

ОСНОВЫ КРУГОВОРОТА МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ГЕОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Л.Б. Сватовская, доктор технических наук, профессор;

А.М. Сычева, доктор технических наук, профессор;

В.Н. Сурков, кандидат технических наук.

Петербургский государственный университет путей сообщения

Рассмотрен возможный круговорот минеральных веществ в цикле – материалы для строительства на цементной основе, их геоэкозащитные свойства – полезные свойства продуктов разрушения и возврат в технологию получения материалов. Рассмотрены обеспечивающие цикл физико-химические схемы процессов.

Ключевые слова: цикл, минеральные вещества, материалы, строительство, геоэкозащита

CYCLE OF THE MINERAL SUBSTANCES OF THE CONSTRUCTION AND GEOECOPROTECTION MATERIALS

L.B. Svatovskaya; A.M. Sychova; V.N. Surkov.
Petersburg state university of railway transport

Cycle of the mineral substances of the construction and geocoprotection materials are being shown in the paper. As the construction materials cement materials have been regarded. The examples of the reactions the environment protection are being shown and reaction for the cycle as well.

Keywords: cycle, mineral substances, materials, construction, geocoprotection

В естествознании рассматриваются круговороты в природе H_2O , CO_2 , N_2 и других веществ [1], однако, до настоящего времени возможные круговороты минеральных веществ, используемых в строительстве в замкнутом цикле, не рассматривались. С другой стороны, экологи и геоэкологи, занимаясь проблемами сохранения чистоты окружающей среды и разрабатывая безотходные технологические циклы, стремятся найти такие физико-химические процессы, которые бы обеспечили основу для функционирования безотходного цикла минеральных веществ и гарантировали надежность использования [2–4].

На рисунке представлен замкнутый цикл минеральных вяжущих веществ, а в табл. 1, 2 показаны примеры химических превращений, которые осуществляются самопроизвольно при реализации цикла.

Таблица 1. Инженерно-химический анализ превращений при геоэкозащите

Инженерно-химический анализ по параметру	Изменение параметра при осуществлении геоэкозащитного процесса
Энергия Гиббса, ΔG_{298}^0	Понижается, что говорит о самопроизвольности процесса
Состав фаз, мольная масса М, г/моль	Повышается, что говорит об усложнении фаз
Растворимость продуктов, величина ПР	Понижается, что свидетельствует о снижении уровня опасности веществ до минимальной
Энтальпия системы при детоксикации, ΔH_{298}^0	Понижается, что информирует о приобретении системой новых свойств за счет усложнения фаз



Рис. Схема замкнутого цикла цементных материалов в геозооэкономических строительных технологиях с реализацией самопроизвольных процессов на базе понижения свободной энергии системы

Таблица 2. Геоэкозащитные технологии

Название геоэкозащитных технологий	Примеры действующих веществ в искусственном камне, МГ _а *	Геоэкозащитные процессы на основе	Пример использования технологий
Превентивные от загрязнений ионами тяжелых металлов, ИТМ, связанная с их детоксикацией	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4	Химических реакций продуктов разрушения камня и ионов тяжелых металлов (ИТМ): $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Me}^{2+} =$ $=\text{Me}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Ca}^{2+}$ $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O} +$ $+ \text{Me}^{2+} = \text{MeO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O} + 2\text{Ca}^{2+}$	Любая использующая дисперсия твердых фаз, которые возможно частично заменить
Превентивные от загрязнения литосферы нефтеразливами, связанные с их изъятием в нефтеемкость в виде пористого тела	Пористые, искусственно полученные силикаты или сульфаты	Физических процессов капиллярного подсоса или пропитки нефтепродуктами пористого изделия	Создание геоэкозащитных экранов из пористых систем
Детоксикационные с одновременным твердением в искусственный камень, связанный с получением полезного продукта	Фосфатные или щелочные вяжущие, составляющие шлакощелочные смеси	Химических реакций с ИТМ и одновременно с гидратообразованием $2(\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{Si}\cdot\text{O}_2) + 4\text{NaOH} + 4\text{H}_2\text{O} + \text{Pb}^{2+} =$ $= \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow +$ $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} + 2(\text{NaAlSi}_2\text{O}_6\cdot \text{H}_2\text{O})$	Укрепление грунтов фосфатным или щелочным твердением вяжущих
Ликвидационные	Составляющие вяжущей, цементной, фосфатной или щелочной системе	Процессов твердения вяжущей системы с формированием пористой среды	Аварийные разливы нефтепродуктов
Нейтрализационная кислот оснований	Твердые фазы с реакцией среды, не соответствующей рН=7	Химических реакций нейтрализации с солеобразованием, например процессы образования фенолятов из фенола, что сопровождается понижением класса опасности: $2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 =$ $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$	Для нейтрализации вредных веществ от отработанных деревянных шпал

*МГ_а – минеральный геоантидот

Анализ рисунка и табл. 1, 2 свидетельствуют о том, что замкнутый цикл кругооборота минеральных веществ, используемых в строительной деятельности, осуществляется с понижением энергии Гиббса, то есть это энергетически целесообразный для стандартных условий процесс, который охватывает и искусственное камнеобразование – процесс, идущий с выделением энергии и формированием камня с соответствующими эксплуатационными свойствами. Новая посылка в данном случае состоит в том, что известные материалы для строительства с известными свойствами строительного материаловедения (рис., позиция I), благодаря обоснованию ГЭП (позиция II) материала, могут быть охарактеризованы специальным показателем, отражающим геоэкологические свойства – параметром ГЭП. Его

смысл состоит в информации о защите природно-техногенных систем путем учета природо- и ресурсосохранности (позиции 1–3 на рисунке), которые по меньшей мере включают три принципиальные для геоэкологии знания – затраты природного сырья в материале, энергосбережения при эксплуатации в жилищно-коммунальном хозяйстве путём учета, например показателя теплопроводности ($\text{Вт/м}\cdot\text{К}$), и геоэкозащитные свойства, связанные уже с разрушением, когда приходит время материала или изделия, которые, в свою очередь, включают свойства, указанные в пунктах 4–6 на рисунке. Именно эти полезные свойства в дополнении к известным строительным (позиции I цикла) возникают по мере закономерного расходования времени действия минерального материала как строительного. Например, обезвреживание ионов тяжелых металлов (ИТМ) формирует «геоэкологическую жизнь» минеральной цементной системы, которая обеспечивает в соответствии с геоэкологическими свойствами развитие новых геоэкозащитных технологий [4].

Таким образом, сопоставление табл. 1, 2 свидетельствуют о том, что технологии (превентивные и детоксикационные), идущие с понижением энергии системы (что вытекает из приведенных расчетов [1]), сопровождаются усложнением состава фаз и ростом молекулярных масс, причем растворимость продуктов при детоксикации снижается ($\text{ПР} < 10^{-7}$), что обеспечивает снижение уровня опасности. Понижение уровня полной энергии системы, ΔH_{298}^0 за счет усложнения фаз способствует росту информации основных фаз новообразований по их возможности участия в процессах геоэкохимической защиты, поскольку системы увеличивают количество полезных, в данном случае геоэкозащитных свойств за счет образования новых химических связей при усложнении фаз.

Иллюстрацией сказанного выше служит предложенный ранее ряд образований гидросиликатов и гидро-алюминатов кальция, когда при усложнении фаз, например от алюминия к гидросульфалюминату кальция (этtringиту) – $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 30\text{--}33\text{H}_2\text{O}$ или от кальция к гидросиликатам кальция, следует ожидать повышения обезвреживающей способности этих фаз подобно тому, как происходит рост обезвреживающей активности при переходе от кремния (Si) к гидросиликатам, которые демонстрируют геоэкохимическую активность этих фаз [1–3, 5].

Такого рода энергетическое обоснование подтверждает представление о том, что в целях геоэкозащиты и детоксикации [6] могут быть использованы вещества, известные в строительстве, но по-новому назначению, такие как цементы, а также продукты разрушения изделий и строительных фрагментов, содержащих в своем составе цементные минералы и продукты их гидратации [7].

Выводы:

1. Рассмотрен замкнутый цикл (кругооборот) минеральных вяжущих в строительной и геоэкозащитной практике.
2. Прослежено, что физико-химические процессы, обеспечивающие цикл, происходят с понижением свободной энергии системы ΔG_{298}^0 , что говорит о том, что они реализуются в стандартных условиях самопроизвольно.

Литература

1. Инженерно-химические основы прогнозирования геоэкозащитных свойств твердых тел и новых технологий обезвреживания: монография / Л.Б. Сватовская [и др.]. СПб.: ПГУПС, 2010.
2. Сватовская Л.Б., Байдарашвили М.М., Сахарова А.С. Геоэкозащитность по ионам тяжелых металлов некоторых искусственно полученных минеральных веществ // Естественные и технические науки. М.: Спутник+, 2011. № 4 (54). С. 512–514.
3. Сватовская Л.Б., Мартынова В.Д., Байдарашвили М.М. Защита природо-техногенных комплексов с учетом использования в строительной деятельности ресурсоэкономных технологий // Естественные и технические науки. М.: Спутник+, 2011. № 4 (54). С. 372–379.

4. Направления развития геоэкологии и материаловедения для строительной деятельности с учетом инженерно-технических знаний / Л.Б. Сватовская [и др.] // Естественные и технические науки. М.: Спутник+, 2011. № 4 (54). С. 380–382.

5. Новое технологическое решение для окружающей среды в пределах полосы отвода железных дорог / Л.Б. Сватовская [и др.] // Транспортное строительство. 2012. № 7. С. 12–13.

6. Применение геомембраны в геоэкозащитных целях / Л.Б. Сватовская [и др.] // Транспортное строительство. 2012. № 8. С. 12–13.