

*д.т.н. Должиков П.Н.,  
к.т.н. Кобзарь Ю.И.,  
Кирияк К.К.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА СПОСОБОМ НАПОРНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ**

*У статті розглядається спосіб стабілізації зсувного масиву методом цементації: аналіз фізико-механічних властивостей ґрунтів, розробка методики проектування, розрахунок основних технологічних параметрів ін'єкції.*

**Ключові слова:** *зсувний масив, цементація, методика проектування, параметри ін'єкції.*

*В статье рассматривается способ стабилизации оползневого массива методом цементации: анализ физико-механических свойств грунтов, разработка методики проектирования, расчет основных технологических параметров инъекции.*

**Ключевые слова:** *оползневой массив, цементация, методика проектирования, параметры инъекции.*

**Актуальность проблемы.** Оценка степени опасности по условиям развития оползней, как гравитационных, водно-гравитационных и эрозионно-гравитационных процессов для территорий городов и населённых пунктов ЮБК, и защита от них участков, отводимых под застройку, строящихся и уже построенных зданий и сооружений, сводится к основной задаче: определение расчётных технико-экономических показателей для выбора оптимальных вариантов при проектировании противооползневых сооружений инженерной защиты от оползней территорий и объектов [1, 2].

В настоящее время изучена закономерность и механизм типичных оползней Крыма на различных стадиях их развития; определена роль оползнеобразующих факторов – абразии, эрозии режима обводнения и изменение прочности на развитие типичных оползней; обоснованы виды и эффективность противооползневых мероприятий, и последовательность их осуществления в зависимости от механизма и стадии развития типичных оползней; разработана рациональная система изучения

факторов, режима и механизма оползней Крыма методами стационарных исследований [1, 2].

Как показали результаты аналитических и экспериментальных исследований, весьма эффективным для стабилизации оползней является метод напорной цементации. Сущность метода заключается в определении зоны инъекции цементно-силикатного раствора, расчете технологических параметров, бурении скважин и нагнетании раствора. При этом зона скольжения оползня изменяет механические свойства и режим деформирования [3, 4].

Поэтому целесообразно проведение опытно-промышленных работ по стабилизации оползней методом цементации.

**Цель работы** – применение способа напорной цементации в природных условиях ЮБК.

**Основная часть.** Для стабилизации оползневых процессов, применяются различные методы механического воздействия на оползневой массив. В данной работе рассматривается метод напорной цементации как способ стабилизации в контексте изменения физико-механических свойств оползневого тела.

В качестве рассматриваемой задачи был выбран оползневой склон в районе г. Ялта. Предусматривалось выполнение работ по укреплению грунтов и стабилизации оползневых процессов в основании фундаментов под жилым домом и бассейном на территории домостроения в поселке Ореанда.

По данным инженерно – геологических исследований, выполненных центром научно-технических услуг «Инжзащита», склон является потенциально опасным в оползневом отношении.

Природный рельеф склона изменен планировочными работами при строительстве частных домостроений, что привело к активизации оползневых процессов и возникновению трещин и заколов в основании фундаментов под жилым домом и бассейном (рисунок 1).

В геоморфологическом отношении участок представляет наклонную террасу с общим уклоном в сторону моря. Рельеф участка изменен планировочными работами при строительстве частных домостроений. В геологическом строении участка принимают участие: верхнетриасовые и нижнеюрские отложения ( $T_3 - J_1$ ) представленные чешуйчатыми и тонкоплитчатыми аргиллитами. Выше по разрезу залегают четвертичные отложения, представленные аргиллитом смещенным ( $dp Q_4^1$ ), аргиллитом перемятым ( $dp Q_4$ ), суглинком дресвяным ( $dp Q_4$ ) и насыпным грунтом ( $tQ_4$ ). Проектируемыми скважинами намечается вскрытие трех инженерно – геологических элементов:

- 1 – насыпные грунты; мощность слоя – 0 – 5м;  
 2 – суглинок дресвяный; мощность слоя – 0 – 3-6м;  
 3 – аргиллиты; мощность слоя – 1 – 2 м.

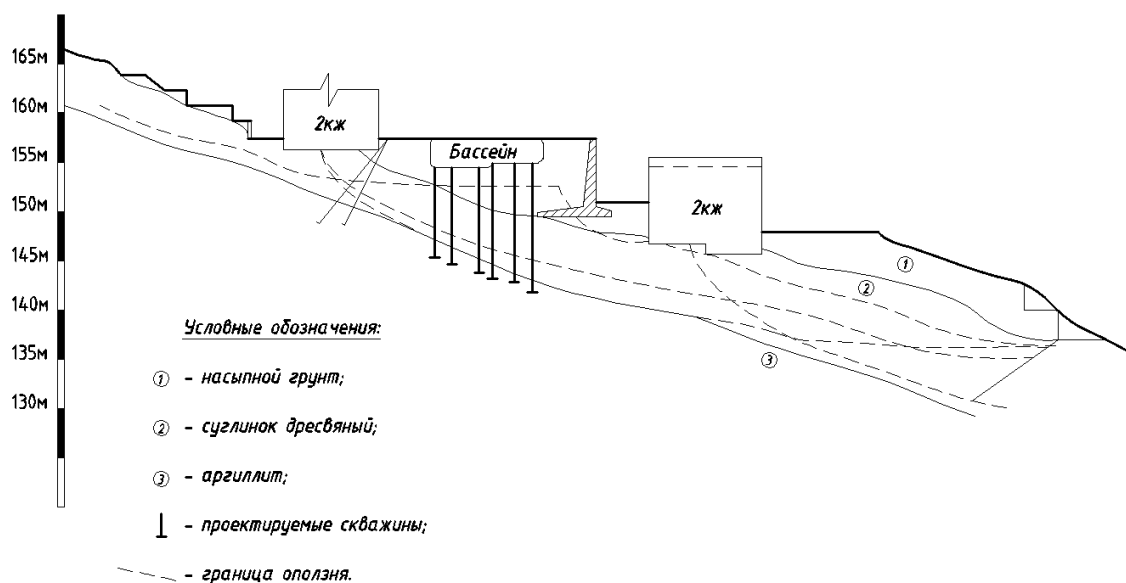


Рисунок 1 – Продольный разрез оползневого склона

Пересекаемые скважинами породы 1 и 2 инженерно – геологических элементов согласно ДБН Д 2.2–35–99 относятся к III категории по буримости, 3 инженерно-геологического элемента – к VI категории.

По данным инженерно–геологических изысканий грунты характеризуются следующими показателями (таблица 1).

Таблица 1 – Инженерно-геологические свойства грунтов

Показатели	Насыпной грунт $tQ_4$	Суглинок дресвяный, $dp Q_{3-4}$	Аргиллиты выветрелые $T_3 - J_2$
1	2	3	4
Объемный вес, $t/m^3$	2,18	2,16	2,33
Природная влажность, %	0,1	0,086	0,074
Степень влажности, $S_r$	0,711	0,606	0,77
Число пластичности, $I_p$	0,12	0,11	0,10
Показатель текучести, $I_l$	-0,293	-0,47	-0,35

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	
Коэффициент пористости, $e$	0,390	0,39	0,27	
модуль деформации, МПа	при ест. влажн., $E_e$	-	32	42
	в водонасыщ. состоянии, $E_B$	-	27	40
Сцепление $C$ , кПа	-	89	38	
Угол внутреннего трения, градус, $\varphi$	-	31	38	

При проектировании специальных работ производился расчёт следующих основных технологических параметров: определение состава и свойств тампонажных растворов; расстояние между скважинами; количества скважин; давления нагнетания раствора; объём нагнетания раствора в одну скважину; общего объёма тампонажного раствора; расхода материалов.

Для укрепления грунтов в основании фундаментов под жилым домом и бассейном осуществляется инъекция цементно-силикатного раствора. Состав и свойства раствора приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства цементно-силикатного раствора

Состав раствора	Плотность, $кг/м^3$	Динамич. напряж. сдвига, МПа	Структурная вязкость, Па/с	Прочность, МПа	
				2 сут	7 сут
Цемент М-400 - 750 кг Силикат натрия-37 кг Вода- 750 л	1560	28,5	30,6	2,6	8,4

Контроль качества тампонажного раствора осуществляется путём отбора проб (1 проба на  $10 м^3$  раствора) и испытанием их в лаборатории.

Тампонажный раствор в грунтах распространяется под давлением в пустотах и за счёт гидрорасчленения массива и его уплотнения. Во из-

бежание изменения гидродинамической ситуации на участке и сохранения существующих условий движения потока грунтовых вод, инъекционные скважины предусматривается располагать через 1,5 м, а объем нагнетаемого тампонажного раствора рассчитывается исходя из заданного радиуса распространения инъекций 0,5 м.

Скважины располагаются одним рядом вдоль восточной стены здания и в шахматном порядке по всей площади бассейна. Для такой схемы расположения скважин, учитывая длину стены и площадь бассейна, общее количество буроинъекционных скважин составляет 25 штук.

Рабочее давление нагнетания раствора рассчитываем по формуле:

$$P_H = P_T + P_K - P_r + \Delta P, \quad (1)$$

где  $P_T = \lambda l$  - потери напора в трубопроводе;

$P_K$  - напор подземных вод;

$P_r = \rho gh$  - гидростатическое давление столба раствора;

$\Delta P$  – потери напора при течении раствора в грунте.

Результаты расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Инъекционные параметры

Интервал, м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	h, м	$\lambda$	l, м	$P_{тр.}$ , МПа	$P_r$ , МПа	$P_K$ , МПа	$\Delta P$ , МПа
1 – 10,5	1560	10,5	0,009	50	0,18	0,14	0,06	0,1

Следовательно, рабочее давление насоса для нагнетания цементно-силикатного раствора равно 0,2 – 0,45 МПа. В процессе выполнения работ в каждом случае выхода раствора за зону инъекции закачка прекращается на 4-5 часов для его структурирования.

Технологией инъекции грунтов предусмотрена закачка в скважины заходками «сверху-вниз» через инструмент цементно-силикатного раствора. Глубина каждой скважины при выполнении инъекций обусловлена литологическим разрезом и составляет от 7 м до 10,5 м. Этим предусмотрена инъекция раствора в двух литологических слоях.

В соответствии с расчетами принимаем средний расход цементно-силикатного раствора на 1 п.м скважины равным:

- для насыпных грунтов и суглинков дресвяных:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot m \cdot h_3 = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 0,28 = 0,25 \text{ м}^3$$

- для аргиллитов:

$$V = 3,14 \cdot 0,22 \cdot 0,28 = 0,2 \text{ м}^3.$$

Расход материалов на инъекционные работы приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Расход материалов на тампонаж

№ п/п	Материал	Уд. расход, $m/m^3$	Всего, $m$
1.	Цемент	0,75	33
2.	Силикат натрия	0,037	1,6
3.	Вода	0,75	33

Приготовление цементно-силикатного тампонажного раствора осуществляется механическим способом непосредственно в нагнетательной технологической линии, включающей следующий комплекс оборудования:

- миксер, производительность приготовления цементно-силикатного раствора 10 – 20 л/мин плотностью 1560 кг/м<sup>3</sup>;

- насос НБ–3 производительностью до 120 л/мин, с максимальным давлением 4 МПа.

Для цементно-силикатного раствора последовательного введения составляющих компонентов предусмотрено приготовление по следующей технологической схеме:

- подача воды и цемента в миксер;
- после достижения цементным раствором требуемой плотности 1560 кг/м<sup>3</sup> в раствор вводится структурообразователь (силикат натрия) с последующим нагнетанием готового цементно-силикатного раствора цементирочным насосом НБ–3 в скважину.

В натуральных условиях в скважины пронагнетали около 44 м<sup>3</sup> цементно-силикатного раствора.

Нагнетание раствора в скважину прекращалось при достижении расчетного количества раствора и конечного давления нагнетания или в случае прорыва раствора на поверхность земли.

## **Выводы**

1. Применением способа струйной цементации оползневых грунтов была достигнута стабилизация оползня, вязкопластические деформации зоны скольжения были переведены в упруго-жесткие.

2. Изложенная методика определения области применения напорной цементации и технология производства работ, позволяют использовать способ для укрепления сходных по структуре грунтов оползневых участков всего южного берега Крыма.

## **Библиографический список**

1. Рудько Г.И. *Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): [монография] / Г.И. Рудько, И. Ф. Ерыш. – К.: Задруга, 2006. – 624с.*

2. Амосова Л.А. *Закономерности формирования оползневых отложений / Амосова Л.А., Коробанова И.Г., Копылова А.К. - Изд-во «Наука», 1976. - 184с.*

3. Должиков П.Н. *Физика движения вязкопластичных тампонажных растворов:[ монография] / П.Н. Должиков, А.Э. Кипко. – Донецк: «Вебер», 2007. – 237с.*

4. Должиков П.Н. *Применение метода напорной цементации для стабилизации оползневого процесса / П.Н. Должиков, К.К. Кириак // Сборник научных трудов ДонГТУ, 2011. – №34. – С. 179-186.*

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Дроздом Г.Я.*