

*Л.Б. Сватовская, М.М. Байдарашвили, Е.И. Макарова,  
М.В. Шершнева, А.М. Сычева, А.А. Кабанов*  
(Петербургский государственный университет путей сообщения;  
e-mail: scherschneva@rambler.ru)

## **НОВОЕ ГЕОЭКОЗАЩИТНОЕ СВОЙСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

*Проведён анализ нового свойства цементных бетонов и изделий – обезвреживать ионы тяжёлых металлов.*

*Ключевые слова: новое свойство, экозащита, активность, ионы тяжелых металлов, капиллярный подсос, кремнезоль.*

*L.B. Svatovskaya, M.M. Baydarashvily, E.I. Makarova,  
M.W. Shershneva, A.M. Sychova, A.A. Kabanov*

## **NEW GEOECOPROTECTIVE PROPERTY OF THE BUILDING MATERIALS AND ARTICALS**

*The analysis of new property of cement concrete and products - detoxication heavy metal ions.*

*Key words: new property, geocoprotective, activity, heavy metal ions, capillary absorbing, silicasol.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 25 января 2014 г.

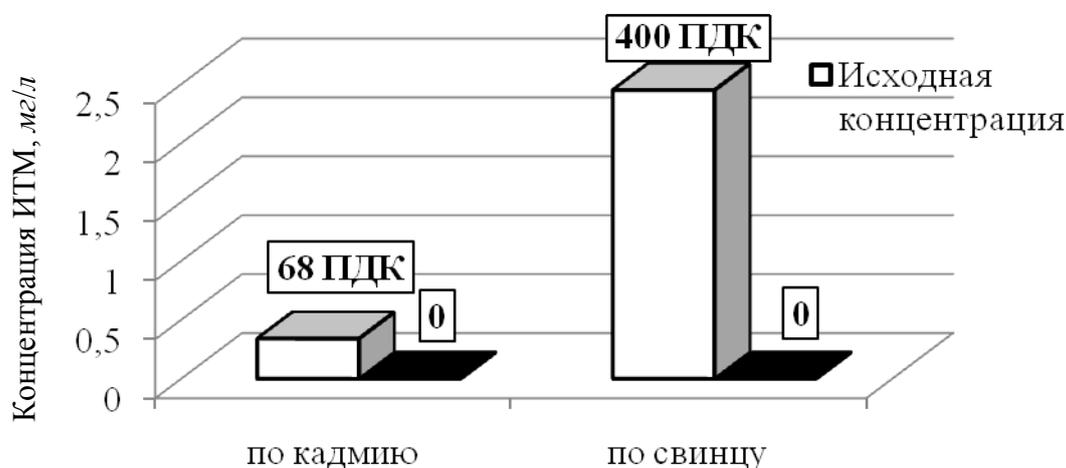
### **Введение**

В работах [1-5] показано, что ресурс- и энергосбережение, повышение эксплуатационных свойств и долговечности строительных материалов и изделий могут быть достигнуты в результате использования капиллярного подсоса кремнезоля, увеличивающего прочность строительного материала и изделия, достигаемую за счёт взаимодействия кремнезоля с составляющими цементного камня, что приводит к дополнительному образованию гидросиликатов как основных носителей прочности материала.

В данной статье приведены результаты дальнейших исследований, направленных на использование свойства капиллярного подсоса строительными изделиями для детоксикации подвижных **ионов тяжёлых металлов (ИТМ)**, поскольку эти ионы, взаимодействуя с составляющими цементного камня могут образовывать труднорастворимые гидросиликаты и гидроксиды тяжёлых металлов, что сопровождается снижением величины  $\Delta G^0_{298}$  процессов и обуславливает самопроизвольность процессов обезвреживания ИТМ строительными изделиями. Обнаруженные новые обезвреживающие свойства строительных изделий названы геоэкозащитными.

## Эксперимент и результаты

Для проведения эксперимента были отобраны образцы тяжёлого бетона размером  $100 \times 100 \times 100$  мм классов В15, В25 и В40, а также образцы-балочки размером  $40 \times 40 \times 160$  мм пенобетона нормального твердения средней плотности D500. Образцы тяжёлого и лёгкого бетонов были полностью погружены в растворы ИТМ, в качестве которых использовались растворы кадмия и свинца, и выдерживались 24 часа. При этом измерялись исходная и остаточная концентрации растворов ИТМ после контакта со строительным изделием. Исходная концентрация ИТМ составила 68 ПДК (предельно допустимая концентрация) по кадмию и 400 ПДК по свинцу (рис. 1, на котором показано, что остаточная концентрация равна нулю).



**Рис. 1.** Концентрация раствора ИТМ до и после взаимодействия с изделиями из тяжёлого бетона разных марок ( $C_{исх} = 0,01$  мМоль/л)

На основании полученных данных эксперимента была рассчитана удельная геоэкозащитная активность,  $A_{гэ}$ , отобранных образцов тяжелого и легкого бетонов в единицах  $мг/кг$ ,  $мг/м^2$ ,  $г/м^3$  (табл. 1).

Таблица 1

**Удельная геоэкозащитная активность образцов тяжёлого бетона марок В15, В25, В40 (при исходной концентрации ИТМ 0,1 мМоль/л)**

Класс бетона	Значения удельной геоэкозащитной активности, $A_{гэ}$					
	$мг/кг$		$мг/м^2$		$г/м^3$	
	по кадмию	по свинцу	по кадмию	по свинцу	по кадмию	по свинцу
В15	7,175	17,69	271,47	689,72	16,29	41,38
В25	7,12	14,50	288,43	568,00	17,31	34,08
В40	6,36	17,32	254,5	689,72	15,27	41,38

Удельная геоэкозащитная активность – это способность единицы массы или объёма, или поверхности материала (изделия) обезвреживать определенную массу ИТМ.

Был также проведён эксперимент по исследованию геоэкозащитных свойств бетонов, полученных путём капиллярного подсоса кремнезоля. При этом выяснялся вопрос – не ухудшается ли способность кремнезоля упрочнённого бетона к нейтрализации ИТМ из окружающей среды. Для проведения эксперимента были отобраны образцы тяжёлого бетона плотности D2000 нормального твердения в возрасте 28 суток и тепловлажностного твердения ( $t = 80 \pm 5$  °С), которые подвергались диспергированию до размеров зёрен 0,314...0,63 мм. При этом брались дисперсии образцов бетона, контрольные и с кремнезолом (КЗ) различной концентрации (5, 10, 15, 20, 25, 30 %), исходные концентрации ИТМ в растворе – 0,1; 1 и 10 мМоль/л, в качестве ИТМ рассматривались Cd (II), Cu (II) и Pb(II).

Результаты исследований показали, что при концентрациях ИТМ до 1 мМоль/л, что превышает ПДК в среднем в 200 раз и более, произошла полная очистка раствора от ИТМ (табл. 2). Авторами предложено понятие **УКЗ – устраняемая концентрация загрязнения** (например, ИТМ), под которой понимается та исходная концентрация загрязнителя в окружающей среде, при которой происходит её полная детоксикация (обезвреживание и устранение) в результате использования строительных изделий.

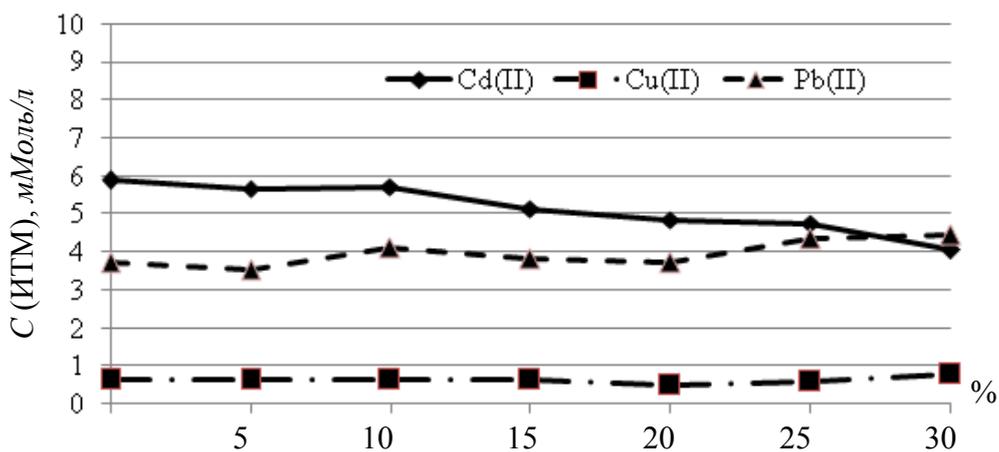
Таблица 2

**Остаточная концентрация ИТМ в растворе после контакта с бетоном D2000 с кремнезолом разных концентраций (при  $C_{исх}(ИТМ) = 0,1$  мМоль/л (0,1) и  $C_{исх}(ИТМ) = 1$  мМоль/л (1))**

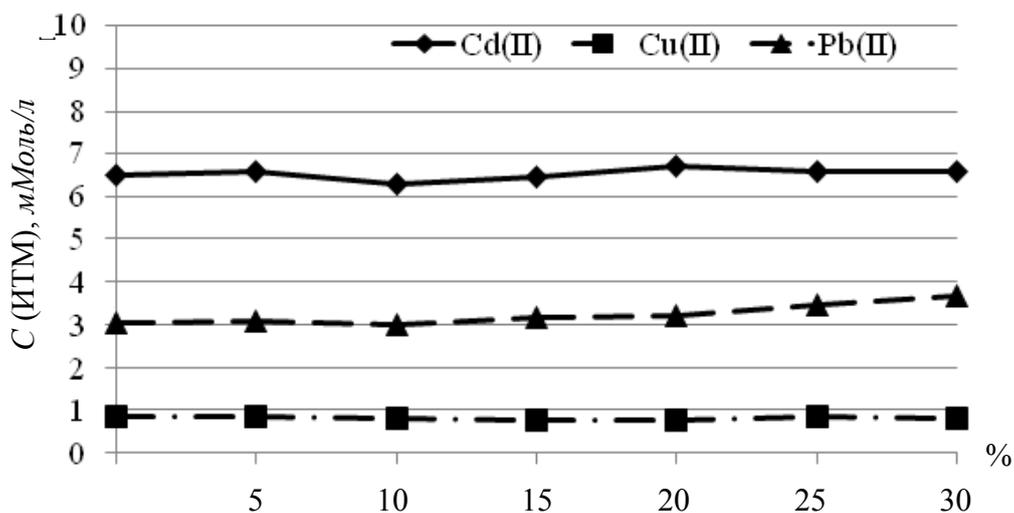
Образец	Концентрация ИТМ после контакта с бетоном D2000 с КЗ разной концентрации					
	Cd(II)		Cu(II)		Pb(II)	
	0,1	1	0,1	1	0,1	1
Контрольный	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КЗ 5 %	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КЗ 10 %	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КЗ 15 %	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КЗ 20 %	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КЗ 25 %	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КЗ 30 %	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

н/о – не обнаружено

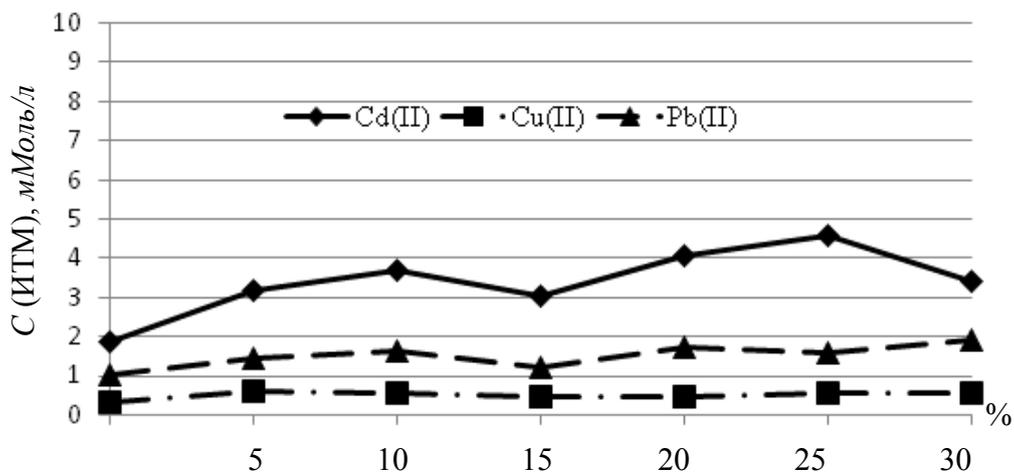
При концентрации ИТМ в растворе 10 мМоль/л также наблюдается резкое понижение концентрации ИТМ после взаимодействия с образцами тяжелого и лёгкого бетонов (рис. 2-4), причём влияние концентрации кремнезоля на обезвреживающую способность рассматриваемых образцов бетона не обнаружена.



**Рис. 2.** Концентрация раствора ИТМ после взаимодействия с образцом бетона D2000 тепловлажностного твердения: с кремнезолом разной концентрации ( $C_{исх}$  ИТМ = 10 мг/л)



**Рис. 3.** Концентрация раствора ИТМ после взаимодействия с образцом бетона D2000 нормального твердения: с кремнезолом разной концентрации ( $C_{исх}$  ИТМ = 10 мг/л)



**Рис. 4.** Концентрация раствора ИТМ после взаимодействия с образцом бетона D600 нормального твердения: с кремнезолом разной концентрации ( $C_{исх}$  ИТМ = 10 мг/л)

На рис. 5 показана эффективность очистки растворов от ИТМ рассматриваемыми материалами при исходной концентрации 10 мМоль/л, которая резко падает в случае с раствором кадмия и свинца. В этом случае полную очистку от ИТМ можно осуществить за счёт многостадийности процесса обезвреживания.

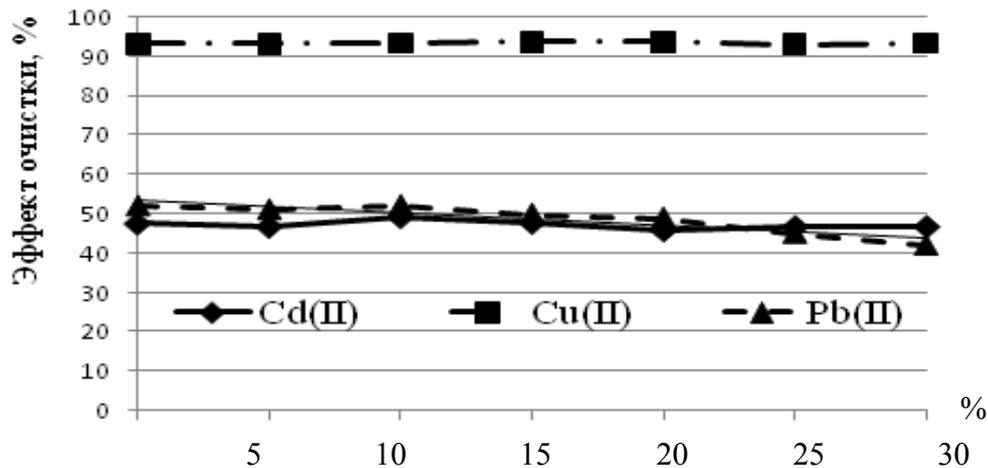


Рис. 5. Эффект очистки растворов от ИТМ рассматриваемыми материалами при исходной концентрации 10 мМоль/л

На рис. 6, 7 представлены технологические схемы по геоэкозащите природной среды за счет пропитки кремнезолом путем капиллярного подсоса. Такие модифицированные изделия можно использовать при укладке, например ленточного фундамента, установке свай или пастбищных столбиков. При этом пропитку нанораствором можно осуществить двумя способами: на производстве или в местах укладки установки этих изделий. В последнем случае контакт изделия с раствором кремнезоля можно обеспечить использованием ёмкостей, изготовленных из биоразлагаемых полиматериалов. Преимущество использования ёмкостей из таких полиматериалов заключается в том, что пропадает необходимость изъятия их в местах укладки (установки).

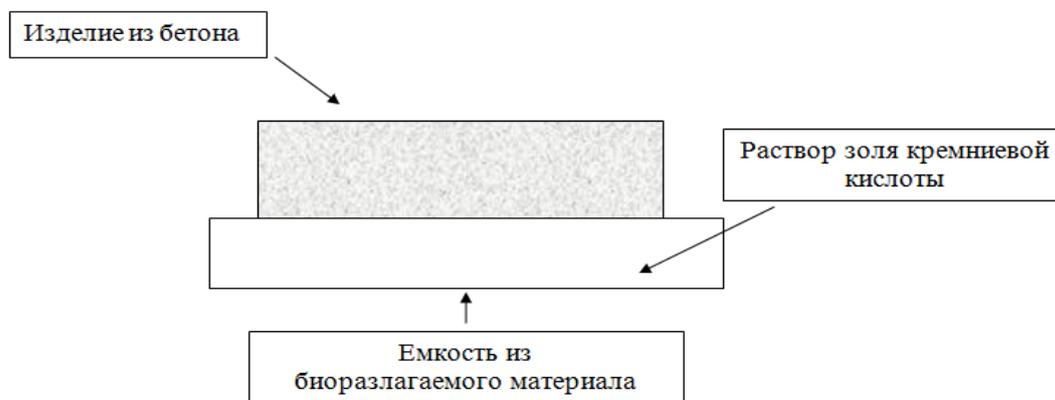
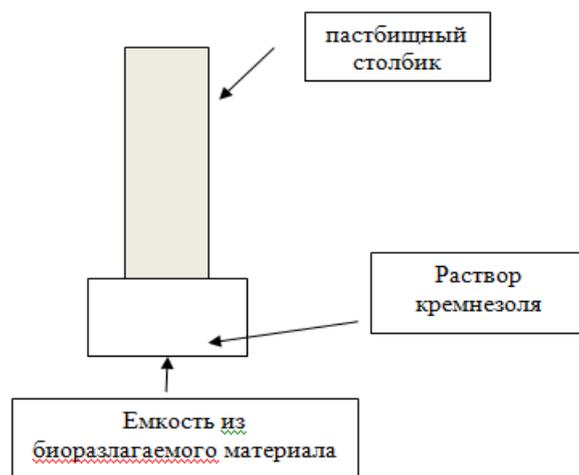


Рис. 6. Схема упрочнения изделия бетона методом капиллярного подсоса кремнезолом при укладке ленточного фундамента



**Рис. 7.** Схема упрочнения изделия из бетона методом капиллярного подсоса кремнезолом при установке сваи или пастбищного столбика

### Выводы

Как показывает материал, приведённый в статье, изделия и материалы на цементной основе обладают способностью обезвреживать ионы тяжёлых металлов при их концентрациях в несколько сотен ПДК. Это новое свойство материалов и изделий названо *геоэкологической активностью*  $A_{гэ}$ , которая имеет свои значения для бетонов разных классов и зависит от природы ИТМ – например для Pb(II) больше, чем для Cd(II).

Если использовать изделия, предварительно упрочнённые кремнезолом, то эффект очистки до определенных значений концентрации загрязнений сохраняется. Авторами вводится показатель для характеристики среды *УКЗ – удельная концентрация загрязнения* и определено, что концентрация ИТМ в среднем уровня 200 ПДК является устраняемой концентрацией.

Полученные результаты позволяют расширить представления о строительных материалах и изделиях как обладающих одновременно *геоэкозащитной функцией* от ИТМ. Обнаруженное свойство кажется особенно важным для регионов с повышенными значениями ИТМ: в этом случае становится важной информация для населения о том, что, например, бетонные кольца для колодцев могут служить одновременно и барьером для ИТМ, что является одним из путей оздоровления окружающей среды.

### Литература

1. Сычева А.М., Шершнев М.В., Сурков В.Н., Пузанова Ю.Е. Резательный автоклавный пенобетон – полифункциональный материал нового поколения для транспортного строительства и геозащиты // Транспортное строительство. 2008. № 4. С. 24-25.
2. Шершнев М.В., Пузанова Ю.Е. Использование продуктов разрушения тяжелых бетонов для повышения прочности грунтов и снижения их пучинистости // Естественные и технические науки. 2008. № 3. С. 274-276.
3. Латутова М.Н., Макарова Е.И., Сулейманова С.В., Смирнов М.А. Об упрочнении с одновременным обезвреживанием алюмосиликатных грунтов, загрязненных тяжёлыми металлами и нефтепродуктами // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2008. № 2. С. 17-20.
4. Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Сулейманова С.В., Смирнов М.А. Защита биосферы от вредных воздействий с учётом процессов гелеобразования // Естественные и технические науки. 2008. № 3. С. 262-266.
5. Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Абу-Хасан М., Сулейманова С.В. Учёт энергетических свойств веществ и особенностей электронного строения поверхности твердых продуктов при создании экозащитных технологий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2008. № 2 (12). Том 2. С. 197-203.