

вать пучок на три направления: на углы  $0^\circ$  и  $\pm 40^\circ$ , что обеспечивает транспортировку ионов к трем экспериментальным установкам. Коррекция пучков осуществляется СМ-корректирующими магнитами (СМ-corrective magnet), а фокусировка обеспечивается дублетами квадрупольных линз  $T_x Q_y$ , имеющих градиенты магнитного поля до 7,7 Тл/м. Это позволяет сформировать пучок частиц диаметром 1 см в зоне облучения образца [2].

Результаты расчетов будут использованы при проектировании линий транспортировки пучков заряженных частиц от коммутирующего магнита (turning magnet) ТМ5, разделяющего пучки частиц по трем основным каналам транспортировки, до установок с мишенями.

### Список использованной литературы

1. Oganessian Yu. Ts., Gulbekyan G.G., Gikal B.N., Kalagin I.V. et al. "Project of the U400R Cyclotron at the FLNR JINR", Flerov Laboratory of Nuclear Reaction, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow reg., 141980 Russia, Proceedings of RuPAC XIX, Dubna, 2004.
2. Kalagin I.V. et.al., Heavy ion cyclotrons of FLNR JINR – status and plans / Proc. of 26<sup>th</sup> Russian Particle Accelerator Conference, Protvino, Russia, Oct. 2018. – P. 60–64, doi:10.18429/JACoW-CYCLOTRONS2019-FRB02.

### ЕМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА ПРИРОДНОЙ И ОБЛУЧЕННОЙ ГЛИНИСТОЙ СМЕСИ

*Капокова А.Р., Оммик А.К., Ван Ц.*

*Научный руководитель: профессор ТПУ Мышкин В.Ф.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*E-mail: ark18@tpu.ru, akob@tpu.ru*

Глина широко используется при создании инженерного барьера безопасности при захоронении ядерных отходов. Известны работы по исследованию влияния радиации на физико-химические свойства глины. Однако, недостаточно изучено воздействие радиации на свойства глины. ЕКО определяет барьерные свойства глинистых смесей. Поэтому актуальны исследования, связанные определением взаимосвязи поглощенной дозы и барьерных свойств. Ставилась задача измерения и сравнения значения показателей, определяющих барьерные свойства природной и облученной глин, например, емкость катионного обмена (ЕКО).

Для экспериментальных значений нами использовалась смесь глин, содержащая минералы монтмориллонит, каолинит, вермикулит. Эта смесь облучалась  $\gamma$ -излучением изотопа  $^{60}\text{Co}$  до поглощенной дозы

0,3 МГр. Смесь находилась при комнатной температуре и атмосферном давлении. Плотность облучаемой смеси составляла  $1,4 \text{ г/см}^3$ .

ЕКО высушенной глины определяли по ГОСТ 17.4.4.01-84. Экспериментально получено значение ЕКО природной глины составляло 26,725 (мг экв.)/100 г. В результате радиационного воздействия на глину её ЕКО уменьшилась на 8,725 (мг экв.)/100 г. Известно, что ЕКО определяется удельной поверхностью частиц глины и количеством противоионов между пакетами минерала. Также известно, что ионизирующее излучение приводит к формированию точечных дефектов в структуре минерала. Известна публикация, в которой показано, что полная аморфизация (разрушение кристаллической структуры) глинистого минерала происходит, при облучении бетта-частицами, происходит при поглощенной дозе около  $10^{10}$  Гр. Поэтому разрушения, получаемые минералами при поглощенной дозе гамма-излучения 0,3 МГр, не столь значительны.

В докладе анализируются причины уменьшения величины ЕКО. Например, изменение ЕКО может произойти в результате уменьшения удельной поверхности глины. Второй причиной изменения ЕКО может быть изменение заряда железа, содержащегося в пакетах глинистого минерала, в результате взаимодействия с гамма-излучением. Из сертификата на используемую смесь видно, что содержание оксида железа составляет 3,85 %. Также теоретически анализируются возможное влияние температуры и давления на радиационное разрушение различных минералов. Эти условия связаны с возможным «отжигом» минерала, определяющем конечную концентрацию дефектов.

### **ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ ПРОТивоИОНОВ ПРИ ПОЯВЛЕНИИ РАЗРЫВА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В СТРУКТУРЕ ГЛИНИСТОГО МИНЕРАЛА**

*Шукшина Д.Д., Ван Цайлунь*

*Научный руководитель: Мышкин В.Ф., д.ф.-м.н., профессор  
Томский политехнический университет,  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: dds17@tpu.ru*

Для создания инженерных барьеров безопасности при захоронении радиоактивных отходов (РАО) используют смеси, обогащенные монтмориллонитом. При контакте с РАО в кристаллической структуре минерала появляются дефекты, которые ухудшают его барьерные свойства. Это увеличивает вероятность попадания радионуклидов в окружающую среду.