

insulation layer in silicate multilayered composite heat-insulating and decorative material]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 4–9 (in Russian).

11. Smolij V. A., Yatsenko E. A., Gol'tsman B. M., et al. Vliyanie zoloshlakovykh materialov na temperaturno-vremennyye parametry sinteza teploizolyacionnogo silikatnogo materiala [Influence of ash-slag mixes on temperature and time parameters of synthesis of heat-insulating silicate material]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2016, vol. 23, no. 4, pp. 10–15 (in Russian).

12. Materialy, primenyaemye dlya oblicobki zdaniy [The materials applied to facing of buildings]. [Electronic resource]. URL: http://www.stroy.ru/cottage/build-other/publications_947.html (accessed 28.3.2017) (in Russian).

13. Vidy fasadnoj otdelki doma. [Types of front finishing of the house]. [Electronic resource]: URL: <http://axk.com.ru/otdelk-2> (accessed 28.3.2017) (in Russian).

14. Oblicovka fasadov plitkoj – materialy b varianty otdelki [Facing of facades a tile – materials and options of finishing]. [Electronic resource]: URL: <http://mastera-fasada.ru/vidy-materialov/plitkoj/oblicovka-fasadov-plitkoj-219> (accessed 28.3.2017) (in Russian).

15. Modnye tendencii v dizajne fasadov [Fashionable tendencies in design of facades]. [Electronic resource]: URL: <http://a1-dom.ru/publication/tekhnologii-i-materialy/modnye-tendentsii-v-dizayne-fasadov> (accessed 28.3.2017) (in Russian).

МЕТОД ДЕТОКСИКАЦИИ ГРУНТОВ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ КРЕМНЕЗОЛИРОВАНИЕМ

Л. Б. Сватовская, А. А. Кабанов, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург

Ключевые слова: детоксикация, укрепление, грунты, ионы, тяжелые металлы, золь, гель

Keywords: detoxification, strengthening, soils, ions, heavy metals, sol, gel

Известно [1], что в грунтах при транспортных магистралях накопилось достаточно большое количество загрязнителей в виде ионов тяжелых металлов, которые должны быть обезврежены процессами детоксикации, которые, в свою очередь могут быть совмещены с процессами укрепления грунтов. Такое требование (детоксикация) диктует современное экологическое состояние окружающей среды, в частности, геосреды. Энергетическая (термодинамическая) разрешенность процессов детоксикации может быть рассмотрена как осуществление самопроизвольности процессов, что, как известно, сопровождается отрицательным изменением величины энергии Гиббса, кДж/моль.

В развитии работ [2, 3 и 4], в статье рассматривается энергетический (термодинамический) аспект детоксикации и возможного укрепления грунта реакциями кремнезолирования, как основы метода. Кремнезоль отличается от всех известных веществ, которые, так или иначе, вводят в грунт (укрепление грунта) тем, что это чистое для литосферы вещество и по признаку соответствия, полностью по химическому составу отвечающее природному – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Промышленный кремнезоль имеет размеру частиц нано-размера и значение $\text{pH} > 7$. В табл. 1 приведен термодинамический анализ реакций кремнезолирования с ионами Pb(II) и Cu(II), которые, во-первых, достаточно часто встречаются в природно-техногенных транспортных системах и, во-вторых, отличаются друг от друга особенностями электронного строения – Cu(II) – $4s^0 d^9$ -ион 3d - элемента, Pb(II) – $6s^2 6p^0$ – ион 6 p – элемента.

Т а б л и ц а 1

Термодинамический анализ реакций кремнезолирования

Номер реакции	Ион	Реакция детоксикации	ΔG^0_{298} , кДж/моль
1	Cu(II)	$\text{Cu}^{2+}_{\text{aq}} + \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{T}} + 2\text{OH}^-_{\text{aq}} = \text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{\text{T}}$	-56,7
2	Cu(II)	$2\text{Cu}^{2+}_{\text{aq}} + \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{\text{T}} + 4\text{OH}^-_{\text{aq}} = \text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{\text{T}} + \text{Cu}(\text{OH})_{2\text{T}}$	-56,7
3	Pb(II)	$3\text{Pb}^{2+}_{\text{aq}} + \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^- = \text{Pb}(\text{OH})_{2\downarrow} + 2\text{PbO}_{\text{T}} \cdot \text{SiO}_2 + 2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}$	-353,9
4	Pb(II)	$3\text{Pb}^{2+}_{\text{aq}} + \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^- = \text{Pb}(\text{OH})_{2\downarrow} + 2\text{PbO}_{\text{T}} \cdot \text{SiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}$	-355,9

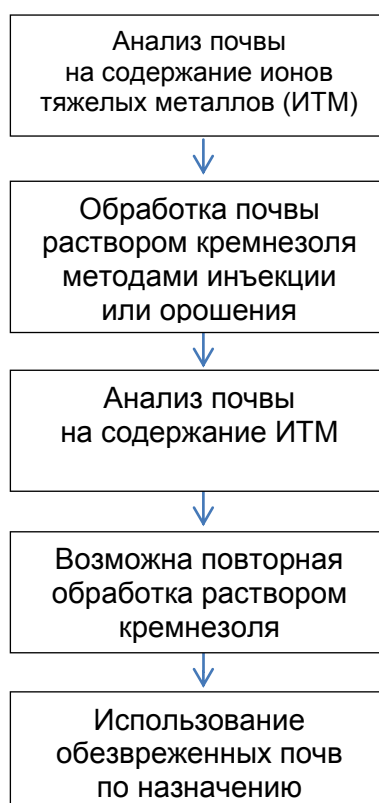
В табл. 2 приведены термодинамические параметры [5, 6], по которым производился расчет реакций кремнезолирования.

Последовательность проведения метода детоксикации грунтов кремнезолированием показана на рисунке.

Параметры для расчета реакций детоксикации

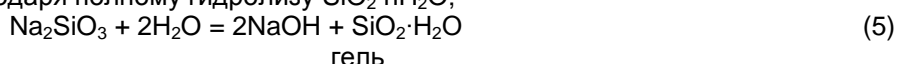
Формула	$-\Delta G_{298}^0$, кДж/моль
Cu(II)	45.4*
Pb(II)	24.3
H ₂ O	237.4
SiO ₂ ·H ₂ O	1019.1
SiO ₂ ·2H ₂ O	1256.5
Cu(OH) ₂	359.6
Pb(OH) ₂	420.5
OH ⁻	157.1
2PbO·SiO ₂	1257.8
CuO·SiO ₂ ·2H ₂ O	1435.4*

* Рассчитанные значения.



Метод детоксикации почв и грунтов кремнезолированием

Термодинамическим основанием метода послужили реакции 1–4, приведенные в табл. 1. Искусственное загрязнение песчаных почв ИТМ (ионами тяжелых металлов) в количествах, соответствующих кратности до 100 ПДК, которое встречается при мониторинге, а также последующее кремнезолирование показало отсутствие ИТМ в свободном состоянии после обработки. Оценки механических свойств грунта показали, что они соответствуют уровню механических свойств при силикатизации использованием для укрепления грунта раствора Na₂SiO₃, при применении которого реализуется реакция (5), выделяющая благодаря полному гидролизу SiO₂·nH₂O;



При осуществлении реакции (5), образующийся кремнегель укрепляет грунт благодаря вяжущим свойствам кремнегеля. При использовании кремнезолировании происходит переход избыточного SiO₂·nH₂O в гель (реакция 6):



Это значит, если иметь в виду возможное упрочнение, то связующим является одно и то же вещество – кремнегель. Однако, процесс (5) – силикатизация, приводящая к накоплению в грунте сильной щелочи NaOH. При кремнезолировании почвы таких недостатков нет.

Таким образом, предложен метод обезвреживания грунтов кремнезолированием с оценкой уровня укрепления песчаного грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова С. Л., Тарасов И. И. Ионы тяжелых металлов как супертоксиканты XXI века. – М.: Изд-во университета дружбы народов, 2002. – 156 с.
2. Применение инженерной химии в геоэкозащитных строительных технологиях / Л. Б. Сватовская, Сычева А. М. [и др.]. – СПб.: ПГУПС, 2013. – 168 с.
3. Новые технические решения для защиты окружающей среды в пределах полосы отвода железных дорог / Л. Б. Сватовская, М. М. Байдарашвили, В. С. Сахарова [и др.] // Транспортное строительство. – 2012. – № 7. – С. 12–13.
4. Бабушкин В. И., Матвеев Г. М., Мchedlov-Петросян О. П. Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1973. – 351 с.
5. Рябин В. А., Остроумов М. А., Свита Т. Ф. Термодинамические свойства веществ. Справочник. – М.: Химия, 1977. – 390 с.

REFERENCES

1. Davidova S. I., Tarasov I. I. *Iony tyazhelyh metallov kak supertoksikanty XXI veka* [Heavy metals as super toxicants of XXI century]. Moscow: Izd-vo universiteta druzhby narodov, 2002, 156 p (in Russian).
2. Svatovskaya L. B., Sychova A. M., et al. *Primenenie inzhenernoj khimii v geoekozashchitnykh stroitel'nykh tekhnologiyakh* [Application of chemical engineering in geoeoprotective construction technologies]. SPb.: PGUPS, 2013, 168 p (in Russian).
3. Svatovskaya L. B., Baidurashvili M. M., Sakharov V. S., et al. *Novye tekhnicheskie resheniya dlya zashchity okruzhayushchej sredy v predelah polosity otvoda zheleznyh dorog* [New technical solutions for environmental protection within the right of way of Railways]. *Transportnoe stroitel'stvo*, 2012, no. 7, pp. 12–13 (in Russian).
4. Babushkin V. I., Matveev G. M., Mchedlov-Petrosyan O. P. *Termodinamika silikatov* [Thermodynamics of silicates]. Moscow: Strojizdat, 1973, 351 p (in Russian).
5. Ryabin V. A., Ostroumov M. A., Svit T. F. *Termodinamicheskie svoystva veshestv. Spravochnik* [Thermodynamic properties of substances: Reference book]. Moscow: Khimiya, 1977, 390 p (in Russian).

НОВЕЙШАЯ ИНФОРМАЦИЯ О НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

РХТУ им. Д. И. Менделеева – Еленова А. А. «Разработка комплексной добавки для ускоренного твердения цементного камня» (канд. техн. наук).

Установлено, что комплексное применение различных кристаллогидратов, таких как гидросульфалоюминат и гидросиликаты кальция, ускоряют гидратацию цемента интенсивнее, чем при использовании их отдельно. Совместное использование пластификаторов и микродисперсной добавки кристаллогидратов способствует формированию плотной и прочной структуры цементного камня, что улучшает его технические свойства

Введение в систему цемент–вода добавки кристаллогидратов этtringита и гидросиликатов, увеличивает прочность образцов во все сроки твердения. Высокая степень дисперсности и кристалличности продуктов, образовавшихся на ранней стадии гидратации цемента при введении активированных кристаллогидратов, способствует уменьшению пористости и формированию плотной структуры цементного камня, а также добавки кристаллогидратов способствуют расширению цементного камня и позволяют получить безусадочные бетоны. Применение добавки в бетонах позволит решить следующие проблемы: ускорить сроки распалубки при естественном твердении бетона в условиях полигона, уменьшить затраты на тепловлажностную обработку, повысить трещиностойкость бетонов, увеличить оборачиваемость форм и повысить производительность технологических линий.

НА НАУЧНЫХ ФОРУМАХ

6–7 июня 2018 г. в Москве, в РАН состоится 2-я Международная конференция по долговечности бетонных структур. Темы конференции:

- Сокращение выбросов парниковых газов в цементной и бетонной промышленности
- Управление переработанными материалами и отходами при производстве раствора и бетона
- Сульфалоюминатные цементы как альтернатива портландцементу и смешанным цементам
- Щелочно-активированные материалы и геополимеров для устойчивого строительства
- Прочность железобетонных конструкций
- Повторное использование и функциональная устойчивость железобетонных конструкций
- Ремонт и техническое обслуживание и др.

Подробная информация на сайте: <http://www.aciitaly.com/dscs2018.php>.

*

* *