

Л.Б. Сватовская, А.А. Кабанов, Л.Г. Лукина
(Петербургский государственный университет путей сообщения
им. императора Александра I; e-mail: lbsvatovskaya@yandex.ru)

ПРОЦЕССЫ ИСКУССТВЕННОГО КАМНЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Проанализированы процессы искусственного камнеобразования и свойства камня для защиты природно-техногенных систем от загрязнений.

Ключевые слова: камнеобразование, искусственный, процессы, геоэкохимические, геоэкофизические.

L.B. Svatovskaya, A.A. Kabanov, L.G. Lukina **ARTIFICIAL FORMATION OF STONE PROCESSES FOR PROTECTION OF NATURAL AND MAN-MADE SYSTEMS**

Analysis of processes of the artificial formation of stone and stone properties for the protection of natural and man-made systems from pollution.

Key words: stone formation, artificial, processes, geochemical, geophysical.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 11 июля 2014 г.

В развитие работ [1-7], в данной статье приведён анализ свойств строительных систем искусственного камнеобразования разной природы, которые могут быть использованы для **геоэкозащитных природосохраняющих строительных технологий**, то есть строительные системы таким образом становятся одновременно геоэкозащитными. В таком направлении рассмотрения к строительным свойствам, обеспечиваемым химическими процессами, добавляются одновременно и геоэкохимические процессы, под которыми понимаются самопроизвольные химические процессы, способствующие сохранению живой природы, например, процессы детоксикации. К таким же свойствам сохранения окружающей среды относятся геоэкофизические процессы, основанные на самопроизвольных физических явлениях, например, явления поглощения загрязнений капиллярно-пористым телом (рис. 1).

Известно, что основное свойство искусственного камнеобразования для строительства – прочность – формирует капиллярно-пористое тело из смеси, состоящей из минерального порошка и жидкости затворения в примерном соотношении количества жидкости к порошку минерального вещества, равному 3:10. В табл. 1 показаны примеры твердеющих смесей, классифицированных по кислотно-основным свойствам жидкости затворения.

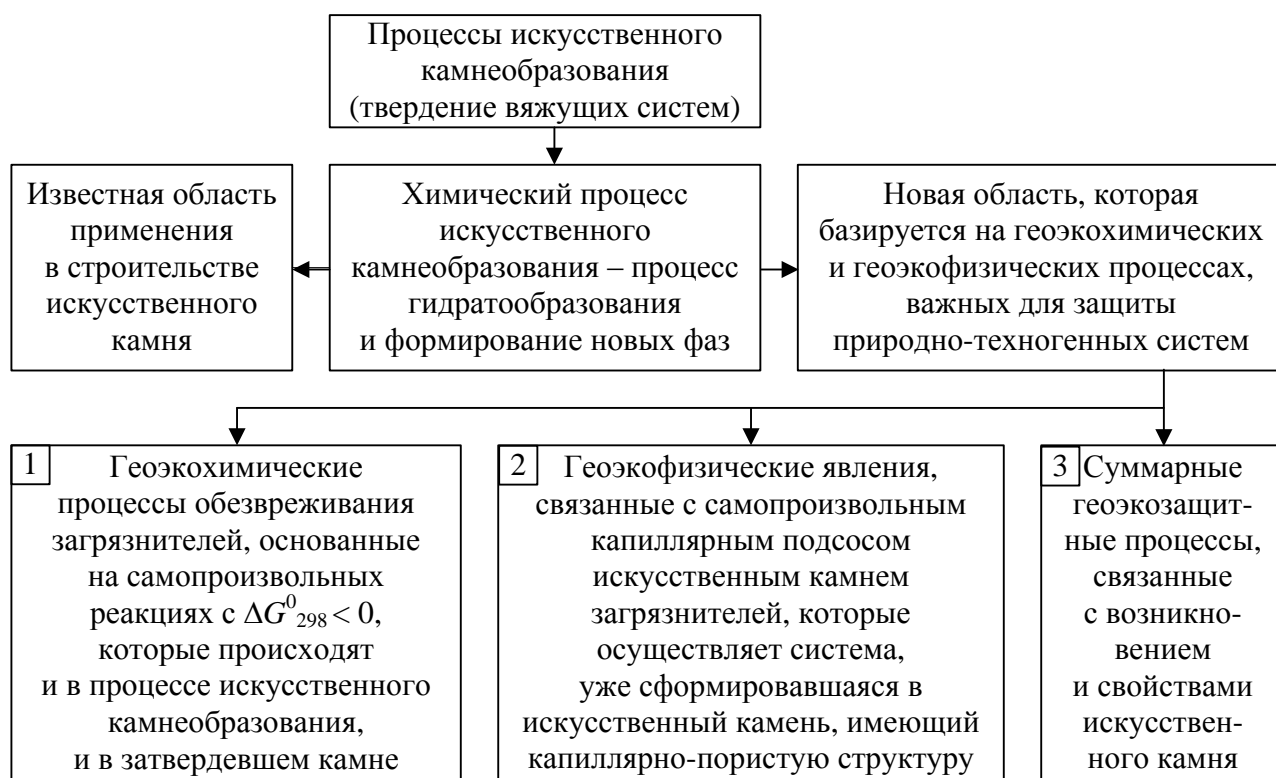


Рис. 1. Геоэкохимические и геоэкофизические свойства процессов искусственного камнеобразования и образованного камня

Таблица 1

Примеры систем искусственного камнеобразования

Природа порошка, примеры	Жидкость затворения	рН		Название искусственного камня, применяемого в строительстве
		жидкости затворения	твердеющей смеси	
Искусственно полученные кальциевые силикаты и (или) алюминаты	Вода	~ 7	> 7	Цементный (силикатный или алюминатный) и материалы на его основе
Некоторые природные продукты, содержащие алюмосиликаты	Растворы силиката натрия	> 7	> 7	Щелочные цементы, в том числе и геополимеры
Оксиды Fe(II), Zn(II), Cu(II), а также природные продукты, содержащие алюмосиликаты	Растворы фосфорной кислоты	< 7	< 7	Фосфатные цементы

Химические процессы, обеспечивающие твердение, и структура полученного искусственного камня одновременно с достижением строительных целей содержат и новые свойства как основания для геоэкозащиты, и именно эти свойства обеспечивают процессы, названные геоэкохимическими и геоэкофизическими (табл. 2, графа 3), рассмотренными на примере обезвреживания *ионов тяжелых металлов (ИТМ)*.

**Геоэко свойства процессов искусственного камнеобразования (вяжущих систем)
как основа для проявления геоэкозащитных свойств**

Процессы	Примеры процессов при искусственном камнеобразовании	Геоэко процессы обезвреживания загрязнений из ИТМ* системой искусственного камня
1. Гидратообразование при твердении в камень по реакциям		
а) преимущественно гидратообразования	$C_2S^{**} + nH_2O = \underbrace{C_2S \cdot nH_2O}_{\text{Искусственный камень}}$	<p align="center"><i>Геоэкохимический процесс</i></p> $(1) C_2S + nH_2O + Cu^{2+} + 2OH^- = \underbrace{Cu(OH)_2 \downarrow + C_2S \cdot nH_2O}_{\text{Искусственный камень}}$
б) гидратообразования и гидролиза	$C_3S^{**} + (n+1) H_2O = \underbrace{C_2S \cdot nH_2O + Ca(OH)_2}_{\text{Искусственный камень}}$	<p align="center"><i>Геоэкохимический процесс</i></p> $(2) C_3S + (n+1) H_2O + Pb^{2+} + 2OH^- = \underbrace{C_2S \cdot nH_2O + Pb(OH)_2 \downarrow + Ca^{2+}}_{\text{Искусственный камень}}$
в) кислотно основного взаимодействия	$3ZnO + Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 4H_3PO_4 = \underbrace{Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O + 2(SiO_2 \cdot H_2O) + 2AlPO_4}_{\text{Искусственный камень}} + 2H_2O$	<p align="center"><i>Геоэкохимический процесс</i></p> $3ZnO + Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 3Cd^{2+} + 6H_3PO_4 = \underbrace{Cd_3(PO_4)_2 + 2(SiO_2 \cdot H_2O) + 2AlPO_4 + Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O}_{\text{Искусственный камень}} + 2H_2O + 6H^+$
Геоэкофизический процесс поглощения сформировавшимся камнем загрязнённых растворов	$\underbrace{C_2S \cdot nH_2O + Ca(OH)_2}_{\text{Искусственный камень}} + Fe^{3+} \cdot aq$	<p align="center"><i>Суммарный геоэко процесс</i></p> $\underbrace{C_2S \cdot nH_2O + Ca(OH)_2}_{\text{Искусственный камень}} + Fe^{3+} + OH^- = \underbrace{C_2S \cdot nH_2O + Fe(OH)_3 \downarrow + Ca^{2+}}_{\text{Искусственный камень}}$

*ИТМ – ионы тяжёлых металлов;

**C₂S и C₃S – гидратационноактивные минералы портландцемента

Анализ табл. 2 обращает внимание на следующие два обстоятельства.

Первое обстоятельство – если в процессе твердения системы в камень в воде затворения присутствуют ионы токсикантов, например, ИТМ, то одновременно в процессе твердения, используя формирующуюся среду (графа 4, табл. 1), можно прогнозировать образование труднорастворимых веществ с ионами – загрязнителями, которые остаются в структуре камня (графа 3, табл. 2). В этом случае система, твердеющая в камень и обезвреживающая токсиканты, превращается, по нашей терминологии [1], в *минеральной геоантисидот (МГа)*; влияние ионов токсикантов на процессы твердения также рассмотрены в монографии [8].

Второе обстоятельство связано с поглощающими свойствами искусственного камня как капиллярно-пористого тела, и это свойство определяется как геоэкофизическое. Способность тела к поглощению растворов, содержащих загрязнители, структурой камня за счет свойств капиллярной пористости – это геоэкофизический процесс. В целом, происходят *два самопроизвольных процесса – геоэкофизический* в виде капиллярного подсоса за счёт структуры кам-

ня (твёрдого минерального тела) и *геоэкохимический* процесс обезвреживания загрязнителей, если в камне есть соответствующие компоненты, что термодинамически оправдано [3]. Важно отметить, что продукты детоксикации также остаются в структуре камня, который осуществляет строительные функции. Таким образом, камень, который поглощает и обезвреживает, является также минеральным геоантидотом.

Возможно целевое использование геоэкофизических свойств для обезвреживания загрязнений в детоксикационных целях, тогда искусственный камень "выступает" как ёмкость поглощенных нефтезагрязнений; в работе [7] показаны возможности таких свойств изделий при ликвидации нефтеразливов.

Может быть осуществлено специальное проектирование изделий из капиллярно-пористого тела как геоэкозащитных; тогда при формировании изделий они должны содержать вещества, образующие с токсикантами продукты с особенно низкими *ПР (произведением растворимости)*, при этом обезвреживающая способность таких изделий – МГ_а будет выше. Такого рода превращения лежат в инновационных технологиях.

В табл. 3 показаны возможные строительные технологии геоэкозащиты, базирующиеся на процессах искусственного камнеобразования и геоэкозащитных свойств вяжущей системы, прослеженные в табл. 1 и 2.

Таблица 3

Строительные и одновременно геоэкозащитные технологии

Строительные технологии с одновременной геоэкозащитной функцией	Примеры вяжущих систем	Название геоэкозащитной технологии
Укрепление глинодержащего грунта с одновременной детоксикацией ионов тяжелых металлов	Фосфатные и шлако-щелочные системы	Детоксикационные, основанные на геоэкохимических процессах
Укрепление глино- и кремнезёмсодержащих систем с одновременным блокированием нефтезагрязнителей	Фосфатные системы	Ликвидационно-детоксикационные, основанные на геоэкохимических процессах
Геоэксплуатация конструкций из цементных бетонов	Портландцементные системы	Ликвидационные и детоксикационные, основанные на геоэкофизических процессах поглощения загрязнителей цементным камнем с их возможным обезвреживанием

Выводы

1. Прослежено, как процессы искусственного камнеобразования (твердения вяжущих систем) могут быть использованы в природосохранных целях.
2. Показано, что в качестве геоэкозащитных процессов, проходящих в строительных системах, могут быть геоэкохимические, геоэкофизические и комплексные процессы, связанные с особенностью, реакцией и свойствами камня разной природы.

Литература

1. **Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Сычева А.М. и др.** Введение в геоэкохимию детоксикации литосферы на базе особенностей процессов твердения вяжущих и искусственного камнеобразования: монография. С.-Пб.: ПГУПС, 2012. 80 с.
2. **Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Степанова И.В., Хаммади М.** Технологические решения в строительной деятельности на базе естествознания замкнутого цикла // Естественные и технические науки. 2013. № 3. С. 145-149.
3. **Сватовская Л.Б.** Энергетический аспект геоэкологической защиты при транспортном строительстве // Транспортное строительство. 2014. № 3. С. 30-31.
4. **Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Пузанова Ю.Е.** Геозащитные свойства гидратосодержащих твёрдых фаз // Геохимия. 2010. С. 661-663.
5. **Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Байдарашвили М.М., Шершнева М.В., Сычева А.М., Кабанов А.А.** Новое геоэкозащитное свойство строительных материалов и изделий // Технологии техносферной безопасности: интернет журнал. Вып. 1 (53). 2014. 6 с.
6. **Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Макарова Е.И., Шершнева М.В., Байдарашвили М.М., Кабанов А.А.** Энергетическое обоснование геоэкозащитных свойств минеральных строительных материалов // Технологии техносферной безопасности: интернет журнал. Вып. 1 (53). 2014. 7 с.
7. **Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Шершнева М.В., Байдарашвили М.М., Ефимова Н.Н., Сурков В.Н.** Геоэкозащитные абсорбционные нефтепоглощающие свойства строительных материалов и изделий // Технологии техносферной безопасности: интернет журнал. Вып. 2 (54). 2014. 7 с.
8. **Сватовская Л.Б., Сычев М.М.** Активированное твердение цементов. Л.: Стройиздат, 1983. 150 с.