

УДК 552.16

Р. Г. ГЕВОРКЯН, М. Р. ГЕВОРКЯН

### СЕРПЕНТИНИТЫ В ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВАХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Серпентиниты содержат до 12–14 вес. % кристаллизационной воды и пригодны в защите атомных реакторов как заполнитель для бетона. Бетон на серпентинитовом заполнителе отличается высоким содержанием воды, большая часть которой сохраняется в условиях длительной работы реактора при температурах до 450<sup>0</sup>С. Так как Армения богата серпентинитами, которые связаны с ультраосновными породами двух офиолитовых поясов и практически неисчерпаемы, то предлагается использовать их в защите армянского атомного реактора.

Основное назначение защиты реактора – снижение мощностей доз  $\gamma$ -излучения и нейтронов до предельно допустимых величин. Это происходит в результате замедления быстрых нейтронов и их поглощения. Наиболее эффективным замедлителем нейтронов является водород. Следовательно, высокоэффективный материал защиты реактора должен иметь в своем составе водородосодержащие вещества, а также бор для поглощения замедленных нейтронов и  $\gamma$ -излучения. Все эти вещества могут быть применены в защите в виде чередующихся слоев или в виде равномерной смеси. Бетон представляет собой именно такую равномерную смесь из элементов с различными массовыми числами. Водородосодержащим компонентом в бетоне является вода, химически связанная затвердевшим цементом или входящая в состав заполнителей бетона [1–3].

Гамма-излучение обычно чаще, чем нейтроны, определяет необходимую толщину бетонной защиты реактора. Чтобы ослабить потоки  $\gamma$ -квантов целесообразно использовать серпентинитовый бетон, заполнителем для которого служит горная порода серпентинит, содержащая минерал серпентин [4].

Существует два способа применения серпентинитовых материалов в конструкциях биологической защиты от излучения: в виде заполнителя для бетона и в виде засыпки [5].

В породах или минералах, непосредственно используемых для сооружения защиты в виде засыпки или цельнопиленных блоков, должно содержаться не менее 7 вес.% кристаллизационной воды. А для пород, применяемых в качестве заполнителей бетона, концентрация воды должна составлять

9–10 вес.% [4, 5]. Необходимо, чтобы вода сохранялась при длительной эксплуатации защиты при высоких температурах. В защите ядерных энергетических установок с водо-водяными реакторами температура достигает 300–400<sup>0</sup>С, а в реакторах других типов (газоохлаждаемые, жидкометаллические и др.) температура выше. В связи с этим для пород и минералов, предназначенных для применения в защите ядерных энергетических установок с водо-водяными реакторами, в качестве минимальной рабочей температуры следует принять 300<sup>0</sup>С, для защиты высокотемпературных ядерных энергетических установок – 600<sup>0</sup>С [3].

Минерал серпентин относится к группе водных силикатов магнезия и имеет химическую формулу  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Mg}_6(\text{OH})_8[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ . По кристаллической структуре он относится к слоистым силикатным минералам. Содержание окислов в серпентине следующее, вес. %: MgO – 43,0; SiO<sub>2</sub> – 44,1 и H<sub>2</sub>O – 12,9; соотношение между компонентами колеблется в незначительных пределах.

Серпентин обладает способностью удерживать 10–13 вес.% химически связанной воды при высоких температурах. Термограммы серпентинита показали, что при температуре 552<sup>0</sup>С начинается выделение химически связанной воды, а при температуре 718<sup>0</sup>С виден экзотермический пик, соответствующий удалению химически связанной воды. Термогравиметрические исследования показали также, что резкие потери массы образца начинаются только при температурах больше 500<sup>0</sup>С. Поэтому максимально допустимой рабочей температурой для защиты из серпентинитовых материалов является 500<sup>0</sup>С. За 10 лет эксплуатации защиты из серпентинита при температуре 430<sup>0</sup>С потеря воды составляет около 5 вес.% ее первоначального содержания, а со временем скорость потери воды уменьшается.

Защитные свойства кладки из талько-магнезитовых (серпентинитовых) пород исследованы на водо-водяном реакторе. Длины релаксации потока быстрых нейтронов в талько-магнезите в зависимости от эффективного энергетического порога детектора изменяются от ~11 до 12 см, т.е. по отношению к потоку быстрых нейтронов такая защита не уступает по свойствам защите из обычного строительного бетона, но имеет важное преимущество – защитные свойства не меняются даже при нагревании до 600–650<sup>0</sup>С.

В защите реактора на быстрых нейтронах атомной электростанции «Энрико Ферми» серпентинит применен в виде засыпки и заполнителя в бетоне. Засыпка имеет объемный вес 1,6–1,76 т/м<sup>3</sup> и используется в качестве защиты насосов натриевого теплоносителя промежуточных теплообменников и сливного бака. Из серпентинитового бетона выполнен пол зала реактора. Объемный вес свежеприготовленного бетона составляет 2,2–2,35 т/м<sup>3</sup> при следующем составе, вес. %: серпентинит – 54,5; песок – 25,8; портландцемент – 14,2; вода – 5,5. Такой бетон можно использовать в качестве эффективного материала в конструкциях биологической защиты ядерных энергетических установок без специального охлаждения [4].

Использование засыпок целесообразно в тех случаях, когда заполняемая конструкция имеет сложную форму, пронизана различными деталями, трубопроводами и в процессе эксплуатации ядерной установки для ревизии

или ремонта этих деталей ее приходится демонтировать. Кроме того, слой засыпки, расположенный в бетонном массиве защиты, может выполнять функции теплоизоляции. Иногда слой защиты в виде засыпки целесообразно располагать вокруг корпуса реактора перед защитой из бетона.

Для увеличения вероятности захвата нейтронов без выхода жесткого  $\gamma$ -излучения желательнее в бетон ввести бор. Для улучшения жароупорных свойств в серпентиновый бетон на портландцементе вводят микронаполнитель в соотношении 1:1 с цементом. Роль этой добавки заключается в связывании свободной окиси кальция в момент гидратации цемента, которая интенсивно проявляется при повышенных температурах, и это приводит к улучшению упругих свойств бетона [4, 5].

Ультраосновные и основные породы Армении образуют два офиолитовых пояса, которые отличаются друг от друга по своим размерам. Крупный Севано-Амасийский (Присеванский) пояс в пределах Армении протягивается от г. Амасия в ЮВ направлении и составляет около 220 км. Второй пояс – Ведийский (Приараксинский), характеризуется меньшими размерами и прослеживается также в ЮВ направлении. Он расположен в полосе гг. Арташат, Веди, Нахичевань, протяженность Приараксинского пояса в пределах Армении составляет ~50 км. Указанные пояса отличаются прерывистостью и представлены обособленными друг от друга крупными и мелкими массивами, протягивающимися в виде полосы с СЗ на ЮВ [6, 7].

Таким образом, учитывая практически неисчерпаемые запасы серпентинитов в республике, предлагаем применять их в защите армянской атомной станции, что давно и успешно осуществляется в других странах.

*Кафедра минералогии, петрологии и геохимии*

*Поступило 10. 05. 2009*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Васильев Г.А.** и др. В сб.: Проблемы защиты от проникающих излучений реакторных установок. Т.7. Мелексс, 1969, 74 с.
2. **Веселкин А.П.** и др. В сб.: Проблемы защиты от проникающих излучений реакторных установок. Т.5. Мелексс, 1969, 50 с.
3. Нормы радиационной безопасности. НРБ-69. М.: Атомиздат, 1970.
4. **Аршинов И.А., Васильев Г.А., Егоров Ю.А.** и др. Серпентинит в защите ядерных реакторов. Под общей ред. Ю. А. Егорова. М.: Атомиздат, 1972, 240 с.
5. **Корнилова Е.Е., Лебедева Г.А., Соколов В.И., Фролов П.В.** Исследование вещественного состава и технологических свойств серпентинитов Карелии. «Современные методы минералого-геохимических исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения»: Материалы годичного собрания РМО. С.-Пб, 2006, с. 22–24.
6. Геология Армянской ССР. Т. III. Петрография. Интрузивные породы. Гл. редакция: С.С. Мкртчян, Л.А. Варданянц, А.А. Габриелян, И.Г. Магакян, К.Н. Паффенгольд. Ер.: Изд-во АН Армянской ССР, 1966, 497 с.
7. **Геворкян Р.Г., Геворкян М.Р.** Офиолитовая палеоокеаническая кора Армении (Южный Кавказ). Ер.: ГЕОИД, 2003, 260 с.

Ռ. Գ. ԳԵՎՈՐԿՅԱՆ, Մ. Ռ. ԳԵՎՈՐԿՅԱՆ

ՍԵՐՊԵՆՏԻՆԻՏՆԵՐԸ ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՏՈՐՆԵՐԻ  
ՊԱՇՏՊԱՆԱԿԱՆ ՀԱՍՏԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ

Ամփոփում

Սերպենտինիտները պարունակում են 12–14% բյուրեղային ջուր, հետևաբար, ատոմային ռեակտորների պաշտպանական համակարգերում նրանք կարող են օգտագործվել իբրև բետոնի լցանյութ: Այսպիսի բետոնը աչքի է ընկնում ջրի բարձր պարունակությամբ, որի մեծ մասը պահպանվում է ռեակտորի երկարատև շահագործման ընթացքում  $450^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանի պայմաններում:

Հայաստանում սերպենտինիտի պաշարները կապված են երկու օֆիոլիտային գոտիների ուլտրաբազիտային ապարների հետ և գործնականում անսպառ են: Հաշվի առնելով այս հանգամանքը՝ առաջարկում ենք հայկական ռեակտորի պաշտպանական համակարգում օգտագործել տեղական սերպենտինիտները:

R. G. GEVORKYAN, M. R. GEVORKYAN

THE SERPENTINITE IN THE PROTECTION SYSTEMS  
OF NUCLEAR REACTORS

Summary

The serpentinite is interesting for containing 12–14 weight% of crystal water and is applicable as a filler for the concrete of nuclear reactors. Such a concrete differs by high water content, the most part of which preserves at temperature up to  $450^{\circ}\text{C}$  during a long work with the concrete. In Armenia the reserves of the serpentinite are connected with ultrabasic rocks of two ophiolitic ranges and are practically inexhaustible. Taking into account the last statement, we suggest to use Armenian serpentinite in protection system of Armenian nuclear reactor.