

УДК 69.059.22

## ПРИМЕНЕНИЕ БУРО-ИНЪЕКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ЗАЩИТЕ ОТ ОБРУШЕНИЯ СКЛОНА В Г. АЛУШТЕ

*к.т.н. Попов А.В., инж. Тельних Н.Н., к.т.н. Цаплин Е.Г.,*

*к.т.н. Литовченко П.А.\*, Коротков А.Н.\*\**

*ООО «ТИССА». Антрацит,*

*\*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,*

*Симферополь,*

*\*\*КрымНИОпроект. Севастополь*

**Введение.** Современное строительство на южном берегу Крыма (ЮБК) весьма проблематично без специальных мероприятий по укреплению основания из-за сложных горно-геологических условий. Как правило, строительство на ЮБК ведется в пределах нижней части южного макросклона главной гряды Крымских гор, где существует опасность оползневых явлений. В геологическом строении большинства площадок строительства принимают участие породы таврической серии верхнего триаса – нижней юры, перекрытые четвертичными отложениями и образованиями различного генезиса. В таких инженерно геологических условиях хорошо зарекомендовали себя инъекционные технологии укрепления оснований [1].

**Анализ публикаций.** ООО «ТИССА» в своей практике широко использует инъекционное укрепление грунтов в режиме напорной инъекции в грунт цементующих растворов через вертикальные и наклонные скважины, оборудованные перфорированным инъектором (рис.1). Данная технология защищена патентом Украины [2]. Инъекционные уширения создаются по всей длине сваи, и их вклад в несущую способность сваи превышает несущую способность по боковой поверхности сваи, определяемую по методике норм [3]. Кроме того, инъекционные уширения снижают расчетную длину ствола сваи, что позволяет уменьшить их диаметр. В организации разработана методика расчета несущей способности таких свай, радиуса распространения раствора и объемов его нагнетания в зависимости от характеристик пересекаемых свайей грунтов.

**Постановка задачи.** Севернее автодороги Алушта – Судак при устройстве подъездных путей к соседнему дому без соответствующих инженерно мероприятий по укреплению склона была произведена его подрезка, что нарушило устойчивость склона. В результате активизации оползневых явлений началось обрушение склона с развитием многочисленных трещин в конструкциях строений, примыкающих к индивидуальному дому, возникла угроза разрушения здания (рис.2).

**Методика решения задачи.** Для принятия обоснованных проектных решений защиты здания по инициативе ООО «ТИССА», с привлечением ООО «УКРНТЭК-ЭКОГЕОДИНАМИКА», были выполнены геофизические исследования на площадке строительства различными методами: структурно-геодинамического картирования – азимутального (СГДКА-А); регистрацией естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ);

вертикального электрозондирования (ВЭЗ). Проведена комплексная интерпретация геологических и геофизических данных, составлена карта геодинамической зональности участка исследований. По результатам исследований определено геологическое строение грунтов склона, уровни грунтовых вод и выявлены зоны геодинамических нарушений склона.

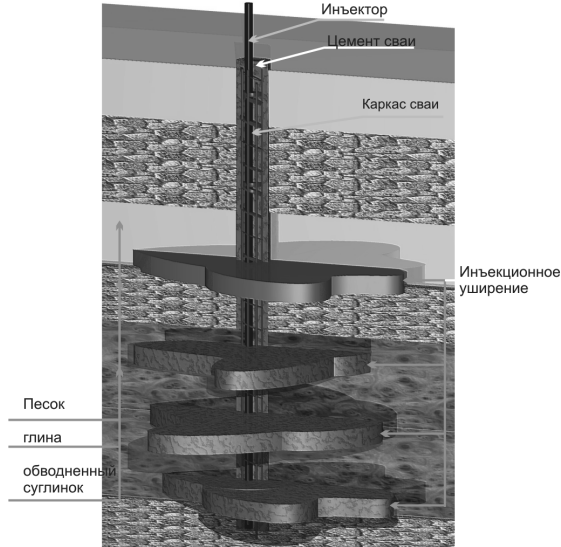


Рис. 1. Схема формирования буроињекционной сваи с ињекционными уширениями



Рис. 2. Подрезка склона строящегося здания в. г. Алушта

В геологическом разрезе участка выделены следующие напластования:

- современные техногенные образования представлены из гумусированным суглинком, дрсевой и щебнем флишевых пород;
- верхнечетвертичные делювиально-пролювиальные отложения представлены суглинком коричнево-бурым, полутвердым, с дресвой и щебнем флишевых пород и дресвяно-щебенистым грунтом из пород таврического флиша с серовато-бурым суглинистым заполнителем;
- элювий пород таврической серии представлен аргиллитами серыми, буровато-серыми, тонкоплитчатыми, плитчатыми и листовыми сильно выветрелыми, с прослоями алевролитов и кварцевых песчаников.

В результате комплексного анализа геолого-геофизической информации в пределах участка исследований выделено две аномальных области, соответствующие геодинамическим зонам северо-восточного (СВ-1) и широтного (Ш-1) распространений (рис.3). По степени активности, выделенные геодинамические структуры являются высокоактивными. Непосредственно в пределах ГДЗ СВ-1 отмечено разрушение кирпичной кладки забора, а в пределах ширины развития ГДЗ Ш-1 сформированы трещины оползневых деформаций грунта.

Геодинамическая структура характеризуется смещением геоэлектрических границ по вертикали и аномальным сопротивлением слоев, что обусловлено разуплотнением пород и их повышенной проницаемостью. Измеренные кривые вертикального электродирования (ВЭЗ) характеризуются сильным искажением, что обусловлено неоднородностью гидрогеологического и геодинамического строения массива. Уровень грунтовых вод и плоскость скольжения выделялись по характерным, повторяющимся искажениям кривых. По данным ВЭЗ, пройденным по всем профилям исследований в пределах геодинамической структуры СВ-1 отмечается погружение подошвы геоэлектрического слоя, что может быть обусловлено как изменением прочностных характеристик пород, так и погружением водоносного горизонта.

Выполненные исследования позволили принять решения по защите здания, определив проектом 2 этапа выполнения работ (рис.3, 4).

Этап 1 – создание ограждающей защиты из буроинъекционных свай в непосредственной близости от здания, т. е. в зонах влияния ГДЗ Ш-1 и СВ-1, на глубину ниже области формирования оползня. Назначение свай – сохранение монолитности и предотвращение развития перемещений грунта в пятне строения в предельном состоянии перед обрушением склона.

Этап- 2 – сооружение защиты из буроинъекционных свай по внешней границе развития деформаций на глубину ниже области формирования оползневого процесса. Назначение свай – восприятие части нагрузок от сползающего грунта.

Для выполнения буровых работ на первом этапе применен малогабаритный буровой станок для подземного бурения НКР-100М с компрессором, на втором этапе - буровая установка УРБ 2-А2 с компрессором. Нагнетание иньктирующего раствора выполняли насосом

НБ-4. Обеспечение участка работ электроэнергией осуществляли автономной дизель-электростанцией.

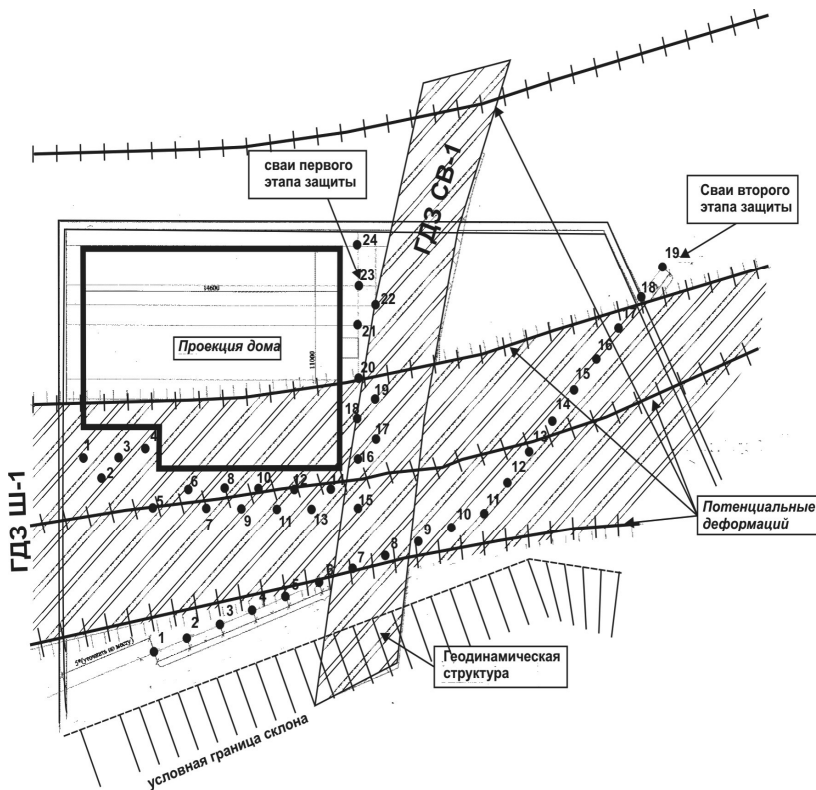


Рис. 3. Схема расположения аномальных геодинамических структур и буроинъекционных свай в пределах площадки строительства

На первом этапе было выполнено ограждение из 24-х буроинъекционных свай диаметром 200 мм и глубиной погружения 8 м. Сваи армировали перфорированной трубой-инжектором  $\varnothing 89$  мм, через которую проводили инъекцию цементирующего раствора в грунт. В качестве цементирующего использовали цементно-силикатный раствор плотностью  $1820 \div 1840 \text{ кг/м}^3$ . Расчетное давление нагнетания составляло 10 атм. Расчетный радиус распространения раствора составлял 5 м, что соответствует ширине области Ш-1, расчетный объем нагнетаний раствора в грунт –  $0.4 \text{ м}^3$  на скважину через 4 зоны перфорации по высоте свай.



На втором этапе было выполнено 19-ть буринъекционных свай диаметром 200 мм и глубиной 15 м. Расчетную несущую способность свай на выдергивающие нагрузки (60 т) обеспечивали за счет инъекционных уширений. Расчетная несущая способность на боковые нагрузки составила 20 т. Расчетный объем нагнетаний раствора в грунт составлял  $0,6 \text{ м}^3$  на одну скважину с 6-ю зонами перфорации по высоте. Две зоны перфорации располагали ниже расчетной призмы обрушения и предназначались исключительно для обеспечения несущей способности сваи на выдергивание. Остальные зоны перфорации находились внутри зоны Ш-1 и служили для создания уплотняющих и армирующих элементов грунта.

Выполнение нагнетания, преимущественно из зон перфорации, находящихся внутри призмы обрушения зоны Ш-1, сопровождалось выходами цементирующего раствора на боковую поверхность склона. Анализ показывает, что выходы раствора происходили по наметившимся плоскостям скольжения грунтов ниже по склону от сооружаемой преграды и достигали расстояний до 20 м от скважины, в которую производили нагнетание. Основная часть выходов раствора наблюдалась в зоне выпора у подошвы склона.

Таким образом, можно сделать заключение, что в результате нагнетаний были зацементированы трещины по линии наметившихся контуров обрушения склона и, одновременно с этим, выполнено армирование грунта горизонтальными инъекционными уширениями. Выполненная защита позволила остановить обрушение склона вблизи здания. Постоянный мониторинг показывает, что новые трещины как в конструкциях строений, так и на поверхности склона не образуются, а рост существующих не происходит.



*Рис. 6. Сооружение свай второго этапа защиты*

Бурение скважин первой очереди полностью подтвердили результаты геофизических исследований о неоднородности гидрогеологического и геодинамического строения массива. Так, в скважинах, которые пробурены за пределами геодинамической зоны СВ-1, на глубине 4 – 5 м была обнаружена вода в трещиноватых аргиллитах. В пределах зоны СВ-1 в перемятых и нарушенных породах вода, очевидно, дренировала на более глубокие горизонты, и при бурении не встречена.

Скважины второй очереди бурили после выполнения всех работ первого этапа. Прямым подтверждением эффективности выполненных цементационных работ явилось отсутствие воды при бурении 15-метровых скважин. Вода не встречена ни скважинами вне геодинамической зоны СВ-1 (№№ 1÷5; 10÷19), ни скважинами, пробуренными в пределах этой зоны (№№6÷9). Выполненная поэтажная цементация массива через скважины первой очереди обеспечила не только закрепление массива, но и его гидроизоляцию в зоне формирования оползня, что имеет принципиальное значение при защите склона.

### **ВЫВОДЫ**

1. Укрепление массива буроинъекционными сваями с инъекционными уширениями работами первого и второго этапа полностью исключили оползневые явления в пределах защищаемого здания.
2. Применение буроинъекционных технологий ООО «ГИССА» [1] позволяет комплексно решать задачи укрепления и гидроизоляции оползнеопасных массивов.
3. Комплекс геофизических исследований позволяет оценивать и целенаправленно изменять гидрогеологическое и геодинамическое состояние массива методами буроинъекционных технологий, при этом существенно снижается общая стоимость работы и повышается ее эффективность.
4. Разнообразное буровое оборудование и независимое электроснабжение участка работ позволяет выполнять работы в самых разнообразных по сложности условиях строительства.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Попов А.В., Тельних Н.Н., Цаплин Е.Г. и др. Применение инъекционных технологий в устройстве оснований зданий при различных геологических условиях Крыма. В сб.: Строительство и техногенная безопасность. Вып. 28.- Симферополь, НАПКС, 2009, С. 9-16.
2. «Сваи буроинъекционные висячие с цементными уширениями».- Патент Украины на полезную модель, № 19875 от 15.01.2007.
3. ДБН В 2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд./ ДР НДІБК Мінрегіонбуду України. –К.: Мінрегіонбуд України, 2009. -107 с.