

УДК 553.521 : 614.876 (477.63)

Ахкозов Ю.Л., Грицай Е.Ю., Загородский В.М., Моисеенко А.В.

Неотектонические движения как фактор, определяющий радиационно-гигиенические свойства гранитов

Охарактеризована радиоактивность гранитоидов и других горных пород Подступнянского месторождения, расположенного в центральной части Украинского щита. Показано, что основной причиной перераспределения природных радионуклидов является проявление в пределах месторождения неотектонических движений в сочетании с гипергенными изменениями пород.

Работы по радиационно-гигиенической оценке месторождений строительных материалов играют важную роль в защите окружающей природной среды от техногенного загрязнения. Это отражается, в частности, в особых условиях получения лицензий на их эксплуатацию. Работа по обоснованию и составлению таких условий была выполнена авторами в 2007 г. для Подступнянского месторождения гранита. Необходимость этой работы была обусловлена также тем, что на стадии детальной разведки месторождения, выполненной под руководством В.С.Потапова по заказу треста «Юзтранстром» Минтрансстроя в 1975-1978 гг., геофизические работы не проводились.

Подступнянское месторождение территориально относится к Апостоловскому району Днепропетровской области Украины. Расположено у восточного края Токовского гранитного массива вблизи его контакта с Чертомлыкско-Соленовским синклиниорием. К северу от месторождения расположена субширотная блоково-разломная зона, известная как Южная зона тектонической активизации или Шолоховско-Ингулецкий разлом. В пределах района выделяются также Базавлук-Самотканский субмеридиональный и Томаковский диагональный разломы.

По данным, содержащимся в упомянутом выше геологическом отчете В.С.Потапова и др. о детальной разведке месторождения, и по результатам исследований авторов статьи, выполненных в действующем карьере, в геологическом строении Подступнянского месторождения принимают участие кристаллические породы докембрия, перекрытые кайнозойским осадочным чехлом. Кристаллические породы представлены гранитами с подчиненным количеством мигматитов, гнейсов, метасоматитов, амфиболитов.

Основным полезным ископаемым месторождения являются граниты биотит-плагиоклаз-кварц-микроклинового состава массивной текстуры, обычно порфиоровидные с мелко- и среднезернистой основной массой. В.С.Потапов и др. (1978) отнесли граниты к нерасчлененному архей-нижнепротерозойскому комплексу (AR-PR₁). Окраска гранитов

розово-красная. Минеральный состав (объемн.%): кварц 25-30; плагиоклаз 20-40, микроклин 25-45, биотит 3-7. Изредка присутствует мусковит.

Граниты часто катаклазированы. Механические деформации проявлены густой сетью микротрещин, изогнутостью чешуйчатых индивидов биотита, волнистым погасанием кристаллов кварца и полевых шпатов, грануляцией их индивидов, маломощными зонами дробления. Иногда катаклиз сопровождался окварцеванием гранита с повышением содержания в его составе кварца до 40 объемн.%. В таких участках кварц образует гнезда, линзовидные агрегаты, тонкие прожилки, порода приобретает полосчатость. Тонкие трещины иногда выполнены слюдами, хлоритом, гидроксидами железа. В гранитах и амфиболитах присутствуют многочисленные прожилки эпидота мощностью до 20 мм. В гранитах часто наблюдается слабо выраженная гнейсовая, директивная, полосчатая текстура, обусловленная ориентированным расположением кристаллов биотита, полевых шпатов, удлиненных индивидов кварца. Нечетко проявленные слои с такой текстурой пород имеют восточное падение под углом 20-40°. Выветривание гранитов сопровождается пелитизацией полевых шпатов, развитием пленок гидроксидов железа.

Спорадически в массиве гранитов встречаются тела гранодиоритов, мигматитов. Мощность их колеблется от нескольких десятков сантиметров до десятков метров. С гранитами эти породы имеют переходные зоны, с переходом к ним от гранитов отмечается повышение содержания биотита (до 10-20 объемн.%), амфибола (до 3%), плагиоклаза.

Отмечаются также маломощные прожилки и неправильной формы тела лейкократовых аплитовидных гранитов с повышенным содержанием микроклина (до 45 объемн.%) и почти полным отсутствием темноцветных минералов. Жилы лейкократовых гранитов занимают секущее положение по отношению к телам гранитов и мигматитов.

В северной и южной частях карьера встречаются небольшие участки метасоматически измененных гранитов светлосерого цвета с разными оттенками. Структура метасоматитов мелкозернистая, преобладающий размер минеральных индивидов менее 2 мм. С этими породами связаны проявления пирита, молибденита.

Во многих частях карьера наблюдаются зоны повышенной трещиноватости субмеридионального и субширотного простирания. Вдоль субмеридиональных зон в юго-западной и центральной частях карьера выявлены линзоподобные тела рассланцованных амфиболитов.

Выполненные авторами геофизические работы включали радиометрическую съемку дна и уступов карьера, гамма-каротаж скважин, определение мощности экспозиционной дозы излучения пород на поверхности горных выработок, отбор и рентгеноспектральный анализ литохимических проб, гамма-опробование готовой продукции на складе. Исследования радиоактивности пород в карьере сопровождалось геологическим изучением гранитного массива в забоях карьера с выделением

минеральных и структурных разновидностей пород, детальным исследованием зон эпигенетических тектонических и метасоматических проявлений. Были изучены основные разновидности горных пород месторождения.

Граниты биотит-плагиоклаз-кварц-микроклиновые – розовые, красновато-розовые, часто с сероватым оттенком, порфирированные, со средне-мелкозернистой (0,1-4 мм) основной массой. Порфирированные выделения (5-20 мм) представлены микроклином, реже кислым плагиоклазом, содержание их в породе колеблется от 5 до 15 объемн.%, изредка достигает 35%. Структура пород гранитовая, локально в зонах их эпигенетических изменений – гранобластовая, бластокатакклазовая. В участках проявления последней наблюдаются угловатые частицы мозаичного кварца, многочисленные прожилки, выполненные тонкозернистыми минеральными агрегатами.

Значения мощности экспозиционной дозы гранитов (здесь и далее в мкР/ч) в южной части карьера составляют 77-86 (среднее – 82,4), северной – 98-114 (101,6), западной – 81-99 (90,1), восточной – 98-111 (102,8). Радиоактивность гранитов верхних гипсометрических горизонтов имеет наиболее низкие показатели – 52-61 (58,0). Граниты розовые с директивной текстурой характеризуются радиоактивностью на нижних горизонтах 99-107 (102,6), на верхних – 53-76 (62,1). Для гранитов с большим количеством мелких реликтовых участков гранитизированного амфиболита значения радиоактивности составляют 92-128 (102,0), для гранодиоритов – 95-111 (100,6).

Мигматиты образуют в массиве гранитов ксенолитоподобные тела и глыбы разной формы и объема. Теневые мигматиты пользуются наибольшим развитием и характеризуются постепенным переходом к гнейсовидным гранитам. Окраска мигматитов определяется содержанием биотита и розового микроклина и изменяется от розовато-серой до темносерой. Многочисленны проявления постмагматических минералов – эпидота, серицита и каолинита, развивавшихся, в основном, по плагиоклазу, а также мусковита и хлорита – по биотиту. Проявлениями механических деформаций мигматитов являются относительно редкие микротрещины, зоны дробления и перекристаллизации индивидов кварца, иногда микроклина.

Значения мощности экспозиционной дозы мигматитов колеблются в границах 95-103 (98,8) мкР/ч. Эпигенетические минерализации, проявленные прожилками разного минерального состава, обусловили некоторое изменение уровня радиоактивности мигматитов. Для участков развития прожилков кварц-микроклинового состава с биотитом и халькопиритом этот показатель составляет 84-90 (86,3); для участков проявления прожилков эпидота – 88-92 (90,0); кварца – 90-104 (96,0); кварца с микроклином и эпидотом – 91-96 (93,0); альбита – 98-104 (101,3); альбита с микроклином – 104-120 (113,3); микроклина – 90-99 (94,4); био-

тита – 76-88 (80,3); для участков развития метабластов альбита и микроклина, размер которых достигает 10-15 мм, – 82-113 (99,8).

Гнейсы встречаются в пределах участков развития мигматитов, образуют тела разной формы и размеров. Породы темносерые, мелко- и среднезернистые с гнейсовой и полосчато-пятнистой текстурой. Структура лепидогранобластовая, локально с порфиробластами полевых шпатов размером 5-8 мм, содержание которых может достигать 5-15 объемн.%. Акцессорные минералы – циркон, сфен – пространственно тесно связаны с темноцветными минералами. Эпигенетические минералы представлены хлоритом, эпидотом, серицитом, мусковитом, кальцитом.

Гнейсы верхних горизонтов карьера имеют радиоактивность 49-66 (55,7), нижних – 108-119 (113,4). В зонах проявления эпигенетических минерализаций этот показатель несколько отличается: в участках развития прожилков кварца он составляет 55-67 (62,3); альбита – 65-88 (75,4); кварца с мусковитом и микроклином – 39-48 (44,1).

Граниты лейкократовые аплитовидные образуют маломощные тела неправильной формы. Окраска пород светлосерая с розовым оттенком, текстура массивная, структура blastsгранитовая, участками blastокатакласовая. Размер индивидов кварца и полевых шпатов от 0,1 до 5,0 мм. Порфиновые выделения полевых шпатов относительно редки, содержание их колеблется от 5 до 20 объемн.%. Вторичные изменения выразились в интенсивной серицитизации полевых шпатов, появлении включений и прожилков кальцита, эпидота, альбита, а также метасоматическом замещении полевых шпатов кварцем.

Аплитовидные граниты характеризуются радиоактивностью на нижних гипсометрических горизонтах карьера 94-116 (103,5), на верхних – 50-67 (59,0).

Метасоматиты ортит-гранат-роговообманко-эпидотовые, локально замещившие граниты, характеризуются светлосерой окраской разных оттенков, мелкозернистым строением (преобладающий размер минеральных индивидов 0,1-1 мм), массивной или полосчатой, прожилковой текстурой. Изредка отмечаются метабласты микроклина размером до 5 мм и роговой обманки длиной до 3 мм. Структура породы гранобластовая, нематогранобластовая, локально порфиробластовая, blastокатакласовая. Содержание эпидота достигает 20-25%. Кристаллы и агрегаты эпидота, ортита и граната часто отмечаются в зальбандах жил и гнезд кварца. Многочисленны тонкие прожилки кальцита, гематита, гидроксидов железа. Эпигенетические изменения метасоматитов проявлены хлоритизацией темноцветных минералов, серицитизацией и частичной альбитизацией плагиоклаза.

Для метасоматитов характерна радиоактивность 79-85 (82,7), для содержащих повышенное (до 3 объемн.%) количество роговой обманки – 94-117 (98,1), для участков их хлоритизации – 90-124 (106,8).

Базавлукиты являются продуктом метасоматического замещения гранитов, характеризуются повышенным содержанием гиалофана (до 50

объемн.%) и роговой обманки (до 5%). Порода светлосерая мелкозернистая. Текстура полосчатая, обусловленная, главным образом, разным содержанием амфибола в чередующихся слоях, имеющих мощность 3-7 см. Структура порфиробластовая с гранонематобластовой структурой основной ткани. Порфиробласты представлены призматическими кристаллами роговой обманки и изометричными индивидами граната размером 0,6-3,0 мм. Общее содержание порфиробластов 10-12 объемн.%. Размер зерен основной ткани 0,02-0,2 мм. В отдельных участках отмечается густая сеть микротрещин, залеченных кальцитом и гидроксидами железа.

Уровень радиоактивности существенно полевошпатовых полос базавлукитов 95-108 (99,9), существенно роговообманковых полос – 93-99 (96,4).

Милониты – плотные породы афанитового облика с чередующимися полосками и линзами в разной степени измельченного материала, часто с реликтовыми обломками исходной породы, зерен кварца и полевых шпатов. Раздробленный и перетертый материал интенсивно полойно хлоритизирован, эпидотизирован, микроклинизирован. Эти же минералы совместно с кварцем образуют многочисленные секущие прожилки.

Для зон дробления, милонитизации, трещиноватости с «глинками трения» и зеркалами скольжения характерна радиоактивность 99-122 (111,3), для участков проявления тонких прожилков гидроксидов железа – 113-137 (122,3). На верхних гипсометрических горизонтах карьера в местах повышенного количества в милонитах волосовидных прожилков красных оксидов и гидроксидов железа отмечена радиоактивность в границах 89-104 (99,9). Радиоактивность полупрозрачного кварца, имеющего в связи с присутствием тонкодисперсных включений гетита и гематита коричневатую окраску и образующего прожилки в милонитах, – 111-127 (119,3).

Амфиболиты рассланцованные – породы зеленовато-черного цвета, мелкозернистые, сланцеватой, местами плейчатой текстуры. Преобладающим породообразующим минералом является роговая обманка (до 70-80 объемн.%). В отдельных участках в составе амфиболитов отмечается повышенное содержание биотита (до 50%) и плагиоклаза (до 30%), содержание роговой обманки здесь снижается до 20%. Второстепенными минералами являются эпидот, кварц, сфен, циркон, апатит, хлорит, серицит, каолинит, карбонат, рудные минералы. Порода разбита тонкими прожилками эпидота и кварца.

Уровень радиоактивности рассланцованных амфиболитов с прожилками кварца и эпидота из южной части карьера – 49-57 (53,8), из северной – 61-82 (73,3); метасоматически измененных амфиболитов с халькопиритом – 89-100 (93,0); метасоматически измененных амфиболитов с равномерным развитием метабластов альбита и микроклина –

85-96 (90,1), гранитизированных массивных амфиболитов на уровне верхних горизонтов карьера – 57-61 (58,0), нижних – 95-103 (89,6).

Следовательно, по данным геологических наблюдений и минералогических исследований, можно сделать вывод, что микроклиновые граниты Подстепнянского месторождения испытали неоднократные эпигенетические изменения – механические деформации, метасоматические преобразования, проявления гидротермальных процессов, гипергенез. Носителями радионуклидов кроме калий-содержащих минералов (микроклин, биотит, мусковит) могут быть ортит, циркон, монацит, сфен, апатит. Наблюдения в шлифах показали, что их образование было связано, в основном, с замещением роговой обманки при гранитизации амфиболитов. Однако в случаях, когда отмечается повышение их содержания в породах, например сфена в базавлукитах, циркона в амфиболитах, явного роста радиоактивности не наблюдается. Для участков механических деформаций гранитов с развитием тонких прожилков гидроксидов железа повсеместно отмечается повышенная радиоактивность пород. По-видимому, гетит и другие гидроксиды железа играли роль концентраторов радионуклидов при их перераспределении в связи с выветриванием гранитов.

Таким образом, выявлены следующие общие тенденции изменчивости радиоактивности (величины экспозиционной дозы) горных пород в пределах карьера. Значение этого показателя увеличивается с юга на север и с запада на восток, а также с глубиной карьера. Радиоактивность пород увеличивается от амфиболитов через гранитизированные амфиболиты к гранитам и далее к их разновидностям, измененным в связи с метасоматозом и механическими деформациями, которые сопровождались образованием гидротермальных жил. Выветривание вызвало перераспределение радионуклидов: вынос их из гипергенно изменяющихся гранитов и других пород и концентрацию в прожилках, выполненных гидроксидами железа.

Интерпретация данных радиометрической съемки карьера с использованием методов крайгинга, ближайших расстояний, триангуляции с линейной интерпретацией, обновленного метода Шепарда (рис. 1) дала близкие результаты, свидетельствующие о наличии субширотной тенденции пространственного распространения близких уровней радиоактивности горных пород. Аномалии повышенной радиоактивности вытянуты субширотно, ритмично чередуются. Это направление совпадает с субширотной системой трещиноватости, которая, в свою очередь, генетически и пространственно связана с субширотным Шолоховско-Ингулецким разломом. Эта закономерность подтверждает вывод о ведущей роли активизированных неотектоническими подвижками гипергенных процессов в перераспределении природных радионуклидов и о концентрации последних в жилах гидроксидов железа, пространственно тесно связанных с зонами разрывных нарушений.

В то же время, как отмечалось выше, системы гнейсовидных, директивных, полосчатых текстур горных пород месторождения, обусловленных ориентированным расположением чешуек биотита, зерен полевого шпата, агрегатов мелких зерен кварца, имеют общее падение на восток. Таким образом, генерализованный текстурный рисунок первичных горных пород месторождения имеет субмеридиональную ориентировку.

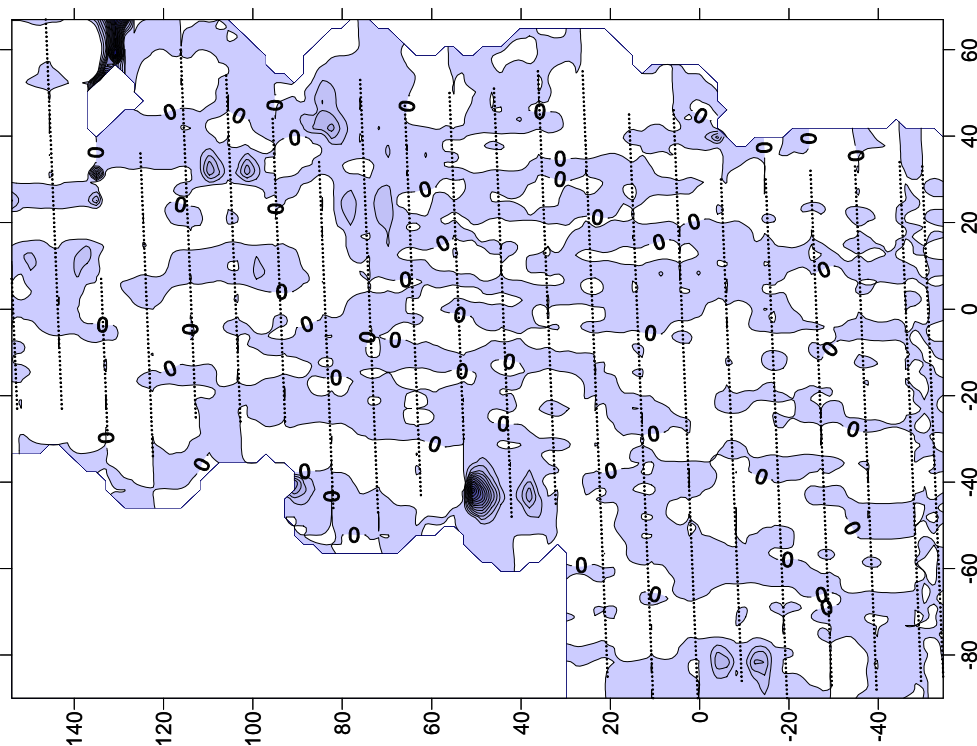


Рис. 1. Результаты интерпретации данных радиометрической съемки карьера с использованием обновленного метода Шенарда.

Серый цвет – зоны повышенной радиоактивности горных пород.

Изучение готовой продукции на складах карьера показало, что мелкие фракции щебня и отсев характеризуются повышенной радиоактивностью. Исходя из полученных данных, это можно объяснить следующим образом. В процессе производства щебня в состав мелкозернистых продуктов дробления в относительно большем количестве поступают частицы горных пород, характеризующихся пониженной механической прочностью, т.е. испытавших тектонические деформации, воздействие эпигенетических процессов, в том числе гипергенных. С этими процессами, как было показано выше, связано повышение содержания радионуклидов в составе пород. Перераспределение высокоактивных минеральных компонентов по продуктам дробления приводит к ухуд-

шению радиационно-гигиенических свойств мелкозернистого материала на целый класс по сравнению с исходными породами.

Для понижения радиоактивности готовых продуктов дробления гранитов можно рекомендовать их орошение (промывку) с накоплением тонкозернистых продуктов (шламов) в отстойниках.

АХКОЗОВ Ю.Л., ГРИЦАЙ О.Ю., ЗАГОРОДСЬКИЙ В.М., МОИСЕЄНКО А.В.
Неотектонічні рухи як фактор, що визначає радіаційно-гігієнічні властивості гранітів.

РЕЗЮМЕ. Геологічне, мінералогічне і радіометричне вивчення гранітів Підстепнянського родовища Українського щита показало, що підвищена радіоактивність пов'язана, головним чином, з вмістом у їх складі калій-вмісних мінералів (мікроклін, біотит, мусковит). Суттєва зміна радіоактивності гранітів обумовлена перерозподілом радіонуклідів у зв'язку з неотектонічними рухами в районі родовища і гіпергенними змінами порід.

АХКОЗОВ Ю.Л., ГРИЦАЙ Е.Ю., ЗАГОРОДСКИЙ В.М., МОИСЕЕНКО А.В.
Неотектонические движения как фактор, определяющий радиационно-гигиенические свойства гранитов.

РЕЗЮМЕ. Геологическое, минералогическое и радиометрическое изучение гранитов Подстепнянского месторождения Украинского щита показало, что повышенная радиоактивность связана, главным образом, с содержанием в их составе калий-содержащих минералов (микроклин, биотит, мусковит). Существенное изменение радиоактивности гранитов обусловлено перераспределением радионуклидов в связи с неотектоническими движениями в районе месторождения и гипергенными изменениями пород.

ANKOZOV Yu.L., GRITSAY O.Yu., ZAGORODSKYI V.M., MOISEYENKO A.V.
Neotectonic movements as a factor of granites radiation-hygienic properties.

SUMMARY. Geological, mineralogical and radiometric studies of granites from Podstepnyanske deposit of the Ukrainian Schield have shown the increased radioactivity to be connected mainly with potassium-containing minerals in their composition (such as microcline, biotite, muscovite). Substantial changes in granites radioactivity are stipulated by redistribution of radionuclides because of neotectonic movements at the area of deposit location and hypergene rocks transformations.

*Надійшла до редакції 30 січня 2007 р.
Представив до публікації проф. О.Д.Додатко.*