

Решение экологических проблем с применением буроинъекционных технологий

Дудля Н. А.¹, Попов А. В.², Тельних Н. Н.², Цаплин Е. Г.², Коротков А. Н.³

¹ *Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина*

² *ООО «ТИССА», Антрацит, Украина*

³ *ЗАО «КрымНИОПроект, Севастополь, Украина*

Поступила в редакцию 01.03.11, принята к печати 18.03.11

Аннотация

В статье изложены результаты выполнения работ по укреплению обводненных лессовых грунтов цементно-силикатными растворами через наклонные скважины по технологии напорной инъекции раствора в грунт в соответствии с патентом ООО «ТИССА». Примененная буроинъекционная технология позволила обеспечить безопасную эксплуатацию компрессорной станции ПАО «Укртатнафта».

Ключевые слова: лесс, укрепление, буроинъекционная технология.

Бурение широко используется в практике промышленного и гражданского строительства для сооружения ограждающих и подпорных конструкций, обеспечивающих либо необходимую несущую способность зданий, либо их безопасную эксплуатацию. С использованием буровых скважин устраиваются сваи различного назначения, подпорные стены, нагельное и анкерное крепление горных уклонов и откосов котлованов. С помощью буроинъекционных технологий решаются вопросы предотвращения проседаний зданий на неустойчивых грунтах, исключаются обрушения откосов котлованов, сводятся к минимуму оползневые явления на склонах.

ООО «ТИССА» в своей практике широко использует инъекционное укрепление грунтов в режиме напорной инъекции в грунт цементирующих растворов через вертикальные и наклонные скважины, оборудованные перфорированным инъектором. Данная технология защищена патентом Украины (патент Украины на полезную модель № 19875 от 15.01.2007 года «Сваи буроинъекционные висячие с цементными уширениями»). Примером применения указанной технологии является укрепление грунтов в основании фундаментов поршневых компрессоров Кременчугского нефтеперерабатывающего завода.

Необходимость в выполнении работ по укреплению оснований фундаментов поршневых компрессоров возникла в связи с ростом вибрации оборудования по причине обводнения грунтов на глубину до 1,5–2,0 м и возможной просадки фундаментов и стен здания компрессорной станции. Зафиксированный приток воды составил 0,08–1,0 м³ в сутки. Глубина заложения фундамента – 2,0 м.

Для уточнения гидрогеологических условий в 50 м от компрессорной станции была пробурена контрольно-разведочная скважина глубиной 12 м. Было установлено, что грунты в основании фундаментов представлены просадочными лессами до глубины 5,3 м, затем плотными глинами и далее – обводненными песками. Водоносный горизонт начинается с глубины 8 м. При бурении контрольно-разведочной скважины до глубины 8 м воды не обнаружено. Кроме всего прочего, химический состав подземной воды водоносного горизонта и воды, обнаруженной вблизи компрессорной станции, значительно различался.

Таким образом, источник и причины обводнения грунтов вблизи фундаментов компрессоров оставались невыяснены.

Для выяснения причин обводнения грунтов была приглашена специализированная организация ООО «Укрнтэк-Экогеодинамика» с целью выполнения комплекса геофизических исследований, позволяющих установить источник обводнения.

В результате комплексного анализа геолого-геофизической информации, полученной с помощью методов электротондирования, выделена аномальная область, соответствующая геодинамической структуре северо-восточного простирания высокой степени активности, шириной порядка 14–16 м, в зону влияния которой попадает здание компрессорной станции. Область аномалии является естественной дренажной для поверхностной и техногенной воды обширной территории, что и стало причиной обводнения грунтов в основании фундаментов компрессоров. Непосредственно под фундаментом глубина обводнения составляет не более 3,5 м, т. е. в пределах просадочных лёссов. Связи с водоносным горизонтом не выявлено (рис. 1). Выполненные геофизические исследования позволили выбрать рациональный способ уплотнения грунтов в основании фундаментов и оптимизировать объем работ.

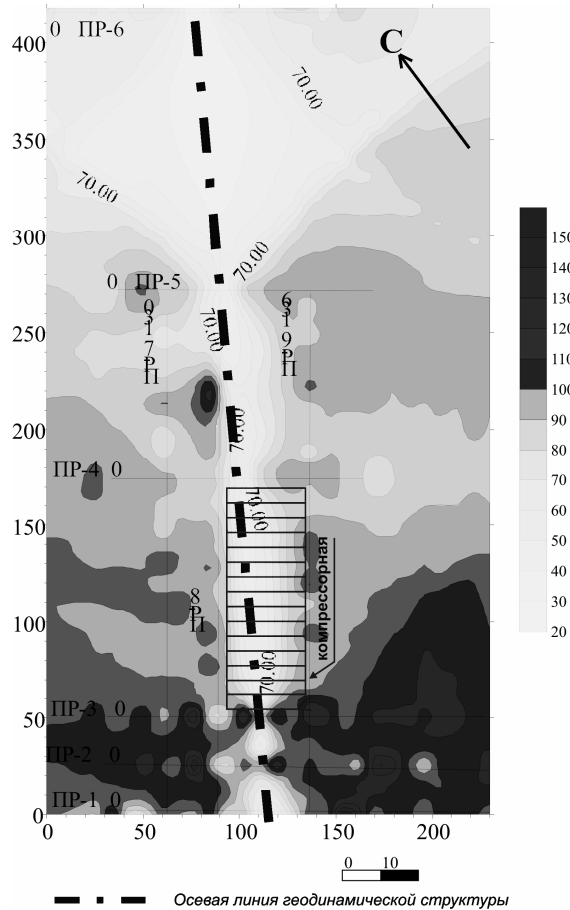


Рис. 1. Карта распределения обводненного грунта в районе компрессорной станции до выполнения цементационных работ

Для восстановления несущей способности грунтов проектом ООО «ТИССА» предусматривалось выполнить уплотнение грунтов в основании фундаментов путем напорной инъекции цементно-силикатного раствора в грунт через инъекторы, установленные в наклонные скважины, пробуренные вокруг фундаментов. В качестве инъектора применили перфорированную металлическую трубу, которая является армирующим элементом сваи. Уплотнение грунта выполнили в интервале глубин просадочных грунтов 0–5,3 м (рис. 2).

Сооружение скважин выполняли внутри здания компрессорной станции, в крайне стесненных условиях. Для этого использовали буровой станок подземного бурения БСК-2М2-100. В качестве промывочной жидкости применяли раствор бентонитовой глины с добавлением КМЦ, водоотдача которого составляла 4–6 см³ за 30 мин. Цементационные работы выполняли в соответствии с патентом №19875 от 15.01.2007 г. В 15 скважин было выполнено поэтажное нагнетание 19,1 м³ цементно-силикатного раствора. Давление нагнетания составляло 4–10 атм. При этом были отмечены многочисленные выходы цементирующего раствора на дневную поверхность как вблизи скважин, так и за пределами здания, на расстоянии до 8 м от скважины, в

которую нагнетали раствор. При нагнетании цементующего раствора в контрольные скважины, между фундаментами, т. е. внутри зоны уплотненного инъекцией грунта резко возросло давление нагнетания – до 25 атм. Это явилось явным признаком значительного уплотнения массива и увеличения его несущей способности.

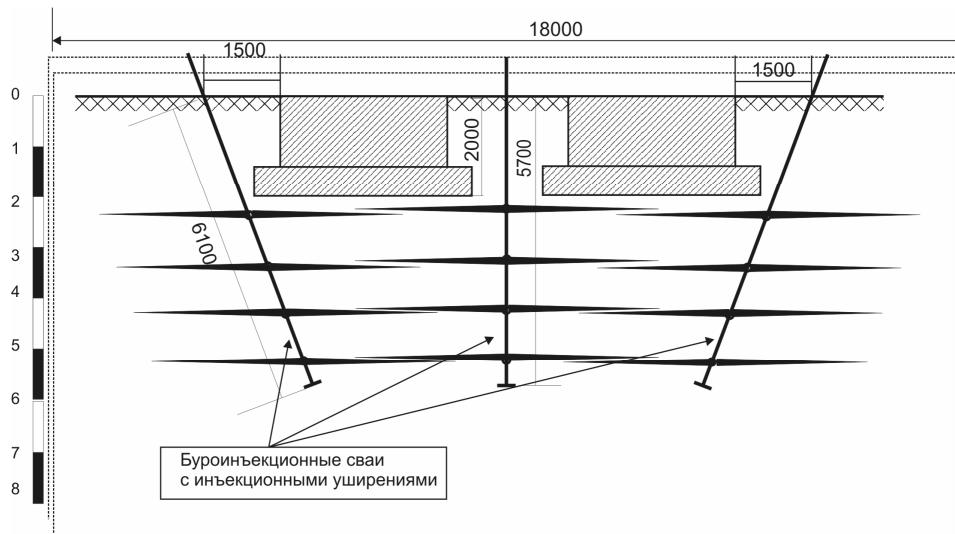


Рис. 2. Схема расположения скважин при укреплении грунтов в основании фундаментов поршневых компрессоров

Повторные геофизические исследования показали отсутствие аномальных водопровявлений в основании фундаментов поршневых компрессоров.

Из сопоставления результатов геофизических исследований до и после нагнетания раствора под фундаменты компрессорных установок область распространения «верховодки» значительно уменьшилась и сместилась в северо-западном направлении, за пределы здания. Изменение электромагнитного поля в радиусе примерно 20–25 м в районе установок обусловлено уплотнением грунтов в результате напорной инъекции цементно-силикатного раствора в грунт (рис.3).

Помимо геофизических методов контроля качества выполняемых работ для оценки технического состояния фундаментов поршневых компрессоров в процессе армирования грунта была выполнена также тестовая вибрационная диагностика.

В качестве импульсного ударного воздействия на обследуемые объекты было выполнено кантование контрольного груза массой 2000 кг в непосредственно прилегающей к объекту зоне.

На рис. 4а представлена реакция на импульсное возбуждение до начала работ по инъекционному армированию. Хорошо виден растянутый фронт колебаний фундамента: длительность отклика 1,2 сек.

Первая мода собственных колебаний фундамента является доминирующей, в течение первой секунды существует восемь циклов, которые соответствуют частоте основного резонанса, равной 8,05 Гц и оказывает основное влияние на возникновение высокой вибрации в процессе эксплуатации, поскольку близка с частотой $f_{об}$ поршневого компрессора составляющей 8,43 Гц. Продолжительность колебаний объекта после возбуждения подтверждает факт наличия сильно увлажненного грунта непосредственно под пятой фундамента. После завершения всех работ по инъекционному армированию грунта в основании фундаментов ПК-1, ПК-2 и набора прочности цементно-силикатного раствора, был проведен повторный эксперимент по импульсному возбуждению данных объектов, с сохранением всех исходных условий.

На рис. 4б представлен отклик фундаментов после выполнения укрепительных работ. Длительность отклика составила: 0,6 сек – снижение в 2 раза по сравнению с первоначальным значением. Доминирует первая мода собственных колебаний фундамента, в течение первой секунды существует четыре цикла, которые соответствуют частоте основного резонанса, равной

4,15 Гц. Убывающая кривая ответной реакции не является гладкой функцией, что указывает на присутствие других мод собственных колебаний. Уменьшение частоты основного резонанса с 8.05 до 4.15 Гц обеспечивает снижение вибрации поршневых компрессоров.

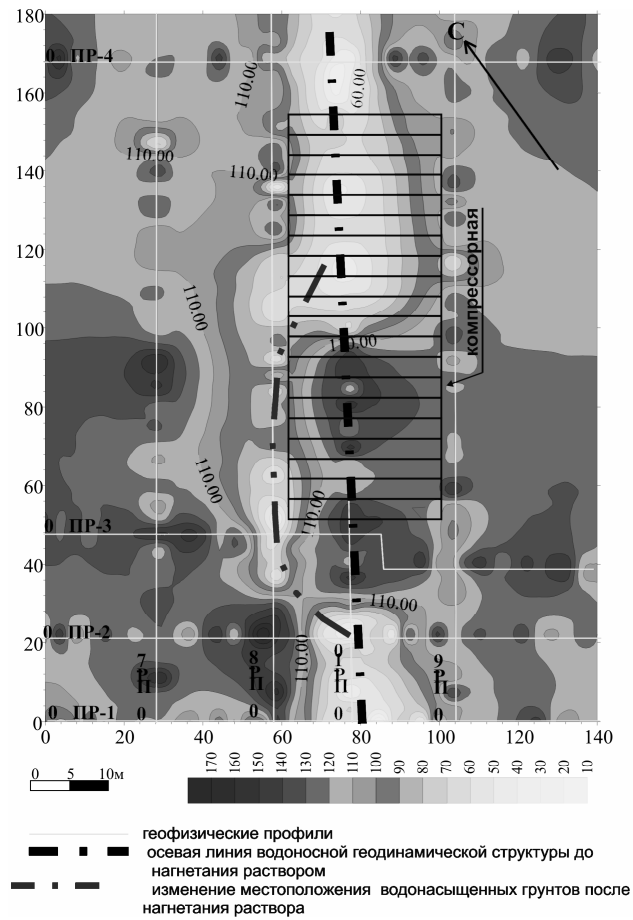


Рис. 3. Карта распределения обводненного грунта в районе компрессорной станции после выполнения цементационных работ

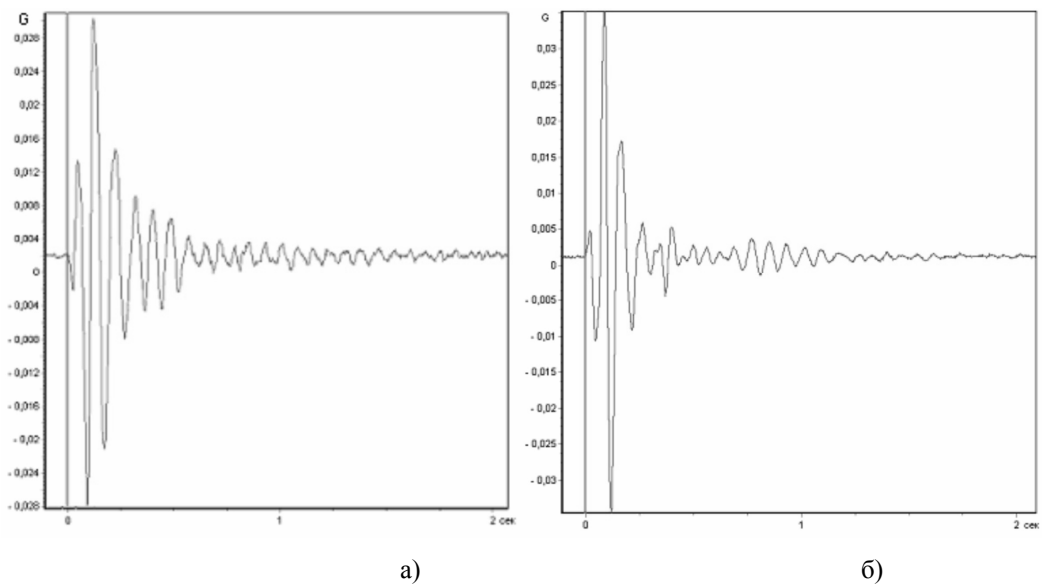


Рис. 4 Форма свободных затухающих колебаний фундаментов до и после проведения укрепительных работ

Сокращение времени отклика фундаментов ПК-1, ПК-2 на ударное импульсное возбуждение в 2 раза по сравнению с исходным значением, является следствием фактического улучшения физико-механических свойств грунта в пределах строительной площадки.

В настоящее время осуществляется мониторинг за просадками и вибрацией фундаментов. Никаких изменений с момента окончания инъекционных работ не наблюдается.

Выводы

1. Оценка состояния массива геофизическими методами исследования позволяет целенаправленно воздействовать и изменять его структурно-механические свойства с помощью буроинъекционных технологий.
2. Скважины в просадочных лессовых отложениях целесообразно бурить с применением промывочной жидкости, водоотдача которых не превышает 7 см^3 за 30 мин.
3. Укрепление грунтового массива в режиме напорной инъекции путем поэтажного инъектирования цементирующего раствора через перфорированный иньектор по технологии ООО «ТИССА» (патент №19875 от 15.01.2007 г.) в сложных условиях техногенных аномалий позволило значительно улучшить экологическую обстановку и обеспечит безопасную эксплуатацию компрессорной станции ПАО «Укртатнафта».

© Дудля Н. А., Попов А. В., Тельних Н. Н., Цаплин Е. Г., Коротков А. Н., 2011.

Анотація

У статті викладені результати виконання робіт зі зміцнення обводнених лесових ґрунтів цементно-силікатними розчинами через похилі свердловини за технологією напірної ін'єкції розчину в ґрунт відповідно до патенту ТОВ «ТИССА». Застосована буроін'єкційна технологія дозволила забезпечити безпечну експлуатацію компресорної станції ПАТ «Укртатнафта».

Ключові слова: лес, зміцнення, буроін'єкційна технологія.

Abstract

In article is results of performance of works on strengthening water-encroached soils with cement-silicate suspensions through inclined borehole on technology of a high pressure injection solution in a ground are given according to the patent of Open Company "TISSA". Applied drilling-injection technology has allowed to provide safe exploitation of compressor station of company "Ukratnafta".

Keywords: water-encroached soils, strengthening, drilling-injection technology.