

*М.Ф. Бронжаев, к.т.н., доц., А.М. Левенко, ассистент  
Харьковский национальный университет  
городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛИКАТНЫХ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ ПО ВСЕМУ ДИАПАЗОНУ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ**

*Приведены результаты исследования силикатных гелей на основе перуксусной кислоты по всему диапазону их образования.*

**Ключевые слова:** *силикатизация, перуксусная кислота, химическое набухание.*

*М.Ф. Бронжаев, к.т.н., доц., Г.М. Левенко, ассистент  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Бекетова*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛІКАТНИХ ГЕЛІВ НА ОСНОВІ ПЕРОУТОВОЇ КИСЛОТИ ПО ВСЬОМУ ДІАПАЗОНУ ЇХ УТВОРЕННЯ**

*Наведено результати дослідження силікатних гелів на основі пероцтової кислоти по всьому діапазону їх утворення.*

**Ключові слова:** *силікатизація, пероцтова кислота, хімічне набухання.*

*M.F. Bronzhaev, PhD., A.M. Levenko, assistant  
Kharkiv National O.M. Beketov University of Urban Economy*

## **STUDY SILICATE GELS BASED ON PERACETIC ACID OVER A RANGE OF FORMATION**

*Results of investigation on the basis of silicate gels peracetic acid over a range of their formation.*

**Keywords:** *silicification, peracetic acid, the chemical swelling.*

**Введение.** Практика эксплуатации промышленных предприятий, особенно химических, нефтеперерабатывающих, пищевых и цветной металлургии, связанных с получением, применением или хранением кислот и щелочей, показала, что значительное число сооружений в течение 10 – 15 лет приходит в негодность. Многие здания находятся в аварийном состоянии по причине развития значительных деформаций их фундаментных и надфундаментных конструкций.

**Обзор последних источников исследований и публикаций.** В настоящее время широко распространена проблема загрязнения промышленными стоками грунтов непосредственно под промышленными зданиями, что в свою очередь приводит к последующим недопустимым деформациям оснований, перемещениям фундаментов и разрушению строительных конструкций [1–3].

Опыт эксплуатации многих предприятий [4] показал, что вследствие аварийных замачиваний грунтов промышленными стоками в основания сооружений попадают химически активные растворы различных концентраций, под воздействием которых грунты заметно изменяют свои свойства. Так, при взаимодействии грунтовых минералов с растворами

кислот и щелочей в результате физико-химических процессов и обменных реакций происходит увеличение объема грунтов [5]. Это явление получило название «химическое набухание».

В настоящее время в пищевой промышленности широкое применение получило моющее и дезинфицирующее вещество Oxonia Active-150, основанное на 25-процентной перуксусной кислоте. Данное вещество в результате утечек, выбросов сточных вод, попадая в основание, вступает в реакцию с химически активными веществами грунта, что приводит к набуханию основания. Действенным средством стабилизации химически набухающих грунтовых оснований стал известный метод М.Ф. Бронжаева [1], который получил дальнейшее развитие в работах Т.В. Мишуровой [2].

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы.** Для решения вопросов по закреплению грунтовых оснований, загрязненных растворами перуксусной кислоты, возникла необходимость исследования характера влияния этой кислоты на процесс образования закрепляющих силикатных гелей.

**Целью** настоящего исследования является изучение основных физико-механических свойств силикатных гелей на основе перуксусной кислоты по всему диапазону их образования.

**Основной материал и результаты.** Наши исследования выполнялись в несколько этапов. Первым этапом являлось определение зависимости времени гелеобразования от объемных соотношений компонентов, участвующих в процессе.

Все одноразовые способы силикатизации основаны на инъекции в закрепляемые грунты гелеобразующих растворов с малой вязкостью, которая должна сохраняться в течение всего времени нагнетания раствора в грунт. Следовательно, закрепляющие растворы должны обладать регулируемым временем гелеобразования [5].

Исходными материалами служили водные растворы:

- силикат натрия с силикатным модулем 2,75 и плотностью 1,25–1,05 г/см<sup>3</sup>, соответствующий ГОСТ 13078-87;
- 1% перуксусная кислота (Оксоний), соответствующая ГОСТ Р 51696-2000.

Свойства силикатных гелей, полученных на основе силиката натрия и перуксусной кислоты, исследованы по методике В.В. Аскалонова [6].

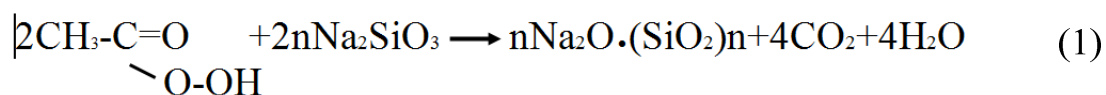
Емкостями для изготовления и дальнейшего хранения гелей служили стеклянные стаканчики по 100 мл, предварительно покрытые изнутри тонким слоем парафина. Группы стаканчиков были разделены по значению плотности силиката натрия (1,05; 1,10; 1,15; 1,2; 1,25 г/см<sup>3</sup>). Заданные плотности силикатов и кислоты измерялись денсиметрами. В каждый из стаканов отдельной группы было налито по 50 мл растворов Оксония и силиката натрия, объем которых изменялся в соответствии с программой исследований. Объемное отношение исходных компонентов: Оксоний/Силикат обозначим –  $\Omega$ .

Объемные отношения компонентов  $\Omega$  менялись в интервалах, указанных в таблице 1.

**Таблица 1. Изменения интервалов объемных соотношений**

Плотность силиката натрия, $\rho_c$ , г/см <sup>3</sup>	Интервал объемных соотношений, $\Omega$
1,05	2,0 – 4,5
1,10	4,5 – 8,0
1,15	6,5 – 10,5
1,20	7,5 – 13,5
1,25	12,5 – 16,0

Реакция образования гелей на основе силиката натрия и перуксусной кислоты представлена следующим образом:



(перуксусная кислота) (силикат натрия) (гель кремниевой кислоты)

Время гелеобразования фиксировалось с помощью секундомера. В случаях, когда время гелеобразования  $t_g$  было минимально, гелеобразование происходило практически мгновенно.

За время гелеобразования принимался период между моментом окончания введения перуксусной кислоты в раствор силиката натрия и моментом перехода приготовленной смеси из жидкого состояния в желеобразное [3].

При дальнейшем росте соотношения  $\Omega$  увеличивалось время гелеобразования, что можно увидеть на графиках (рис. 1 – 5).

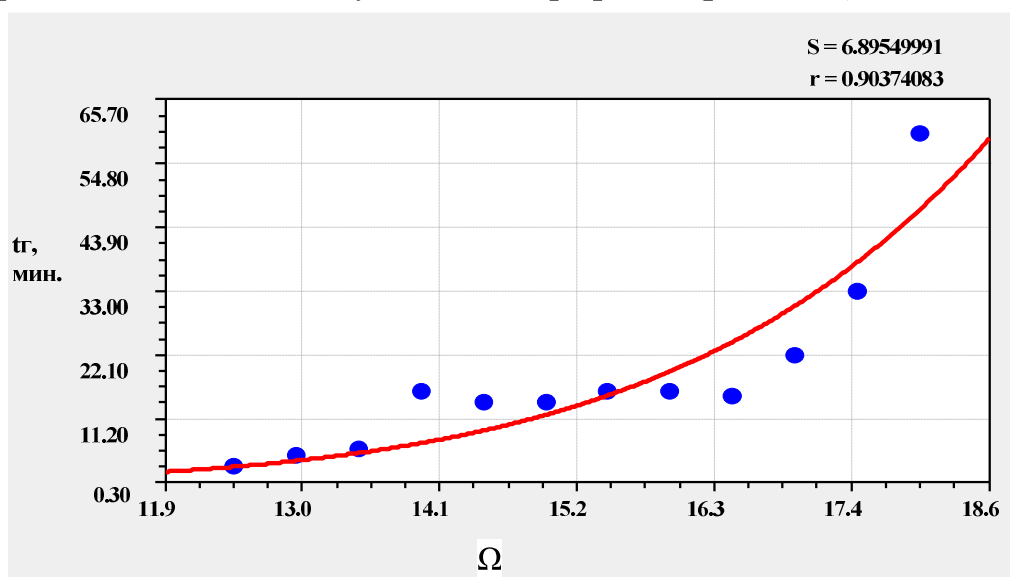


Рис. 1. Зависимость времени гелеобразования от  $\Omega$  при  $\rho_c=1,25$  г/см<sup>3</sup>

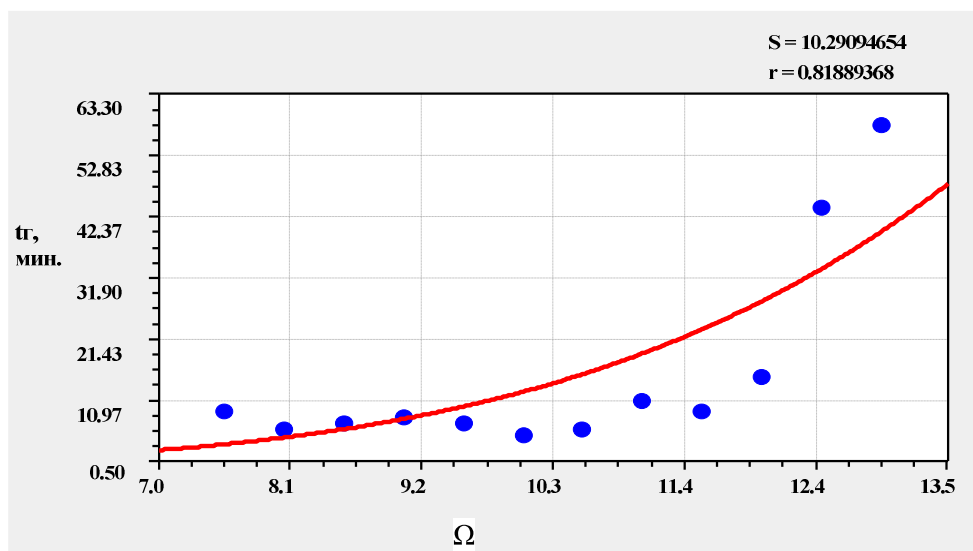


Рис. 2. Зависимость времени гелеобразования от  $\Omega$  при  $\rho_c = 1,20 \text{ г/см}^3$

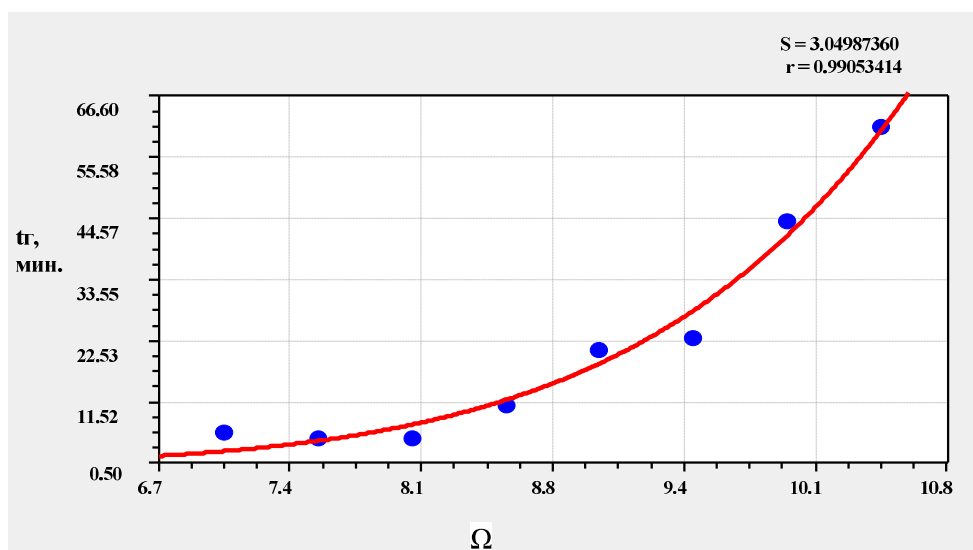


Рис. 3. Зависимость времени гелеобразования от  $\Omega$  при  $\rho_c = 1,15 \text{ г/см}^3$

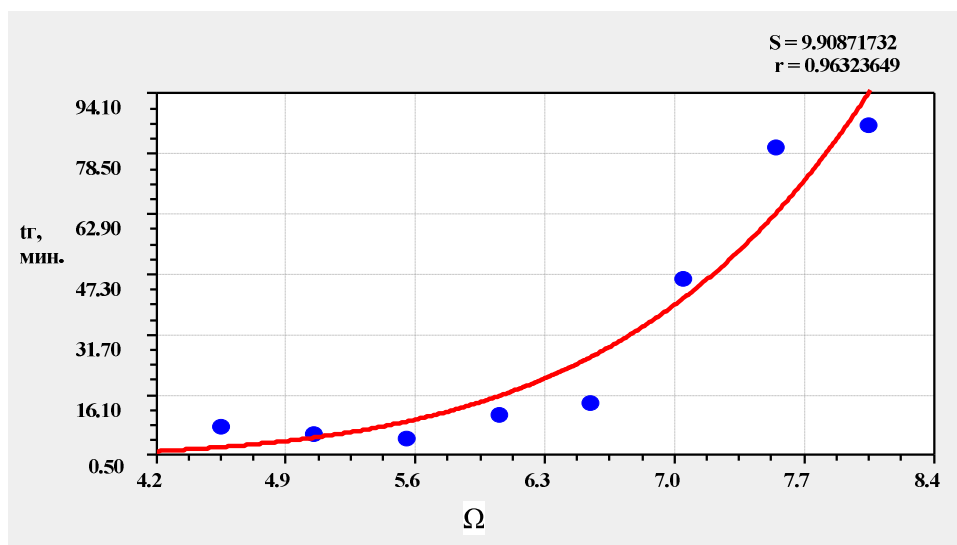


Рис. 4. Зависимость времени гелеобразования от  $\Omega$  при  $\rho_c = 1,10 \text{ г/см}^3$

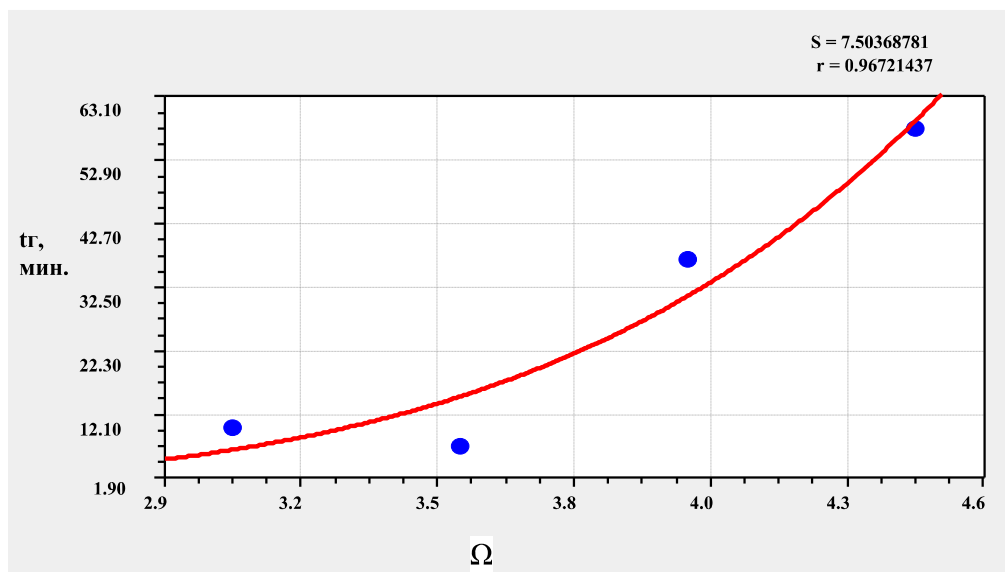


Рис. 5. Зависимость времени гелеобразования от  $\Omega$  при  $\rho_c=1,05 \text{ г/см}^3$

С увеличением величин объемных отношений исходных компонентов  $\Omega$  установлено нелинейное увеличение времени гелеобразования  $t_g$ . При определенных значениях величин отношений «Оксоний/Силикат» кривые асимптотически приближаются к вертикали и процесс образования гелеобразных закрепляющих структур становится не гарантированным.

По данным зависимостей (рис. 1 – 5) была получена обобщенная эмпирическая формула (2), позволяющая рассчитать проектное значение времени гелеобразования

$$t_g = a \cdot \Omega^b, \quad (2)$$

где  $\Omega$  – показатель объемных соотношений компонентов Оксоний/Силикат, используемых в процессе гелеобразования; **a**, **b** – численные коэффициенты (табл.2).

Таким образом, в результате проведенных исследований была получена зависимость (1), позволяющая рассчитывать такие важные параметры закрепления грунтов, как время гелеобразования и требуемое количественное соотношение компонентов растворов, участвующих в процессе гелеобразования.

В процессе исследования силикатных гелей на основе перуксусной кислоты было определено, что использование на практике гелей на основе силиката натрия плотностью ниже  $\rho_c=1,15 \text{ г/см}^3$  не целесообразно по причине малой площадки «буферности».

Механические свойства гелей испытывались на ручном нагружающем устройстве с плавным увеличением нагрузки, передаваемой на образец.

**Таблица 2. Значения численных коэффициентов  $a$ ,  $b$  для каждого значения плотности раствора силиката натрия**

Плотность силиката натрия $\rho_c$ , г/см <sup>3</sup>	Время гелеобразования $t_g$ , мин	Численные коэффициенты	
		$a$	$b$
1,25	1	4,044	6,638
	10	3,117	6,494
	20	1,923	6,665
	60	4,402	7,18
1,20	1	-4,332	5,387
	10	2,309	3,543
	20	1,780	3,689
	60	6,271	4,199
1,15	1	1,406	7,001
	10	6,112	6,833
	20	4,025	7,015
	60	1,421	7,467
1,10	1	-1,666	5,825
	10	8,507	5,569
	20	5,587	5,778
1,05	1	1,798	5,340
	3	1,613	5,458
	5	1,612	5,459

Значения величин пределов прочности при сжатии силикатных гелей  $R_{сж}$  для различных плотностей силиката натрия  $\rho_c$  указаны в сравнительной таблице 3.

**Таблица 3. Значения Предела прочности при сжатии  $R_{сж}$**

Плотность силиката натрия $\rho_c$ , г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ (гс/см <sup>2</sup> ) при времени начала гелеобразования, мин		
	5	10 – 20	60 – 120
1,25	7,26	9,22	23,03
1,20	7,03	8,14	10,02
1,15	7,01	7,63	7,70

Из таблицы 3 видно, что с увеличением значения плотности силиката натрия  $\rho_c$  увеличивается «буферный» интервал времени гелеобразования, а с ним и значение величины предела прочности силикатных гелей при сжатии  $R_{сж}$ .

**Выводы.** Таким образом, результаты исследования позволяют:

- регулировать расчетные параметры закрепления с учетом взаимодействия его компонентов с активными веществами, находящимися в грунте;
- учитывать количественные стороны содержания участвующих в процессе закрепления компонентов как со стороны поглощающего комплекса исследуемых грунтов, так и со стороны раствора силиката натрия;
- прогнозировать ожидаемую прочность закрепления грунтового основания.

#### *Литература*

1. Бронжаев М.Ф. Химическое закрепление закисленного грунта на Славянском ПО «ХИМПРОМ»// Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка, 1996. – С. 95–98.
2. Мишурова Т.В. Закрепление песчаных оснований, загрязненных фосфорнокислыми промстоками, в условиях действующего производства: дис... канд. тех. наук: 05.23.02 – Днепропетровск, 2001. – 171 с.
3. Мальцев, А. В. Химическое пучение грунтов в основании сооружений: дис... канд.тех наук 05.23.02- Москва, 1993. – 399 с.
4. ВСН 33-2.2.07-86. Мелиоративные системы и сооружения. Сооружения на набухающих грунтах. Нормы проектирования. – М., 1986. – 15 с.
5. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 263 с.
6. Аскалонов В.В. Однорастворный способ силикатизации грунтов и перспективы его применения в строительстве. дис... докт. геол.-минер. наук. – М., 1949. – 290 с.

*Надійшла до редакції 20.09.2013  
© М.Ф. Бронжаев, А.М. Левенко*