

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ ГЕОАНТИДОТОВ

Приведены схемы детоксикаций ионов тяжёлых металлов с использованием минеральных геоантидотов. Даны примеры твёрдых фаз с прогнозируемыми свойствами и геоэкохимическими процессами, обезвреживающими загрязнение.

Ключевые слова: минеральный, геоантидот, геоэкохимия, золирование, обезвреживание.

L.B. Svatovskaya

DETOXICATING OF SOME POLLUTIONS BY MEANS OF MINERAL GEOANTIDOTES

Schemes of the heavy metal ion detoxication by means of mineral geoantidotes are being shown. Examples of solid phases with the predicted properties and geochemical processes of detoxifying pollution.

Key words: mineral, geoantidotes, geochemical, process of soling, detoxication.

Статья поступила 21 ноября 2014 г.

В работах [1-7] показано, что если в минеральной природной или техногенной среде присутствуют токсичные **ионы тяжёлых металлов (ИТМ)**, которые отличаются определённым строением электронной оболочки (табл. 1), то в самопроизвольной реакции с ними ($\Delta G_{298}^0 < 0$) могут участвовать вещества в твёрдом состоянии, содержащиеся в виде катионов Na(I), K(II), Mg(II) и Ca(II), безопасные для окружающей среды; при этом с токсичными ионами образуются труднорастворимые вещества.

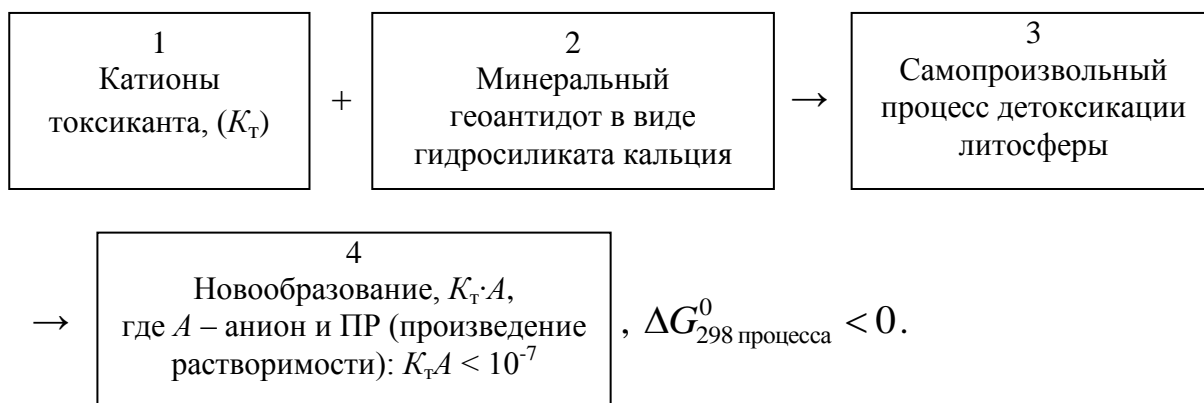
Таблица 1

Электронная природа опасных и безопасных для окружающей среды катионов

Катионы-акцепторы, неопасные для живого организма в свободном состоянии			Катионы, представляющие опасность для живого организма в свободном состоянии (токсиканты)		
Катион, K	Принадлежность к семейству в таблице Д.И. Менделеева	Энергия, значения n и 1	Катион, K_T	Принадлежность к семейству в таблице Д.И. Менделеева	Энергия, значения n и 1
H(I) (pH = 7)	s	$1s^0$	Ba(II)	s	$6s^0$
			Cu(II)	d	$4s^0 3d^9$
Na(I)	s	$3s^0$	Pb(II)	p	$6s^2 p^0$
Mg(II)	s	$3s^0$	Sn(II)	p	$5s^2 p^0$
K(I)	s	$4s^0$	Zn(II)	d	$4s^0 3d^{10}$
Ca(II)	s	$4s^0$	Cd(II)	d	$5s^0 4d^{10}$
			Hg(II)	d	$6s^0 5d^{10}$

Такие твёрдые среды (вещества, изделия), обезвреживающие токсиканты, были названы *минеральными геоантидотами (МГа)* [1-7], а химические реакции обезвреживания (детоксикации) названы геоэкохимическими реакциями. В общем виде детоксикация катиона токсиканта, K_T , проходящая с участием, например, гидросиликатов кальция, которые могут быть природного, искусственного или техногенного происхождения, представлена на схеме 1.

Схема I



Однако, в качестве детоксикационных могут быть использованы процессы, в которых в качестве МГа применяют гидратационноактивные силикаты или алюминаты кальция, которые участвуют в процессах искусственного камнеобразования (твердение вяжущих систем), схема II. Силикаты, алюминаты, а также алюмоферриты кальция, формирующие, как известно, портландцемент, состоят из искусственно полученных минералов – $C_3S(3CaO \cdot SiO_2)$; $C_2S(2CaO \cdot SiO_2)$; $C_3A(3CaO \cdot Al_2O_3)$ и $C_4AF(4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3)$.

Схема II

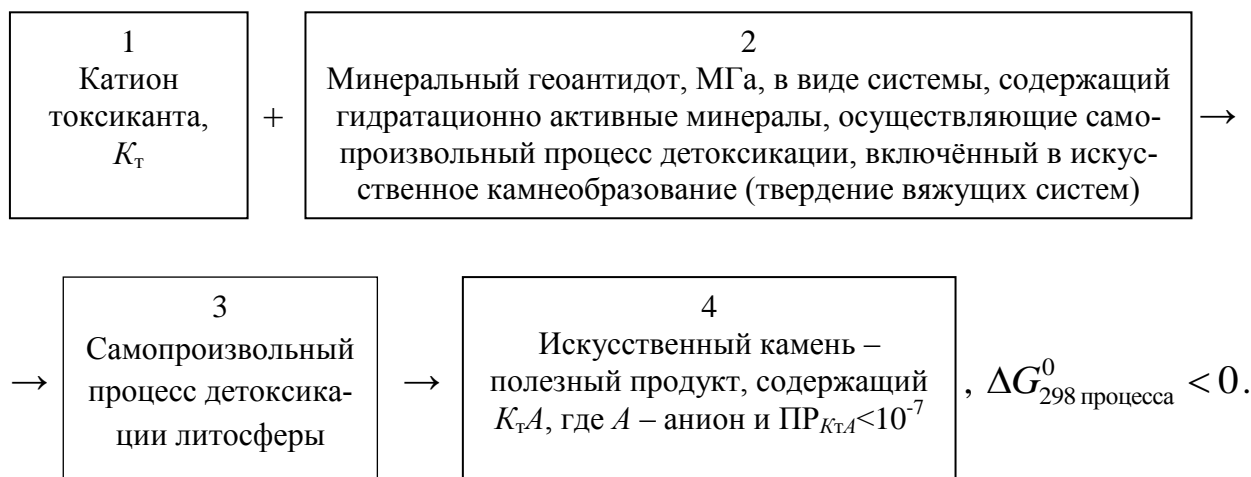


Схема II отличается от первой тем, что продукты детоксикации остаются в структуре камня (позиция 4), который осуществляет полезную строительную функцию, и природа минерального геоантидота другая – позиция 2; если в первом случае – это *гидратсодержащие* вещества (ГС), то во втором – *гидратационноактивные* (ГА).

В работах [1-7] приведены значения статической емкости по обезвреживанию ИТМ твёрдыми фазами, содержащими катионы кальция, в виде силикатов и гидросиликатов, которые в таком случае проявляют свойства минеральных геоантисептиков, и значение этих статических ёмкостей составляет ~ 1-4 мг/г. Статические ёмкости по обезвреживанию ионов тяжёлых металлов, обнаруженные и приведенные в работах [1-7], свидетельствуют о том, что величины статических ёмкостей для ГА-веществ несколько выше.

В развитие полученных данных по силикатам и гидросиликатам кальция, в табл. 2 показаны примеры МГА-веществ в виде гидратсодержащих алюминатов кальция, для которых прогнозируется геоэкохимическая¹ активность по обезвреживанию ИТМ, то есть прогнозируется способность быть минеральными геоантисептиками. При этом и гидратационноактивные минералы, составляющие основу минеральных порошков в процессах твердения вяжущих систем, и сами вяжущие системы, придающие всей твердеющей системе обезвреживающие свойства, являются минеральными геоантисептиками.

Таблица 2

**Примеры прогнозирования способности быть МГА,
искусственно полученными гидратсодержащими фазами**

Формула вещества в твёрдом состоянии	Характеристики вещества		
	$-\Delta H^0_{298}$ кДж/моль	$-\Delta G^0_{298}$ кДж/моль	Молярная масса, г/моль
4CaO·Al ₂ O ₃ ·13H ₂ O	8291	7311	560
4CaO·Al ₂ O ₃ ·19H ₂ O	10070	8745	668
3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaCO ₃ ·11H ₂ O	8200	7288	568
3CaO·Al ₂ O ₃ ·CaSO ₄ ·12H ₂ O	8706	7704	622
3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·31H ₂ O	17183	14866	1236
3MgO·2SiO ₂ ·2H ₂ O	4305	3979	516
3MgO·4SiO ₂ ·H ₂ O	5840	5457	378
5MgO·8SiO ₂ ·9H ₂ O	13180	11741	842

В табл. 3 показаны примеры химических реакций для позиции 3 в схемах I и II, осуществляющих геоэкохимические функции, которые, в свою очередь, формируют превентивные, ликвидационные, детоксикационные и другие геоэкозащитные решения защиты литосферы.

Следует отметить, что, поскольку МГА – это твёрдые фазы, взаимодействующие, как правило, с загрязнёнными растворами, то рассматриваемые реакции относятся к гетерогенным и не окислительно-восстановительным; их основной отличительный признак, дающий обоснование для принадлежности с геоэкохимическим, – обязательное обезвреживание загрязнителей путём связывания в трудно-растворимые вещества.

¹ Геоэкохимия – наука о веществах и их превращениях для сбережения литосферы в естественном состоянии, сохраняющем живую природу

Примеры геоэкохимических реакций минеральных геоантидотов (МГа)

Название геоэкохимической реакции	pH	Пример систем с минеральными геоантидотами, МГа, как твёрдой составляющей гетерогенной системы	Каким свойством проявляется в геоэкозащите
Кислотно-основная	< 7	Глиносодержащее вещество – раствор фосфорной кислоты с ИТМ	Детоксикация (обезвреживания) ИТМ
Кислотно-основная	> 7	Метакаолин – раствор щёлочи с ИТМ	
Гидролиз	≈ 7	Гидратационноактивные минералы кальция – раствор с ИТМ	Формирование среды с pH > 7, что обезвреживает ИТМ с образованием Me(OH) ₂
Обменная	≈ 7	Гипс-раствор с ИТМ	Детоксикация ионов например, Ba(II) или Pb(II) с образованием BaSO ₄ , PbSO ₄
Золирование	> 7	SiO ₂ · nH ₂ O (золь) – раствор с ИТМ	Образования гидросиликатов тяжелых металлов Me*O · SiO ₂ · nH ₂ O

*Me(II) – ион тяжёлого металла

В табл. 3 приводится новый тип реакции – золирование, который отличается от других процессов табл. 3 тем, что в качестве твёрдой фазы используются частицы нано-размера на примере кремнезоля. Такие частицы могут быть и другой природы – алюмозоль, железо Fe(II, III) – золь; во всех случаях процессы в графе (3) идут самопроизвольно в соответствии со схемами I и II.

Выводы

1. Приведены примеры алюминатных систем по признаку гидратсодержащих твёрдых фаз, для которых прогнозируется способность быть минеральными геоантидотами.
2. Приведены примеры геоэкохимических реакций, на основе которых минеральные геоантидоты обезвреживают загрязнения.

Литература

1. Сватовская Л.Б., Шершнев М.В., Сычева А.М., Макарова Е.И., Байдарашвили М.М. Введение в геоэкохимию детоксикации литосферы на основе процессов твердения вяжущих и искусственного камнеобразования. С.-Пб.: ПГУПС, 2012. 80 с.
2. Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Кабанов А.А., Шершнев М.В. Особенности электронного строения катионов неорганических веществ в геоэкозащите // Естественные и технические науки. № 4 (72). 2014. С. 25-28.
3. Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Кабанов А.А., Шершнев М.В. Применение некоторых химических реакций неорганических веществ для геоэкозащитных целей в строительстве // Естественные и технические науки. № 4 (72). 2014. С. 29-31.
4. Сватовская Л.Б., Кабанов А.А. Некоторые геоэкозащитные свойства процессов искусственного камнеобразования // Естественные и технические науки. № 4 (72). 2014. С. 95-98.
5. Сватовская Л.Б., Кабанов А.А. Инновационный метод с использованием нанорастворов в строительстве и геоэкозащите // Естественные и технические науки. № 4 (72). 2014. С. 168-170.
6. Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Макарова Е.И., Шершнев М.В., Байдарашвили М.М., Кабанов А.А. Энергетическое обоснование геоэкозащитных свойств минеральных строительных материалов // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (53). 2014. 7 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
7. Сватовская Л.Б., Байдарашвили М.М., Макарова Е.И., Шершнев М.В., Сычева А.М., Кабанов А.А. Новое геоэкозащитное свойство строительных материалов и изделий // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (53). 2014. 6 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.