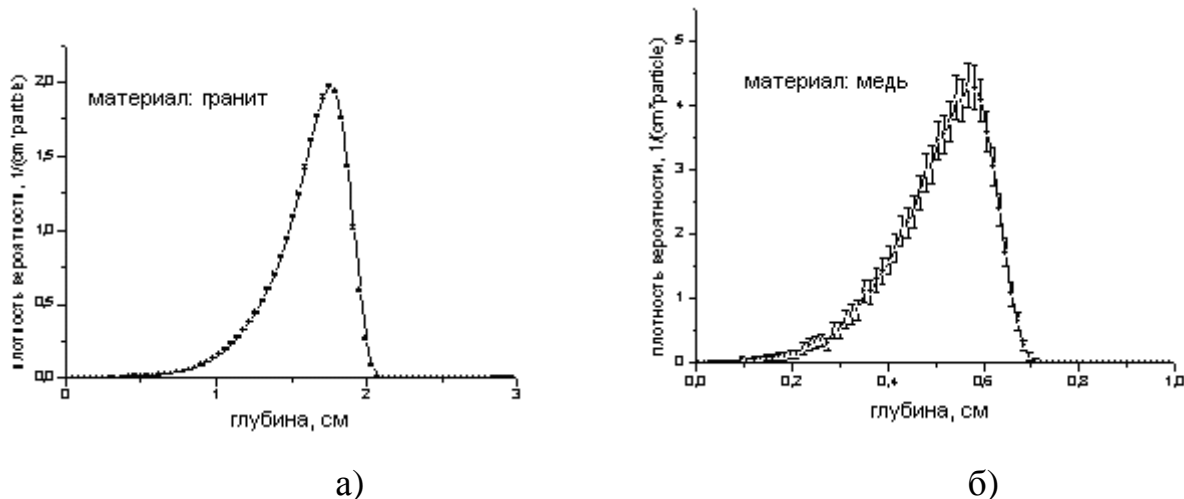
##### **1. Расчет параметров облучения**

На рис. 1 приведены расчетные кривые глубины свободного пробега электронов с энергией 7 МэВ в граните (а) и меди (б). Для расчетов использовались усредненные данные: плотность гранита – 2,55 г/см<sup>3</sup>; средний химический состав гранита (% вес.): Si = 32,94; Al = 7,69; Ti = 0,06; Fe<sup>3+</sup> = 0,92; Fe<sup>2+</sup> = 1,51; Mn = 0,024; Na = 2,40; K = 3,82; P = 0,02; H = 0,10; O = 48,66.

Как видно из рис. 1 (а), электроны беспрепятственно проходят через гранитный образец толщиной 0,5 см, после чего начинается их торможение, максимум которого

находится на глубине  $\sim 1,5$  см. Поэтому оптимальная толщина гранитоидных образцов для облучения не должна превышать 0,5 см.

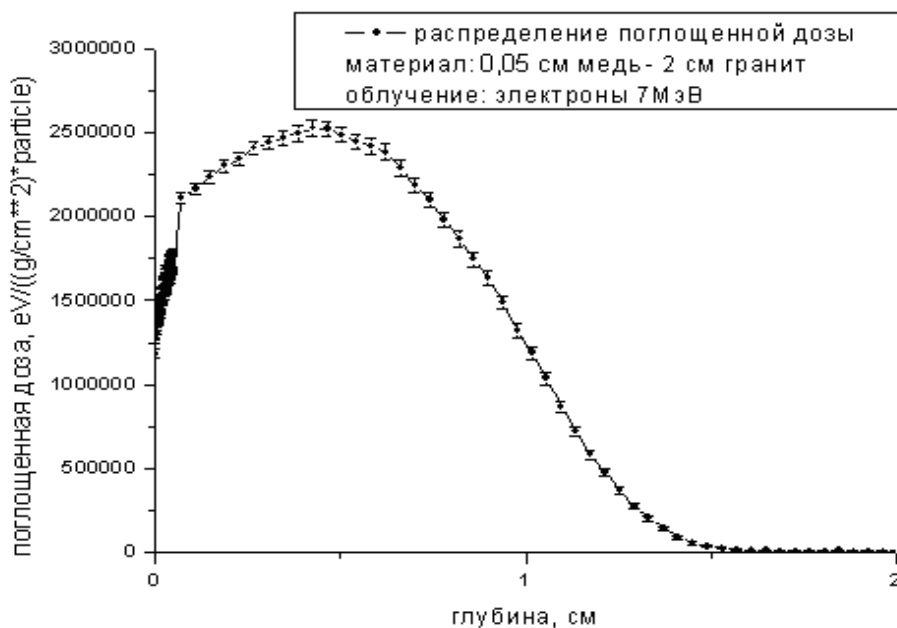
На рис. 1 (б) показано, что максимальная длина свободного пробега электронов через слой меди составляет 0,6 см. Для изготовления контейнеров использовалась медная фольга толщиной 0,5 мм, которая прозрачна для электронов с энергией 7 МэВ.



**Рис. 1.** Распределение длин свободного пробега электронов с энергией 7 МэВ в граните (а) и меди (б)

Поскольку для дальнейших исследований необходимо было создать равномерное повреждение всего объема облучаемого материала, было рассчитано распределение поглощенной дозы по глубине образцов гранитоидов с учетом слоя медного контейнера.

На рис. 2 показано, что максимум поглощенной дозы в композите медь-гранит соответствует глубине  $\sim 0,5$  см при энергии электронов  $\sim 7$  МэВ, после чего ее величина постепенно уменьшается с увеличением глубины.



**Рис. 2.** Распределение поглощенной дозы по глубине в композите: медь-гранит, где толщина меди 0,05 см, а гранита – 2 см

На основании проведенных расчетов было определено, что толщина образцов гранитоидов для электронного облучения не должна превышать 0,4 – 0,5 см.

## **2. Структурно-фазовые особенности исследуемых гранитоидов**

**Гранодиориты** широко распространены и представлены на всех участках вскрытия пород ДДв [7, 11]. Микроструктура гранодиоритов характеризуется высоким идиоморфизмом плагиоклазов и темноцветных минералов при относительном ксеноморфизме кварца. Гранодиорит в целом имеет светло-серую и серую окраску с темно-зелеными оттенками.

Среди главных минералов преобладают плагиоклазы (от 40 до 56 объемных %) в виде относительно идиоморфных зерен величиной от 0,5 – 0,9 до 2,3 мм с характерным полисинтетическим двойникованием, заметно измененных под действием вторичных процессов серицитизации вдоль плоскостей спайности, местами полностью закрывающих первичные зерна (рис. 3, а). Содержание кварца не превышает 27 %. Кварц присутствует в виде ксеноморфных зерен размерами от 0,3 – 0,5 до 2,5 мм с участками волнистого и мозаичного погасания. Калиевые полевые шпаты (от 7,9 до 19,2 %) находятся в виде идиоморфных таблитчатых зерен микроклина (размерами 0,4 – 2 мм) с характерным решетчатым двойникованием и пертитовых вростков мелких зерен альбита. Отчетливо проявляются продукты пелитизации (серицит, гидрослюда) и карбонатизации, особенно вдоль трещин спайности.

Темноцветными компонентами породы выступают цветная слюда (биотит) и зеленая роговая обманка. Чешуйки зеленого биотита (до 4,3 %) имеют величину до 1 мм, заметно изменены, замещены агрегатами серицит-хлоритового состава в сочетании с эпидотом и титанистыми новообразованиями. Обыкновенная роговая обманка (около 27%) имеет вид призматических зерен величиной до 0,8 – 1,2 мм с оптическим плеохроизмом в голубоватых (по  $N_g$ ), зеленых (по  $N_m$ ) и желто-зеленых (по  $N_p$ ) тонах. Зерна роговой обманки замещаются вторичными минералами: актинолитом, хлоритом, эпидотом. Акцессорные минералы представлены сфеном, цирконом, магнетитом.

**Нормальные граниты** являются наиболее распространенными разновидностями гранитоидных пород фундамента ДДв. Они представлены в разрезах фундамента на Городищенской и Шевченковской площадях, в Сумском угольном профиле (СУП) и др.[7, 12].

Микроструктура нормального гранита гипидиоморфнозернистая (рис. 3, б). В составе преобладают калиевые полевые шпаты (от 30 до 57 %), которые представлены микроклином и ортоклазом с размерами зерен от 2,4 до 3,0 мм. Плагиоклаз (от 29 до 35 %) представлен олигоклазом с размерами зерен от 0,80 до 1,5 мм. Третьим пороодообразующим компонентом нормальных гранитов является кварц (от 16 до 35 %) с размерами зерен от 0,1 до 1,8 мм с волнистым погасанием. Кварц содержит многочисленные микроскопические включения с газовыми пузырьками, а также мельчайшие включения минеральных зерен рутила, турмалина и апатита. Темноцветные минералы (до 3%) представлены биотитом.

Акцессорные минералы представлены обычно апатитом, цирконом, магнетитом, титанитом и реже монацитом, ксенотимом, рутилом.

**Плагиограниты** образуют ассоциации с гранитами, гранодиоритами и сиенитами в различных частях ДДв: на Варваровской, Ольховской, Городищенской, Левенцовской площадях, в Сумском угольном профиле и профиле Шевченко – Близнецы [7]. Они представляют собой среднезернистые серовато-зеленые породы с порфиридовидными выделениями калиевых полевых шпатов, плагиоклазов и участков, обогащенных темноцветными минералами (рис. 3, в).

Кислые плагиоклазы альбит-олигоклазового состава (от 28 до 38 %) имеют таблитчатую форму (размеры от 0,20 до 1 мм), характерное полисинтетическое двойникование и отличаются высокой степенью замещения продуктами серицитизации и гидрослюдизации. Калиевые полевые шпаты (от 15 до 30 %) имеют относительно идиоморфные очертания (размеры от 0,3 до 2 мм) и заметно изменены за счет процессов

замещения гидрослюдистой и пелитоморфной массой в сочетании с зернами хлорита и карбоната, особенно вдоль трещин пинакоидальной спайности.

Содержание кварца не более 14 % (размер зерен от 0,2 до 1 мм). Темноцветными компонентами породы являются биотит (до 10 %) и роговая обманка (~ 10 – 15 %). Величина зерен колеблется от 0,08 до 2,2 мм. Оба компонента отличаются интенсивным плеохроизмом. Роговая обманка плеохроирует в темно-зеленых ( $N_g$ ), светло-зеленых ( $N_m$ ) и светлых желтовато-зеленых тонах ( $N_p$ ). Биотит плеохроирует в темно-коричневато-зеленых ( $N_g$ ), зеленовато-коричневых ( $N_m$ ) и светлых зеленовато-желтых тонах ( $N_p$ ).

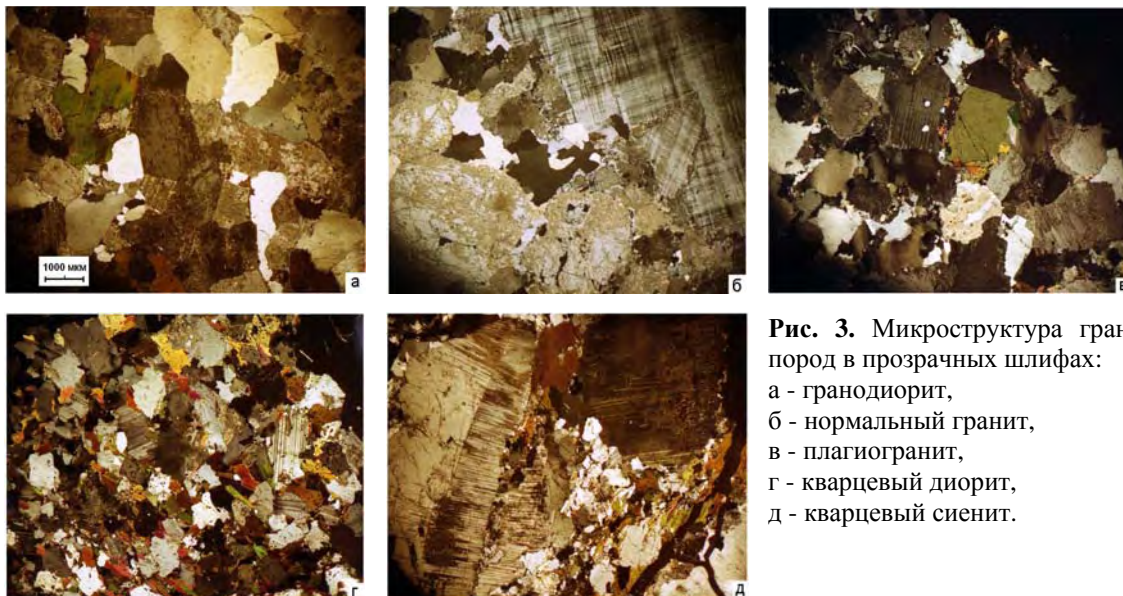
Вдоль плоскостей спайности развиваются агрегаты вторичных минералов – гидрослюды, хлорита и эпидота. Общее содержание вторичных минералов составляет не более 16 %.

**Кварцевые диориты** не имеют широкого распространения и встречаются в разрезах отдельных площадей северного борта ДДв, на южном склоне Воронежского кристаллического массива (Варваровская, Городищенская и Ольховская площади) [7, 11].

Кварцевые диориты представляют собой полнокристаллическую породу темно-серого цвета с отчетливой ориентировкой темноцветных компонентов (рис. 3, г). Среди породообразующих минералов выделяется обыкновенная роговая обманка, плагиоклазы в виде таблитчатых зерен с четкими полисинтетическими двойниками, биотит, единичные зерна калиевого полевого шпата, акцессорные минералы (сфен, ильменит, апатит, циркон).

Преобладают плагиоклазы (37 – 50 %) с размерами зерен от 0,2 до 0,8 мм с характерным полисинтетическим двойникованием. Роговая обманка (до 28 %) представлена в виде призматических зерен размерами от 0,1 до 0,4 мм с характерной системой спайности. Окраска зерен зеленая с характерным плеохроизмом в голубовато-зеленых (по  $N_g$ ), светло-зеленых (по  $N_m$ ) и желтовато-зеленых тонах (по  $N_p$ ).

Биотит (до 17 %) встречается в виде удлинённых чешуек коричневатой окраски с резким плеохроизмом в коричневатых (по  $N_g$ ), коричневато-желтых (по  $N_m$ ) и светлорозовых тонах (по  $N_p$ ). Калиевые полевые шпаты присутствуют в количестве 5 – 10 % и представлены идиоморфными зернами ортоклаза размерами от 0,4 до 0,9 мм. Среди акцессорных минералов, содержание которых составляет 4 – 8 %, отмечены сфен, ильменит, апатит, циркон, бесцветный гранат.



**Рис. 3.** Микроструктура гранитоидных пород в прозрачных шлифах:  
а - гранодиорит,  
б - нормальный гранит,  
в - плагиогранит,  
г - кварцевый диорит,  
д - кварцевый сиенит.

**Кварцевые сиениты** широко распространены среди гранитоидных разновидностей зон юго-восточной части ДДв и окраин Донбасса (на Андреевской, Городищенской,

Ольховской площадях) [11, 12]. Кварцевые сиениты образуют слои среди диоритов, гранодиоритов и кислых пород гранитоидного состава и характеризуются светлой зеленовато-серой окраской с отчетливой полосчатой текстурой с чередованием участков, образованных темноцветными компонентами и светлоокрашенным кварц-полевошпатовым материалом (рис. 3, д).

Калиевые полевые шпаты (от 15 до 21 %) с размерами зерен от 0,15 до 2,5 мм значительно преобразованы и замещены вторичными продуктами. В составе породы преобладают кислые плагиоклазы: альбит и измененный олигоклаз таблитчатой формы с четким полисинтетическим двойникованием с размерами зерен от 0,8 до 2,5 мм. Кварц присутствует в количестве 12,6 – 17,4 % в виде зерен различной формы размерами от 0,1 до 3 мм. Темноцветные минералы представлены голубовато-зеленой роговой обманкой (от 1,5 до 2 %). Биотит представлен в виде крупных чешуек коричневатой-желтой окраски (до 10 – 16 %). Среди продуктов вторичного минералообразования (от 10 до 20 %) установлены хлорит, эпидот и цоизит. В качестве аксессуарных минералов отмечены апатит и ильменит.

На рис. 4 приведены микрофотографии (в отраженном свете) поверхностей гранитоидных пород до и после электронного облучения.

На снимках показано, что в результате облучения до дозы  $10^8$  Гр в структуре гранитоидов не возникло существенных нарушений. Вид поверхности существенно не изменился, однако, отмечается появление системы мелких и средних трещин (толщиной не более 3 – 7 мкм) на границах раздела зерен.

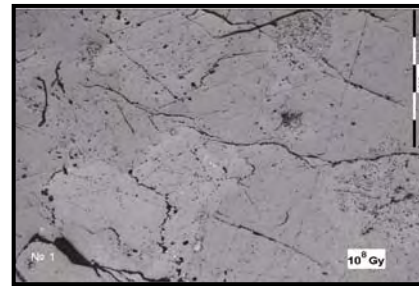
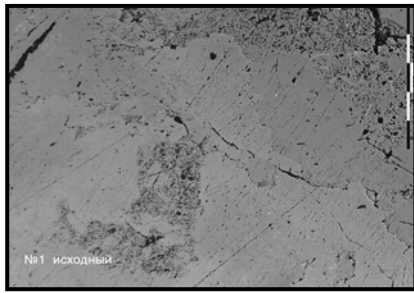
Результаты измерений плотности гранитоидов до и после электронного облучения показали, что, несмотря на некоторый разброс данных, имеется тенденция к ее уменьшению в процессе облучения, однако это уменьшение не превышает 1,5 % (табл. 3). Наиболее заметные изменения плотности отмечаются в гранодиорите и кварцевом диорите.

**Таблица 3.** Плотность ( $\text{г/см}^3$ ) гранитоидов до и после облучения электронами

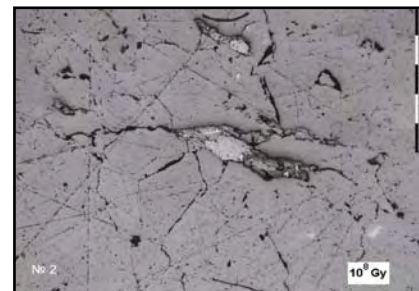
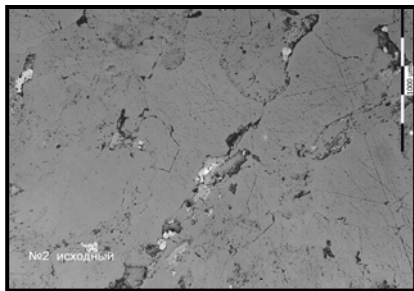
Граниты	Исходное состояние	$D_{\text{погл}} = 5 \cdot 10^7$ Гр	$D_{\text{погл}} = 10^8$ Гр	Снижение плотности	
				$\text{г/см}^3$	%*
<b>1. Гранодиорит</b>	2,647	2,624	2,615	0,032	1,21
<b>2. Нормальный гранит</b>	2,649	2,633	2,632	0,017	0,62
<b>3. Плагиогранит</b>	2,647	2,634	2,636	0,011	0,43
<b>4. Кварцевый диорит</b>	2,923	2,899	2,896	0,027	0,92
<b>5. Кварцевый сиенит</b>	2,730	2,723	2,726	0,004	0,13

\*В последнем столбце приведена разность между исходной плотностью и плотностью после облучения до дозы  $D_{\text{погл}} = 10^8$  Гр

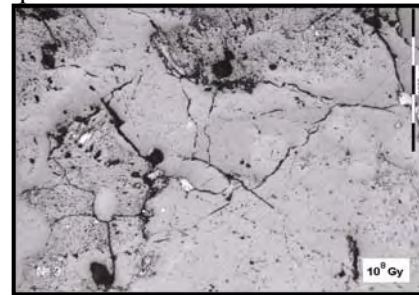
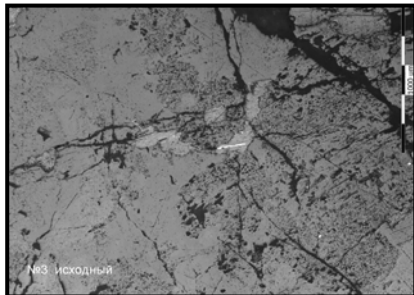




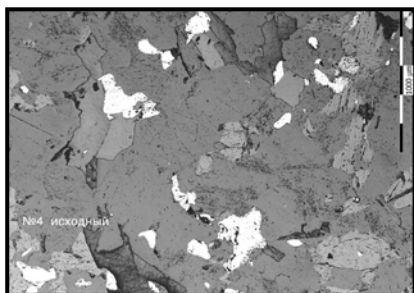
Гранодиорит



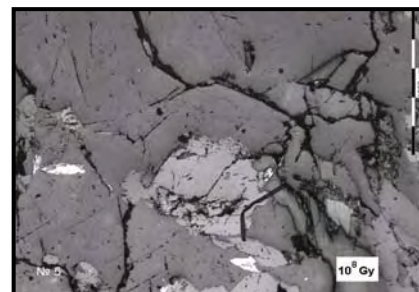
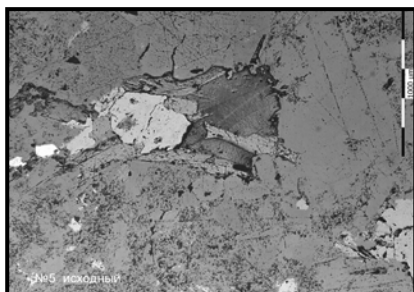
Нормальный гранит



Плагиогранит



Кварцевый диорит



Кварцевый сиенит

**Рис. 4.** Микроструктуры поверхностей гранитоидных пород в отраженном свете до и после электронного облучения ( $D_{\text{погл}} = 10^8$  Гр).



## Выводы

1. Методами минералого-петрографического и микроскопического иммерсионного анализов изучена структура и фазовый состав каждого из пяти типов исходных гранитоидных пород Днепровско-Донецкой впадины. Установлены основные отличия в их минеральном и фазовом составе.

2. С целью определения оптимальной толщины образцов гранитоидных пород для проведения имитационного облучения высокоэнергетичными электронами выполнены расчеты распределения поглощенной дозы и длин свободного пробега электронов по глубине в исследуемых горных породах. На основе этих расчетов разработана схема проведения ускоренных лабораторных испытаний для имитации структурно-фазовых изменений, которые могут происходить в гранитоидных породах при захоронении в них РАО.

3. Проведены эксперименты по облучению гранитоидных пород ускоренными электронами с энергией 7 МэВ. Установлено, что микроструктура и плотность гранитоидов всех изученных разновидностей после облучения до дозы  $10^8$  Гр существенно не меняются. Выявлены нарушения структуры за счет образования микротрещин. Макроскопических нарушений структуры не наблюдается.

Проведенные исследования позволяют сделать прогноз о том, что гранитоиды Днепровско-Донецкой впадины (близкие по составу к Украинскому кристаллическому щиту) являются достаточно устойчивыми к радиационному воздействию со стороны РАО и могут рассматриваться в качестве потенциальной геологической среды для их изоляции.

1. Komov I.L. Radiation of mineralogy and geochemistry. – К.: Логос, 2004. – 419 с.
2. Ядерная энергетика. Обращение с отработанным ядерным топливом и радиоактивными отходами [ред. Неклюдов И.М.]. – К.: Наукова думка, 2006. – 253 с.
3. Собонович Э.В., Шестопапов В.М., Белевцев Р.Л. и др. Состояние проблемы захоронения радиоактивных отходов в Украине и геологические аспекты их изоляции // Проблемы Чернобыльской зоны відчуження. 1996. – вип. 3. – С. 5-15.
4. Саенко С.Ю., Неклюдов И.М., Холомеев Г.А., Шилиев Б.А., Тарасов З.В. Математическое моделирование тепло-массопереноса в геологическом защитном барьере после захоронения отработавшего ядерного топлива // Ядерная и радиационная безопасность. – 2001. – № 4. – С. 66-72.
5. Сидоров В.М. Химические анализы гранитоидов Украинского Докембрия. Справочник. – К.: Наукова думка, 1970. – 700 с.
6. Справочник по петрографии Украины (магматические и метаморфические породы): [ред. Усенко И.С.]. – К.: Наукова думка, 1975. – 579 с.
7. Шевякова Э.П., Индутный В.Ф. Петрохимические особенности пород кристаллического фундамента ДДв. – К.: Наукова думка, 1978. – 170 с.
8. Щербаков И.Б. Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита. – К.: Наукова думка, 1975. – 281 с.
9. Беликов Б.П. Упругие и прочностные свойства горных пород. Сб. исслед. физ. мех. горных пород // Труды ИГЕМ. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – вып.43. – С. 47-50.
10. Беликов Б.П., Федорова Г.А. Механические свойства горных пород при вдавливании и их практическое использование // Труды ВНИИ ДЭНТ. – М. – 1965. – С. 142-149.
11. Ткачук Л.Г., Хоменко В.А., Рябоконт С.М. О петрографическом составе кристаллического фундамента ДДв // Геологический журнал. – 1973. – Т. 33, вып. 6. – С. 64-72.

12. Чирвинская М.В. Внутренняя структура фундамента Днепровско-Донецкого авлакогена и ее взаимосвязь с тектоникой Украинского щита // Геофизический сборник. – 1972. – вып. 48. – С. 17-19.

**І.М. Неклюдов, Б.В. Борц, А.М. Довбня, О.П. Березняк, Л.О. Саєнко, П.М. Бездверний**

#### **ПРОГНОЗУВАННЯ РАДІАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ГРАНІТОЇДНИХ ПОРІД УКРАЇНИ**

*Вивчено структуру і фазовий склад п'яти різновидів гранітоїдних порід Дніпровсько-Донецької западини (ДДз). Отримані дані про їх мікроструктуру та структурно-фазові особливості. С метою прогнозування радіаційної стійкості гранітоїдних порід в умовах поховання радіоактивних відходів (РАВ) розроблена схема проведення прискорених лабораторних випробувань з їх опромінення електронами. Виконано розрахунки в досліджуваних зразках розподілу поглиненої дози і довжин вільного пробігу електронів по глибині. Проведено імітаційні експерименти з опромінювання гранітоїдів прискореними електронами. Встановлено, що мікроструктура і щільність гранітоїдів усіх вивчених різновидів після опромінення до дози  $10^8$  Гр суттєво не змінюються, при цьому зразки зберегли свою цілісність. Проведені дослідження дозволяють зробити попередній прогноз про те, що гранітоїди є породами стійкими до радіаційного впливу. Отримані дані можуть бути використані при комплексній оцінці потенційного геологічного середовища для захоронення РАВ.*

**I.M. Neklyudov, B.V. Borts, A.N. Dovbnya, E.P. Berezhnyak, L.A. Sayenko, P.N. Bezdvorniy**

#### **FORECASTING RADIATING STABILITY OF GRANITE ROCKS OF UKRAINE**

*The structure and phase composition of initial granite rocks of the Dniprovsko-Donetsk hollow has been investigated. The data about their microstructure and to structur-phase features were obtained. For the purpose of prognostication of the radiating stability of granitoid rocks in conditions of RAW storage the scheme of carrying out of the accelerated laboratory researches on their electron irradiation has been developed. The calculations of distribution of the absorbed doze and lengths of electrons free pass depended on depth in investigated samples was executed. Experiments on irradiation granites by accelerated electrons have been made. It is established, that the microstructure and density of all known granites varieties essentially do not vary after an irradiation up to a doze  $10^8$  Cy. Macroscopical distortion of structure is not observed. Carried out researches allow to make the forecast that the Dniprovsko-Donetsk hollow granites are steady enough against radiating influence. Obtained data can be used at a complex estimation of the potential geological environment for a storing of the RAW.*