

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАПОРНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВОГО ПРОЦЕССА**

*У статті розглядається спосіб стабілізації зсувного масиву методом струменевої цементації, аналіз його стану, визначення нових фізико-механічних характеристик області ковзання зсуву. Визначення коефіцієнта стійкості, виходячи з отриманих фізико-механічних характеристик.*

***Ключові слова:** зсув, масив, область ін'єктування, стабілізація зсувних процесів, струменова цементація.*

*В статье рассматривается способ стабилизации оползневого массива методом струйной цементации, анализ его состояния, определение новых физико-механических характеристик области скольжения оползня. Определение коэффициента устойчивости, исходя из полученных физико-механических характеристик.*

***Ключевые слова:** оползень, массив, область инъектирования, стабилизация оползневых процессов, струйная цементация.*

**Актуальность проблемы.** В развитии оползневых явлений ЮБК весьма существенной является форма склона, характерными параметрами которого является высота и его крутизна. Необходимо учитывать, что наблюдаемая форма склона обуславливается совокупным воздействием всей естественно-исторической обстановки. Совершенно очевидно, что при искусственном изменении этой обстановки (подтопление, изменение гидрогеологического режима, подрезки и т.д.) наблюдаемая форма рельефа склона может оказаться уже несоответствующей новым условиям. При таких условиях неизбежно развиваются оползневые явления.

Свойства пород и их динамические характеристики, слагающих склон или толщу откоса, имеет чрезвычайно большое значение. Следует отметить, что склоны и откосы, в нашем случае морское побережье, представлены коренными породами покровными отложениями. Породы

в значительной мере предопределяют собою и степень устойчивости склона, и характер возможного развития оползневых процессов.

Оценка степени опасности по условию развития оползней, как гравитационных, водно-гравитационных и эрозионно-гравитационных процессов для территорий городов и населённых пунктов, и защита от них территорий, отводимых под застройку участков, строящихся и уже построенных зданий и сооружений, сводится к задачам трех типов, существенно различающимся по направленности, масштабам и методам решения [1].

1. Связанные с разработкой рекомендаций по предупреждению и локализацией развития оползней и защите на больших территориях, решаемые преимущественно на основе обобщенных качественных оценок оползневой опасности.

2. По оценке степени оползневой опасности и защите от оползней конкретных участков городских территорий, в первую очередь участков, отводимых под строительство или существующих зданий и сооружений.

3. По определению расчётных показателей для выбора оптимальных вариантов при проектировании противооползневых сооружений инженерной защиты от оползней территорий и объектов.

Необходимость решения задач первого и, в меньшей мере, второго типа регламентирована законодательством Украины об охране окружающей природной среды [2]; согласно «Региональной программы по инженерной защите территорий Автономной Республики Крым от оползневых, абразионных процессов, подтопления и паводков на 2007-2011 гг», которая является частью «Государственной программы социально-экономического развития АРК на срок до 2017г», утвержденной постановлением Кабинета Министров Украины № 1067 от 30.08.2007р; законами о планировании и застройке территорий, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на объектах повышенной опасности [3]; Земельным кодексом [4]; и нормативной документацией о планировании и застройке городов [5]; об инженерной защите территорий от оползней и обвалов [6] и другими нормативами.

**Анализ предыдущих исследований.** Горный Крым ввиду широкого развития экзогенных геологических процессов (ЭГП) с давних пор привлекал внимание ученых России и Украины.

Так, Бессмертным А.Ф. выполнено построение прогнозной модели активности типичного для ЮБК естественного оползня-потока на основе комплекса геофизических признаков деформаций грунтового массива для научного обоснования методических основ геофизических

исследований оползневых склонов. На базе долговременных глубинных наблюдений за физическим состоянием грунтов оползня и деформациями глубинных горизонтов уточнена ФГМ оползневых смещений, которая позволила обосновать использование геофизических методов при пространственно-временном прогнозе оползней Крыма [7].

Ерыш И.Ф. изучал 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.[8]

В работе [9] рассмотрено формирование минерального и гранулометрического состава, а так же физико-механических и деформационных свойств оползневых отложений в различных геоструктурных условиях; установлена общая направленность процесса выветривания, разуплотнения, денудации и континентальной аккумуляции на склонах.

**Цель работы** – обоснование применения метода напорной цементации для стабилизации оползневого процесса в условиях ЮБК.

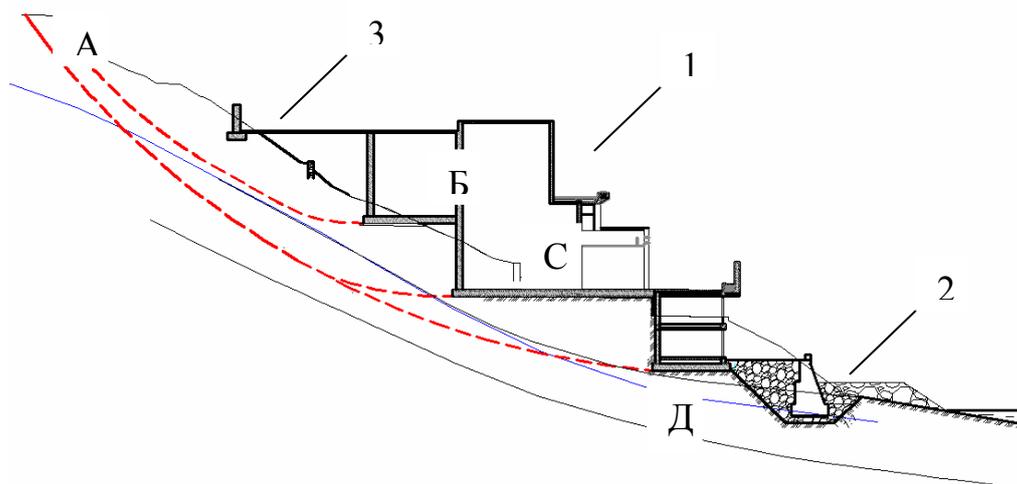
**Основная часть.** Для стабилизации оползневых процессов, применяются различные методы механического воздействия на оползневой массив. В данной работе рассматривается метод струйной цементации, как способ стабилизации в контексте изменения физико-механических свойств оползневого тела.

В качестве рассматриваемого объекта исследований был выбран оползневой склон в районе г. Алушка. Исследование оползневой системы и инженерно-геологической ситуации были выполнены ЦНТУ «Инжзащита» в 2009 - 2010 годах.

Исследуемая территория расположена на Южном берегу Крыма в районе среднекрутого и крутого берегового откоса восточной экспозиции на абсолютных отметках 0.0 – 31.1 м. Рельеф участка и склона сформирован дендуционными, абразионными, древнеоползневыми и современными оползневыми процессам и осложнен техногенным воздействием.

В геологическом строении исследуемой территории принимают участия коренные флишевые грунты таврической серии, перекрытые древнеоползневыми и современными оползневыми отложениями. В виду перепланировки склона под благоустройство территории и строи-

тельство сооружений в пределах изучаемой территории широко распространены техногенные образования. Глубина залегания кровли коренных грунтов в пределах участка, варьируется от 5,5 м до 10,5 м относительно древней поверхности. Сейсмичность относится к зоне интенсивности сотрясений на средних грунтах равной 8-ми баллам. Форма оползневого склона с учетом проектируемого сооружения имеет вид, показанный на рисунке 1.



- 1 – проектируемое сооружение,
- 2 – гидротехническая стена,
- 3 – подпорная стена

Рисунок 1 - Продольный разрез оползневого склона

Расчет коэффициента устойчивости производим по предполагаемым поверхностям смещения (А – Б, А – С, А – Д) используя метод проф. Г.М Шахунянца [8].

Для расчета устойчивости и определения оползневого давления были использованы следующие физико-механические характеристики грунта, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики грунта

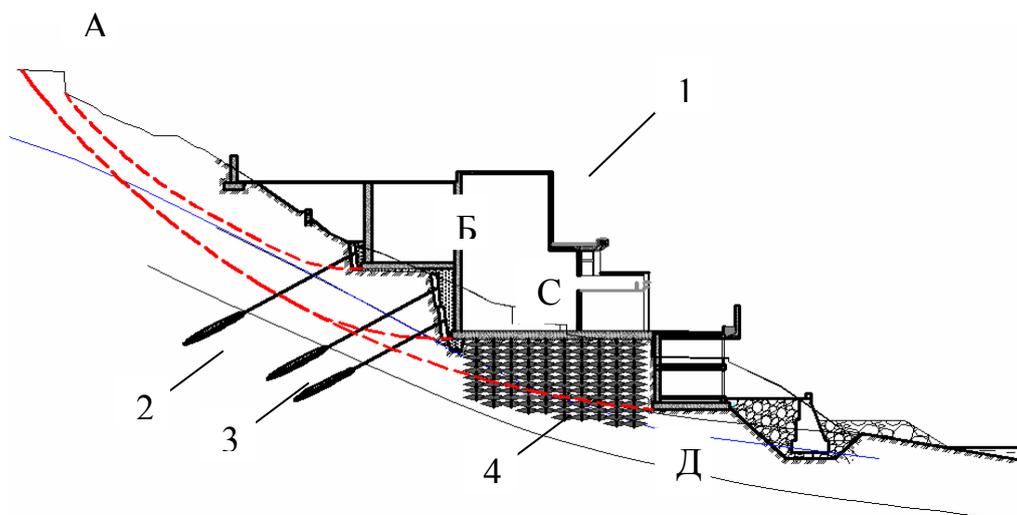
Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, т/м <sup>2</sup>
$\gamma$	$\phi$	$c$
2,18	18	2,2

После проведения расчетов, по предполагаемым поверхностям смещения, полученные результаты сводим в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчета показателей устойчивости

Расчетная кривая	$k_{st}$	$E_{оп}$ т/м
А – Б	1,15	16,9
А – С	0,77	62,9
А – Д	0,83	100,4

Таким образом, полученные результаты расчета свидетельствуют о необходимости устройства противооползневых сооружений, для достижения нормативного коэффициента устойчивости ( $k_{st} = 1,16$ ) по каждой поверхности смещения.



- 1 – проектируемое сооружение,
- 2 – анкерный ростверк кривая А-Б,
- 3 – анкерный ростверк кривая А-С,
- 4 – область инъецирования

Рисунок 2 - Продольный разрез оползневого склона

Для восприятия оползневого давления подобран анкерный ростверк для каждой кривой, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры анкерного ростверка

Расчетная кривая	$E_{оп}$ , т/м	Усилие в анкере, т	Угол наклона анкера, град.	Шаг анкеров, м	Кол-во рядов	Воспринимаемая нагрузка, т/м
А-Б	16,9	53,4	30	3	1	16,3
А-С	62,9	53,4	30	1,5	2	62,8

Для восприятия нагрузки полученной по кривой А-Д применяем инъекционный метод стабилизации оползня. Для этого через вертикальные скважины заходками «снизу-вверх» осуществляется инъектирование цементного раствора в грунт. Скважины расположены таким образом, чтобы область инъектирования перекрывала всю зону скольжения (рисунок 2). В соответствии с инженерно - геологическими условиями и технологической схемой нагнетания цементного раствора принимается следующая схема расположения скважин: 0 – 10,0м – диаметр бурения 112 мм; диаметр обсадки 75мм; расстояние 1,5х1,5м, плотность нагнетаемого раствора 1800 кг/м<sup>3</sup>.

С помощью метода струйной цементации изменяются физико-механические свойства области скольжения. После проведения лабораторных исследований заинъектированных грунтов получены новые характеристики для расчета, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-механические характеристики грунта после инъекции

Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, т/м <sup>2</sup>
$\gamma$	$\phi$	$c$
2,96	25	3,5

После выполнения расчета с новыми физико-механическими характеристиками грунта получены показатели устойчивости, результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Результаты расчета показателей устойчивости

Расчетная кривая	$k_{st}$	$E_{оп}$ , т/м
А – Д	1,07	31,8

Суммарное оползневое давление по предполагаемым поверхностям смещения (А-Б, А-С) воспринимаемое анкерными ростверками составляет 79,1 т/м. Максимальная нагрузка, полученная по кривой А-Д, составляет 100,4 т/м. Таким образом, остаточное давление по кривой А-Д с учетом восприятия анкерными ростверками составляет 21,3 т/м, которое стабилизируется при помощи цементации грунта.

### **Выводы**

1. Исходя из систематизации наработанных результатов, а также анализа физико-механических свойств сходных оползневых участков, были определены физико-механические характеристики данного оползневого склона и рассчитан коэффициент устойчивости при помощи метода обратного расчета.

2. Применен комбинированный метод стабилизации оползневых процессов с целью изменения физико-механических свойств оползня. При помощи метода струйной цементации грунтов вязкопластические деформации зоны скольжения были переведены в упруго-жесткие, получены новые физико-механические свойства грунтов, удовлетворяющие условиям стабилизации оползня.

### **Библиографический список**

1. Черный Г.И. *О классификации математических моделей для различных задач механики горных пород* / Г.И. Черный // "Труды VIII сессии Совета по народнохозяйственному использованию взрыва". - К.: Наукова думка, 1970. – С. 20 – 26.

2. *Законодавство України про охорону навколишнього природного середовища (за станом на 1 квітня 2000 р.)*. – К.: Парламентське видавництво, 2000. – 144 с.

3. *Закон України. Про планування та забудову територій від 20 квітня 2000 року № 1699-III*.

4. *Земельний кодекс України (зі змінами та доповненнями станом на 1 квітня 1998 року)*. – К.: Право, 1998. – 42 с.

5. *Держкомістобудування України / Система містобудівельного кадастру населених пунктів України*. – К.: Знання, 1994. – 39 с.

6. *ДБН В.І.І-3-97. Інженерний захист територій будівель та споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Видання офіційне*. – К.: Держбуд України, 1998. – 40 с.

7. *Бессмертный А. Ф. Комплексные геофизические исследования оползней и построение прогнозных моделей их активности (на примере*

*Южного берега Крыма): Автореф. дис... к-та геолог. наук:04.00.22 / КНУ. – К., 2004. – 20 с.*

8. Рудько Г.И. *Оползни и другие геодинамические процессы горно-складчатых областей Украины (Крым, Карпаты): монография / Г. И. Рудько, И. Ф. Ерыш – К.: Задруга, 2006. – 624 с.*

9. Аносова Л.А. *Закономерности формирования оползневых отложений /Л.А. Аносова, И.Г. Коробанова, А.К. Копылова. – М.: Наука, 1976. –184 с.*