

*А.А. Кабанов*

(Петербургский государственный университет путей сообщения  
им. императора Александра I; e-mail: lbsvatovskaya@yandex.ru)

## **ГЕОЭКОЗАЩИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УКРЕПЛЕНИЙ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛИРОВАНИЯ**

*Приводится описание нового способа укрепления грунтов в строительной деятельности на основе процессов золирования. Анализируются процессы и области применения этого способа.*

*Ключевые слова: грунт, укрепление, золирование, способ.*

*A.A. Kabanov*

## **GEOECOPROTECTICAL TECHNOLOGIES OF SOIL STRENGTHING BY MEANS OF SOLING**

*The description of the new method for the strengthening of the soils in the building action based on processes soling is given. Analyzes processes and applications of this method.*

*Key words: soil, strengthening, soling, way.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 16 апреля 2015 г.

В развитие проблем, обсуждаемых в [1-9], предлагается новая технология золирования, имея ввиду при этом следующее. Известно [10], что при разработке методов укрепления грунтов основной задачей является получение нового грунто-материала с заданными структурно-механическими свойствами. Выбор метода укрепления грунта зависит от строительных или инженерных задач, определяющих соответствующую область применения укрепленного грунта: дорожное и аэродромное строительство, фундаментостроение, горное дело, гидротехническое строительство, охрана окружающей среды. В дорожном строительстве связующие используют для укрепления грунта при устройстве оснований под дороги и при укреплении дорожных бровок. Особенность автомобильных дорог и аэродромов состоит в их большой зависимости от климатических, грунтовых и гидрогеологических условий местности. В данной статье предлагается новое решение по золированию грунта (на примере кремнезолирования). Наиболее близким к предлагаемому предложению является известный приём под названием "силикатизация", когда в грунт вводится раствор силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , при гидролизе выделяется кремнезоль:



Как показывает уравнение (1), кроме кремниевой кислоты, являющейся связующим, происходит выделение свободной щелочи, NaOH что нежелательно с точки зрения геоэкозащиты грунта.

Раствор кремнезоля не имеет таких недостатков, и в табл. 1 показаны примеры того, в каких целях может быть использован нанораствор золя кремнекислоты или, иначе, – кремнезоль.

Таблица 1

**Применение золирования при укреплении грунтов**

Геоэкозащитная цель	Область строительства	Физико-химический процесс
<p>1. Превентивное проникновению загрязнителей создание экрана с одновременной функцией укрепления грунта;</p> <p>2. Противофильтрационные экраны-завесы, играющие обезвреживающую роль</p>	<p>Дорожное строительство и дорожные одежды на основе техногенных дисперсий. Функция – место сохранения на просадочных и набухающих грунтах и усиление фундамента; строительство плотин, защита бетонных фундаментов от вредного воздействия на них агрессивных и производственных сточных вод</p>	<p>Золь-гель превращение на примере кремнезоль ↔ кремнегель:</p> $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \quad (2)$
<p>Превентивное и обезвреживающее действие от заражений</p>	<p>Строительство сооружений для хранения промтоходов</p>	<p>Химический процесс золирования на примере обезвреживания ионов Cd(II):</p> $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^- + 2\text{Cd}^{2+} = \text{CdO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Cd}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (3)$

Процесс 2 в табл. 1 обеспечивает усиление грунта за счёт превращения системы в квазитвердую, набирающую прочность во времени (тип твердения кислотостойкого вяжущего), при этом гель кремнекислоты практически нерастворимый продукт; реакция (3) использует малую растворимость гидросиликатов цветных металлов, что используется, например, в технологии очистки сточных вод.

Можно выделить два основных направления в технологиях химического закрепления грунтов приёмом золирование – инъекционное укрепление, осуществляемое путем нагнетания в грунт с помощью инъекторов или в скважины растворов золь (золирование). Растворы вводятся в грунт в условиях его естественного залегания (без нарушения структуры грунта) путем нагнетания под давлением; бурсмесительное укрепление, включающее разработку и перемешивание грунта с раствором золя, в скважинах. При таком способе закрепления нарушается природная структура грунта в результате его механического перемешивания с раствором кремнезоля.

Инъекционное укрепление применяют для грунтов, характеризующихся определенной водопроницаемостью (песчаные, крупнообломочные, трещиноватые, скальные др.), бурсмесительное укрепление применимо для всех нескальных грунтов, включая глинистые, независимо от их водопроницаемости. Возможно также поверхностное укрепление путем введения золей и глубинное укрепление. Однако, золирование может иметь комплексную природу путём сочетания с некоторыми другими веществами.

Можно выделить следующие методы укрепления грунта с позиций применения новой технологии золирования, в том числе комплексного:

- собственно золирование;
- комплексное известковое кремнезолирование;
- комплексное солевое кремнезолирование.

В табл. 2 показаны химические процессы комплексного золирования и уровень достигаемых свойств, в сравнении с силикатизацией грунтов.

Таблица.2

**Комплексные золирование при укреплении грунтов**

Комплекс с кремнезolem	Химический процесс	Уровень свойств при укреплении грунта в сравнении с силикатизацией грунта
1. Известково-кремнезолирование	$\text{Ca(OH)}_2 + \underbrace{\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}}_{\text{кремнезоль}} = \underbrace{\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}_{\text{гидросиликат}}$	Повышение более, чем в два раза
2. Солевое кремнезолирование (для основных грунтов)	$2\text{Ca}^{2+} + \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^- = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Так же
3. Собственно кремнезоль (контрольный)	Золь-гель	На уровне повышения $\approx 50\%$

**Выводы**

1. Предложено использование технологии золирования для укрепления грунтов.

2. Предложены процессы комплексного золирования и прослежен уровень свойств в сравнении силикатизацией.

## Литература

1. **Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Байдарашвили М.М., Шершнева М.В., Сычева А.М., Кабанов А.А.** Новое геозащитное свойство строительных материалов и изделий // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (53). 2014. С. 266-271. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
2. **Сватовская Л.Б., Сычева А.М., Макарова Е.И., Шершнева М.В., Байдарашвили М.М., Кабанов А.А.** Энергетическое обоснование геозащитных свойств минеральных строительных материалов // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (53). 2014. С. 259-265. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
3. **Сватовская Л.Б., Макарова Е.И., Шершнева М.В., Байдарашвили М.М., Ефимова Н.Н., Сурков В.Н.** Геозащитные абсорбционные нефтепоглощающие свойства строительных материалов и изделий // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (54). 2014. С. 207-213. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
4. **Сватовская Л.Б.** Энергетический аспект геоэкологической защиты при транспортном строительстве // Транспортное строительство. 2014. Вып. № 3. С. 30-31.
5. **Сватовская Л.Б., Хитров А.В., Кабанов А.А., Юров О.В.** Некоторые геоэкозащитные резервы веществ, материалов и изделий строительной деятельности // Естественные и технические науки. 2014. № 2. С. 153-159.
6. **Сватовская Л.Б.** Геоэкологические свойства и методы геоэкозащиты в строительном транспорте // Транспортное строительство. 2014. Вып. № 10. С. 28-30.
7. **Сватовская Л.Б.** Информационное значение геоэкохимических принципов для защиты окружающей среды. Транспортное строительство. 2014. Вып. № 12. С. 28-30.
8. **Сватовская Л.Б., Кабанов А.А., Лукина Л.Г.** Процессы искусственного камнеобразования для защиты природно-техногенных систем // Технологии техносферной безопасности. Вып. 5 (57). 2014. С. 252-256. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
9. **Сватовская Л.Б., Шершнева М.В., Сахарова А.С., Байдарашвили М.М., Ефимова Н.Н., Степанова И.В.** Оценка качества геозащитных технологических решений на объектах железнодорожного транспорта // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (54). 2014. С. 214-221. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
10. **Кузнецова Т.В., Сычева М.М., Осокин А.П., Корнеев В.И., Судакас Л.Г.** Специальные цементы. СПб.: Стройиздат, 1997. С. 248-251.