

УДК 624.131.23

Писаренко А.В., ассистент кафедры «Техносферная безопасность»
Высоцкий С.П., д.т.н., профессор кафедры «Техносферная безопас-
ность»

Государственное образовательное учреждение высшего профессиональ-
ного образования
«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗ- ОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗ- НИКОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХА- РАКТЕРА

За последнее время на территории Российской Федерации, Украины и Донецкой Народной Республики участились случаи возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера. Такие ЧС оказывают негативное влияние на окружающую среду, ведут к нарушению повседневного быта людей, уничтожению материальных ценностей, и что наиболее важно, к человеческим жертвам. Наводнения, подтопления, ливневые дожди с градом – все эти явления несут в себе угрозу для человеческой жизни. Например, в Краснодарском крае мощный ливень и град размером с перепелиное яйцо разрушили множество жилых домов, повредили автомобили, линии электропередач, множество людей обратились в больницу с различными травмами. От сильнейшего подтопления в Приморье и Уссурийске пострадали около 900 и 2тыс. жилых домов соответственно. В бассейне реки Амур зафиксировано крупнейшее за последние 115 лет наводнение, вызванное интенсивными затяжными осадками. В зоне аномального паводка находились Амурская область, Хабаровский край и Еврейская автономная область. В Хабаровском крае было подтоплено два города и три районных центра, 90 населенных пунктов и 8 тыс. дачных и приусадебных участков, 3 тыс. 500 жилых домов, 35 объектов социального назначения и 74 объекта коммунального хозяйства. В г. Сочи дождевой паводок вызвал выход из берегов реки Херота, в результате произошло подтопление Адлерского района и пос. Кудепста Хостинского района города (рис.1). В зону подтопления попали международный аэропорт Сочи, железнодорожный вокзал, участок железной дороги Хоста - Адлер, а также и 2 тыс. 23 жилых дома и 98 объектов муниципальной собственности. Один человек погиб. Администрация Сочи оценила общий ущерб от наводнения в 760 млн руб.

Непрогнозируемое увеличение объема осадков приводит к отказам в работе трубопроводов ливневой канализации и к значительному увеличению количества случаев вывода сточных вод на рельеф местности. Часть воды просачивается непосредственно в грунт и, соответственно, основания зданий и сооружений. Последствия могут быть разные: от затопления подвалов и цокольных этажей зданий до проседания грунта под зданиями и сооружениями, что влечет за собой частичное или полное их разрушение. Все эти последствия

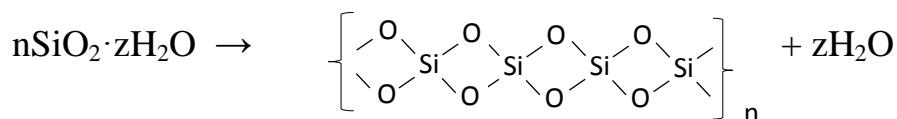
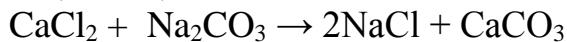
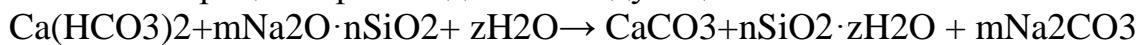
представляют невозможным дальнейшую безопасную эксплуатацию зданий и сооружений в целом.



Рисунок 1. Вид на жилой район Сочи во время наводнения

Самым прогрессивным методом предотвращения неравномерных осадок и последующих деформаций зданий и сооружений является инъекционное закрепление грунтов основания фундаментов [1,2]. Инъекционное закрепление просадочных грунтов обеспечивает повышение несущей способности грунтов, водостойкости, долговечности и прочности без изменения положения твердых частиц грунтов. Преимуществами этого способа является мгновенный процесс закрепления грунтового массива, и быстрое нарастание его прочности во времени. Недостаток - со временем, под действием агрессивных вод происходит вымывание силикатного камня из структуры грунта.

Как известно, при использовании силикатирования следует учитывать то, что это мероприятие обеспечит положительный эффект только при полимеризации кремниевой кислоты с образованием силоксановых структур. Согласно химизму процесса жидкое стекло не образует полимерных структур. Полимеризация может происходить при наличии в увлажненной почве гидрокарбонатных ионов. Процесс происходит по следующей схеме:



Для осуществления полимеризации очевидно необходимо наличие кислых ингредиентов. Таким образом, при закреплении почв в паводковый период, когда исходная вода практически не содержит кислых соединений силикатирование не обеспечит положительного эффекта [3].

В связи с этим, остро возникает вопрос о разработке рецептуры закрепляющего состава, который не будет терять свои физико-химические свойства и эффективно работать при насыщении грунта водами. Достигнуть это возможно путем приготовления заранее активированного реагента – активной кремниевой кислоты. Кроме этого необходимо учитывать требуемую скорость полимеризации. Например, в аварийных ситуациях, когда возникает необходимость создания экрана из силоксановых структур, процесс полимеризации может быть ускорен за счет присадки в закрепляющий раствор катализаторов процесса.

На базе лабораторного комплекса ГОУ ВПО «ДонНАСА» авторами был начат эксперимент по подбору рецептуры инъекционного раствора, который проводился в два этапа.

На первом этапе разработка композиционного состава закрепляющего раствора проводилась с использованием метода Бейлиса – смешивание раствора жидкого стекла с раствором реагента, снижением его щелочности на 85%, при появлении золя кремниевой кислоты – его «замораживание» путем добавления воды до определенной концентрации оксида кремния SiO_2 [4]. «Заморозка» активной кремниевой кислоты проводилась добавлением воды в соотношении 2-х частей к 1-й части золя. Определение щелочности проводилась методом титрования.

Для эксперимента было принято жидкое стекло – силикат натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ по ГОСТ 13078-81 с содержанием SiO_2 – 24,8-34% (средний 29,4%); Na_2O – 8,1-13,3% (средний 10,7%), плотностью 1,36-1,45 г/см³ (средний 1,4 г/см³); силикатный модуль $n=2,7-3,4$ (средний 3).

Критерием положительного прохождения эксперимента являлось образование золя активной кремниевой кислоты. При этом фиксировались такие параметры, как время золеобразования, мин, и кинематическая вязкость полученного золя, мм²/с.

На втором этапе по положительным опытам первого этапа, был проведен ряд экспериментов получения золя активной кремниевой кислоты с «заморозкой» его раствором полиакриламида, который служит как снижающий вязкость раствора, укрупнению молекул и как следствие повышение характеристик закрепленного грунта. Так же способствует улучшению дегидратации грунтового основания. Увеличивает скорость фильтрации жидкости. Появляется эффект Томса [5].

При этом пропорции реагентов подбирались по молекулярной массе из расчета выхода в составе золя 3-9 % SiO_2 , или в концентрации «замороженного» золя – 1-3%.

«Заморозка» активной кремниевой кислоты проводилась с добавлением 0,05% водного раствора анионоактивного полиакриламида Ecofloc (ТУ 2414-002-74301823-2007) [6].

Результаты проведения эксперимента по получению раствора активной кремниевой кислоты с применением ПАА с усредненными показателями представлены в таб. 2.5.

Таблица 1. Результаты получения золя кремниевой кислоты при «заморозке» раствором ПАА

Реагент получения золя на основе раствора силиката натрия	C, %	Cз, %	t ^п , мин.	v, мм ² /с
Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	6%	2%	4	5,343
Уксусная кислота CH_3COOH	3%	1%	176	5,314
Уксусная кислота CH_3COOH	6%	2%	17	4,992
Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	3%	1%	1412	4,896
Нитрат аммония NH_4NO_3	9%	3%	184	4,659
Нитрат аммония NH_4NO_3	12%	4%	29	4,597
Ортофосфорная кислота H_3PO_4	3%	1%	347	2,154
Соляная кислота HCl	9%	3%	15	2,104
Ортофосфорная кислота H_3PO_4	6%	2%	1,0	2,076

Примечание:

C - содержание оксида кремния в золе до его «замораживания»;

Cз - содержание оксида кремния в золе после его «замораживания» раствором ПАА;

t^п - время получения коллоидного раствора с момента взаимодействия реагентов;

v - кинематическая вязкость раствора золя.

В качестве закрепляющего состава был выбран золь кремниевой кислоты, полученный реакцией жидкого стекла с сульфатом аммония и содержанием оксида кремния 6% в растворе до его «заморозки» [7]. Закрепление раствора осуществлялось разбавлением полученного золя в соотношении 1:2 с водным раствором анионоактивного полиакриламида Ecofloc.

Проверка «работоспособности» разработанного состава проводилась на приборе КПр-1 (рис. 2) по методике ГОСТ 23161-2012. «Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности».



Рисунок 2. Общий вид компрессионного прибора КПр-1, Гидропроект
Было выполнено три замера модуля деформации закрепленного грунта (E_1) и незакрепленного (E_2).

При этом была получена зависимость относительной деформации образцов грунта от давления $\varepsilon = f(P)$ (Рис. 3).

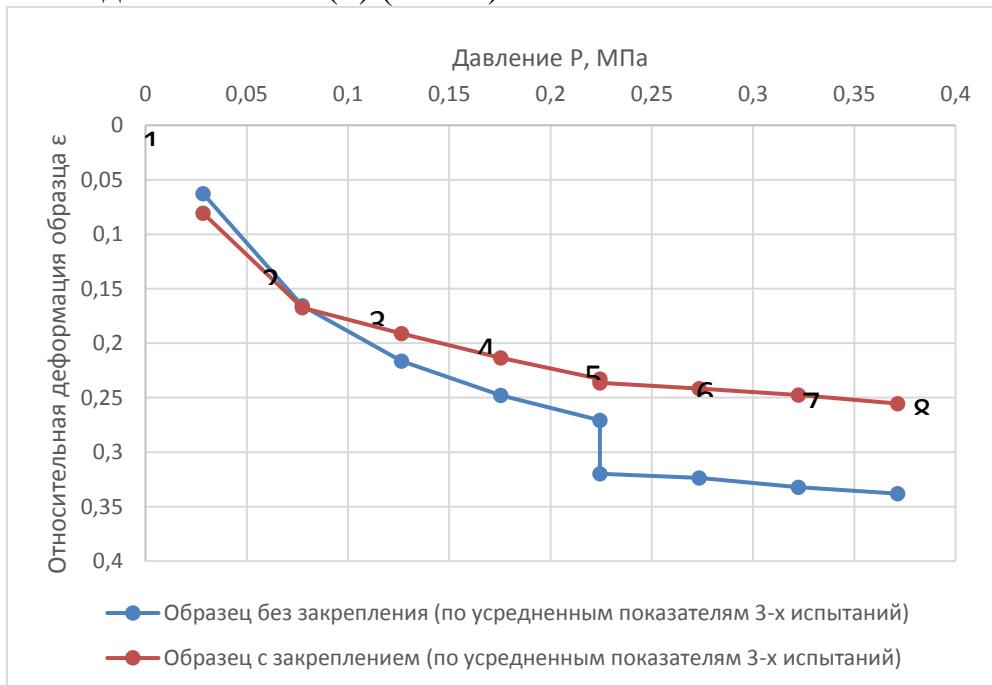


Рисунок 3 Соотношение относительной деформации от давления закрепленного и незакрепленного грунта: - 1-9 – этапы нагружения образца грунта на приборе КПр-1

Выводы

1. Разработан закрепляющий раствор на основе золя кремниевой кислоты из распространенных и доступных в производстве материалов таких как жидкое стекло и сульфат аммония с применением закрепляющего раствора на основе анионоактивного полиакриламида Ecofloc.

2. Разработанный раствор оказывает больший закрепляющий эффект на грунт, увеличивая его жесткостью, в сравнении с раствором жидкого стекла в равных пропорциях.

В среднем жесткость грунта с раствором повышается до 8-10 раз в сравнении с жидким стеклом, притом она возрастает при увеличении содержания SiO_2 в растворе от 0,5 до 3% .

4. С учетом полученных данных по закрепляющему раствору, были выполнены экспериментальные исследования по определению жесткостных характеристик закрепленного грунта на компрессионном приборе КПр-1, сравнительный анализ полученных данных с незакрепленным грунтом; определены характеристики работы закрепленного грунта, такие как коэффициент жесткости основания, осадка и просадка.

Список литературы.

1. Karol R.H. Chemical Grouting and Soil Stabilization. N.-Y.: Dekker, 2003. 584 p.
2. Аскалонов В.В. Силикатизация лессовых грунтов. М. : Госстройиздат, 1959. 78 с.
3. Brinker C.J., Scherer G.W. The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing, 1990. – 908 р.
4. Писаренко А.В. Разработка и оценка работы закрепляющего состава на основе активной кремниевой кислоты для просадочных грунтов / Материалы XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных «Строительство – формирование среды жизнедеятельности» (26-28 апреля 2017 г.)
5. Неводные суспензии, используемые в качестве агентов, снижающие сопротивление течению, и способ производства таких суспензий: пат. 2297574 Рос. Федерации. Заявл. 15.01.02; опубл. 27.07.07.
6. Соколович В.Е. Химическое закрепление грунтов. - М.: Стройиздат, 1980.-118с.
7. Писаренко А.В. Метод химического закрепления просадочного грунта коллоидным раствором на основе золя кремниевой кислоты с добавлением полиакриламида / А.В. Писаренко, В.В. Яркин, С.П. Высоцкий // Сборник материалов международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» (16–17 ноября 2016 г., г. Москва) С. – 282-286