

## ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОНАТНО-СИЛИКАТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

А.Г. Чигарев, А.П. Поддубный

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 2 марта 2009 г.

**Аннотация:** Использование сорбентов – это один из путей решения проблемы очистки природных и технических вод от радионуклидов, попавших в окружающую среду вследствие техногенных аварий. Выбор сорбента определяется несколькими факторами, главными из которых являются его сорбционные характеристики, химическая стойкость и стоимость материала. Изучение коры выветривания на мергельно-меловых породах сантонского яруса показало, что они обладают сорбционными свойствами. Минеральное вещество представлено силикатами и карбонатами, поэтому коммерческое название получаемого из кор выветривания продукта – «Карбосил».

**Ключевые слова:** «Карбосил», цеолит, радионуклиды, сорбент.

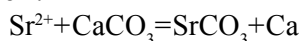
**Abstract:** The use of sorbates – is one of the ways to solve the problem of purification of natural and technical waters from radionuclides after incidents caused by human factor. The choice of sorbate is determined by several factors. Among the most important are its sorption characteristics, chemical resistance and cost of material. Study of the weathering crust on marl and cretaceous rocks of the santonskiy stage showed that they possess absorption properties. This mineral substance is represented by silicates and carbonates, so the commercial name derived from the weathering crusts of the product is «carbosem».

**Key words:** «Carbosem», zeolite, radionuclides, sorbate.

Один из наиболее эффективных и экономичных способов предотвращения антропогенного загрязнения подземных и поверхностных вод, главным образом от стронция и цезия, по мнению А.В. Савенко и В.И. Сергеева [1], является создание искусственных геохимических барьеров для иммобилизации загрязняющих веществ.

Существуют два основных способа стабилизации стронция: а) создание осадительных геохимических барьеров, в пределах которых проходит образование труднорастворимого стронциевого минерала – стронцианита ( $\text{SrCO}_3$ ) и б) создание сорбционных геохимических барьеров с использованием широко распространенных и дешевых природных сорбентов.

При создании искусственных осадительных барьеров используются карбонатные осадочные породы. Удаление стронция из воды на осадительных геохимических барьерах происходит в результате протекания реакций замещения кальцита стронцианитом:



Альтернативный способ иммобилизации стронция, обеспечивающий одновременное снижение абсолютных концентраций и отношения  $\text{Sr}/\text{Ca}$  в растворе, представляют собой сорбционные геохимические барьеры из пород, содержащих значительные количества глинистых минералов и обладающих вследствие этого высокой сорбционной способностью. Сорбционная способность катионов возрастает в ряду  $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sr}^{2+} < \text{Ba}^{2+}$ .

В.И. Сергеевым было показано, что сорбционная способность ионов пропорциональна разности их электростатической энергии в кристаллической решетке и энергии гидратации. В практике обезвреживания радиоактивных маломинерализованных вод широко используются мембранно-сорбционные методы на основе применения цеолитов, которые позволяют при очистке воды от  $\beta$ -нуклидов уменьшить их содержание в 100 раз и сократить объем вторичных отходов до 0,2% от общего объема радиоактивного вещества.

Начиная с 60-х годов, применение цеолитов для защиты окружающей среды в США приобре-

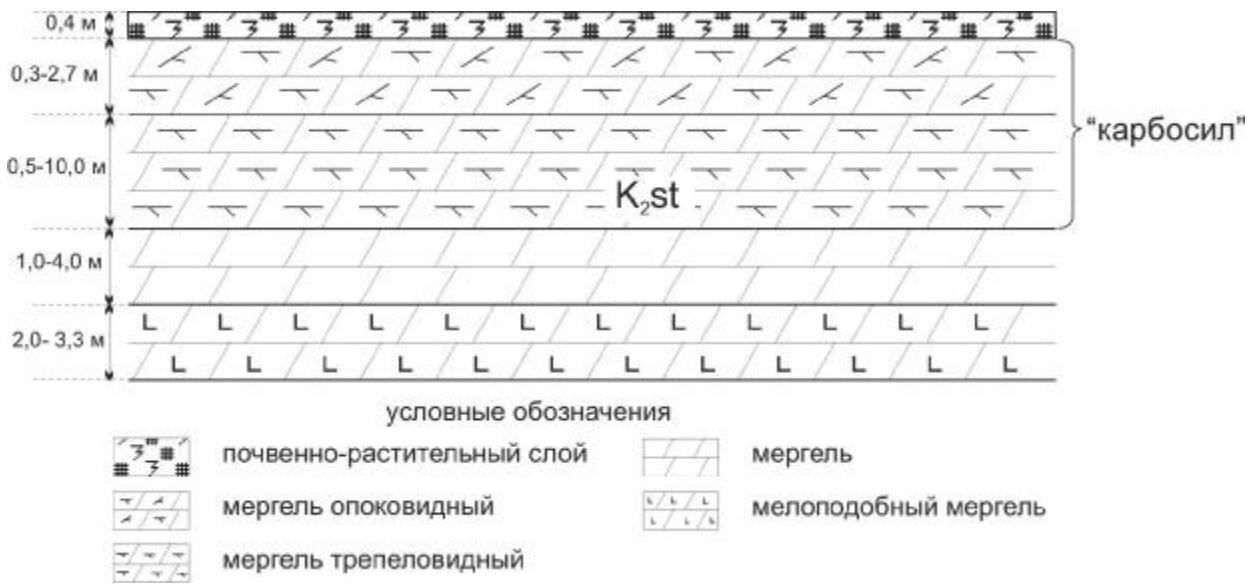


Рис. Схематический разрез коры выветривания

ло широкие масштабы, главным образом, благодаря деятельности комиссии США по атомной энергии. Эта комиссия решила проблему концентрирования и выделения радиоактивных элементов из отработанных вод, образованных атомными установками. Таким образом, природные цеолиты используются как коллекторы радиоактивных отходов.

Проблему обезвреживания наиболее значительных по объему радиоактивных отходов низкой и средней активности на базе клиноптиллолита на промышленной основе решают в Великобритании, Франции, Италии. Использование перемычек, пробок, заградителей и буферов из природных сорбентов предусмотрено практически во всех разрабатываемых проектах захоронений отходов в могильниках, скважинах, шахтах. Цеолиты являются важным компонентом многобарьерных систем изоляции.

При разработке дезактивирующих композиций по снижению вторичного переноса радионуклидов с обочин дорог, промышленных площадок внимание ученых вновь было обращено на природные минеральные сорбенты, способные закреплять и очищать поверхностный слой почв. Минеральная композиция наносится на поверхность почвы в виде водной суспензии имеющейся сельскохозяйственной техникой, она хорошо применима как на песчаных участках, так и на грунтах с растительностью.

Примечательной особенностью цеолитов является наличие системы пустот и каналов в их структуре, которые могут составлять до 50 % от общего

объема цеолита. В дегидратированной форме адсорбционная емкость одного грамма цеолита эквивалентна 800 моль/г. Эффективны цеолиты и в отношении органических соединений, например, концентрация наиболее распространенного в воде канцерогена – бензапирена, уменьшается в 260 раз.

Сотрудниками научно-производственной фирмы «Геос» в Губкинском районе Белгородской области открыта залежь нового вида сорбционного карбонатно-силикатного сырья «Карбосил». Здесь развита содержащая цеолиты кора выветривания на мергельно-меловых породах сантонского яруса, образовавшаяся в неогеновое время. По результатам поисково-оценочных пород выявлено, что в толще пород, слагающих элювий, снизу вверх происходит увеличение кремнезема общего, в том числе аморфного, с одновременным уменьшением содержания СаО. Это обуславливает для отложений сантонского яруса характерный постепенный переход мергеля мелоподобного в мергель натуральный и далее в прослой известковистых опок и мергеля опокovidного (рис.). Эта толща пород относится к остаточным образованиям по первичным морским биогенным осадкам, в результате диагенеза превратившихся в мел-мергельные породы. В неогеновое время они подверглись эпигенным метасоматическим преобразованиям [2, 3], что привело к созданию сотовой структуры массива. В нем остаточный карбонат кальция интенсивно пропитан аморфным кремнеземом и содержит вновь образованные минералы – цеолиты и монтмориллонит. В количественном отношении доля цеолита в материале составляет 20-25 %, бен-

Осаждение стронция при взаимодействии с сорбентом «Карбосил» [2]

Доля «Карбосила», %	pH	Равновесная концентрация Sr <sup>2+</sup> , мкМ	Процент удаления
16,7	7,98	17,0	99,1
33,3	8,23	14,6	99,2
50,0	8,49	19,2	99,0
66,7	8,72	18,0	99,1
83,3	8,92	7,1	99,6

тонита – 15-20%, опала – 10-15% и карбоната кальция – 45-50%. Особенностью перечисленных минералов является дефектность их кристаллических решеток, которая и предопределяет высокую сорбционную и биологическую активность.

Сотрудниками фирмы «Геос» на базе лаборатории Белгородского государственного технологического университета были проведены испытания на сорбционные свойства «Карбосила». Полученные результаты (таблица) показывают, что производимый научно-производственной фирмой «Геос» сорбент по своему минеральному составу соответствует условиям поглощения радионуклидов из воды.

Присутствующий в сорбенте карбонат кальция в водной среде активно взаимодействует со стронцием, образуя новый минерал – стронцианит, который выпадает в осадок. Частицы бентонитовой глины и цеолита, в связи с условиями образования, обладают повышенной электростатической энергией кристаллической решетки, усиленной процессами гидратации, активно поглощают из воды цезий и стронций через обменные реакции.

Частицы аморфного кремнезема также активно поглощают радионуклиды [2].

Таким образом, карбонатно-силикатное сырье «Карбосил» пригоден для использования в качестве компонента многобарьерной системы изоляции радионуклидов, находящихся в водной среде. Применение этого минерального сырья будет весьма перспективным технологическим решением проблемы, особенно с учетом низкой себестоимости сырья и его значительными запасами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев В.И. Использование калькаринита для удаления тяжелых металлов из вод, содержащих растворенное органическое вещество / В.И. Сергеев, А.В. Савенко, Л. Гатто // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2000. – №3. – С. 229-233.
2. Оценка опоквидных мергелей Поддубенского участка Хворостянского месторождения для производства минеральной добавки, с подсчетом запасов // Тр. НПФ «Геос». – Белгород, 2003. – С. 112-149.
3. Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины / Г.И. Бушинский // Тр. ин-та геол. наук АН СССР. – М., 1954. – С. 78-90.

Чигарев Антон Геннадьевич  
аспирант Воронежского государственного университета геологического факультета, г. Воронеж,  
т. 8 (4732) 25-10-05, e-mail: geolant@yandex.ru  
Поддубный Алексей Павлович  
директор научно-производственной фирмы «Геос»,  
г. Белгород, т. 8 (4722) 54-32-15, e-mail: geolant@yandex.ru

Chigarev Anton Gennad'yevitch  
Post-graduate student of the geological faculty of the Voronezh State University, tel. 8 (4732) 25-10-05,  
e-mail: geolant@yandex.ru  
Poddubny Aleksey Pavlovitch  
Director of the research and production firm «Geos», Belgorod, tel. 8 (4722) 54-32-15, e-mail: geolant@yandex.ru