

*Руденко Николай Иванович, старший научный сотрудник Запорожской государственной инженерной академии, г. Запорожье, Украина,
Зражевская Илона Юрьевна, аспирант Запорожской государственной инженерной академии, г. Запорожье, Украина*

Особенности грунтовых условий и обеспечение долговечной эксплуатации сооружений в регионе г. Запорожья

Peculiarities of soil conditions and ensuring of long-lived exploitation of buildings in region Zaporozhye

На современном этапе развития строительной индустрии известно, что просадочные явления лессовых грунтов под эксплуатируемыми строительными объектами наносят колоссальный ущерб зданиям и сооружениям. Статья знакомит читателя с возможностями химических методов закрепления грунта под фундаментами как строящихся, так и уже эксплуатирующихся зданий. Для обеспечения устойчивости сооружений, возводимых на просадочных лессовых грунтах, выполняется ряд мероприятий, предусматривающих полную или частичную ликвидацию просадочных явлений.

It is known on the modern stage of development of a build industry, that the prosadochnye phenomena of loess soils under on-the-road build objects inflict huge harm buildings and buildings. The article acquaints a reader with possibilities of chemical methods of fixing of soil under foundations both built and the already exploited buildings. For providing of stability of buildings, erected on prosadochnykh loess soils, the row of measures, foreseeing complete or partial liquidation of the prosadochnykh phenomena is executed.

1. ВВЕДЕНИЕ

Просадочные явления лессовых грунтов под сооружениями наносят колоссальный ущерб народному хозяйству. Важность и актуальность проблемы связана с широким распространением таких грунтов в районах интенсивного строительства.

Просадочные грунты естественной структуры при сравнительно небольшой влажности обладают высокой несущей способностью и прочностью. Они хорошо держат вертикальные откосы и для разработки их применяются взрывные работы. Но при избыточном увлажнении прочность их значительно уменьшается, что приводит к проявлению резких дополнительных осадков, даже от собственного веса.

Возведенные на лессовых просадочных грунтах здания и сооружения в результате замачивания оснований подвергаются повышенным деформациям, которые иногда приводят к разрушениям этих зданий.

Поэтому строительство на этих грунтах представляет одну из важных народнохозяйственных проблем. Сложность данной проблемы связана с развитием просадочных деформаций в лессовых толщах, мощность которых достигает более 30 м, а также от сил нагружающего трения на уплотненные закрепленные массивы и свайные фундаменты, возникающих при просадках окружающих их грунтов от собственного веса.

Достойный вклад в развитие проблемы строительства на просадочных лессовых грунтах внесли ученые нашей страны и СНГ Ю.М. Абелев, В.П. Ананьев, В.В. Аскалонов, Л.Г. Балаев, А.А. Григорян, Н.Я. Денисов, А.М. Дранников, А.А. Кириллов, С.Н. Клепиков, В.И. Крутов, А.К. Ларионов, И.М. Литвинов, Г.М. Ломизе, А.А. Мусаелян, Н.А. Осташов, Б.А. Ржаницын, В.Е. Соколович, Р.А. Токарь, Н.А. Цытович и другие.

Для обеспечения устойчивости сооружений, возводимых на просадочных грунтах, выполняется ряд мероприятий, предусматривающих полную или частичную ликвидацию просадочных явлений.

При неуклонно растущем объеме строительства многоэтажных зданий и сооружений в грунтовых условиях II типа нагрузки на основания возрастают, вследствие чего возникает необходимость передачи их посредством свай на более плотные непросадочные грунты. Чаще всего применяются буронабивные сваи с уширенной пятой.

Еще в прошлом веке нашим соотечественником, киевским горным инженером А.Э. Страусом в 1899 году предложена идея изготовления набивных свай. Ценность данной идеи заключается в изготовлении свай с образованием скважины без выемки грунта и с последующим заполнением ее бетоном.

С тех пор как в нашей стране, так и за рубежом, до настоящего времени появляются и совершенствуются различные разновидности набивных свай, устраиваемых посредством бурения.

В связи с тем, что проблема строительства на просадочных лессовых грунтах и ее решение в области фундаментостроения возникла в годы первых пятилеток при грандиозном масштабе возведения металлургических комплексов, машиностроительных и других заводов Днепропетровска, Мариуполя, Запорожья, Кузнецка, Николая, Херсона. Тогда впервые пришлось решать сложные вопросы обеспечения нормальной эксплуатации построенных зданий и сооружений при полном отсутствии отечественного и зарубежного опыта в таких грунтовых условиях, авторами для исследования и частичного решения этой проблемы выбран регион Запорожского промышленного комплекса.

Инженерно-гидрогеологическое строение района является типичным для Приднепровья и других районов страны.

Исследуемый район получил свое развитие во время первых пятилеток, в послевоенный восстановительный период, и особенно интенсивное строительство и реконструкция, происходит на современном этапе исследования. При строительстве и реконструкции объектов комбината «Запорожсталь», Днепровского алюминиевого завода, электродного, коксохимического заводов и возведении жилых массивов приходится решать проблему строительства на просадочных грунтах.

Разработана новая технология изготовления буронабивных свай на базе отечественного сырья, серийного оборудования и приспособлений.

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИСККУСТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ РЕГИОНА г. ЗАПОРОЖЬЯ

2.1 Сущность просадочных грунтов

Лессовые грунты широко распространены по всей территории земного шара, залегают в горных и предгорных районах, а также в бассейнах рек.

Просадочные грунты занимают свыше 12 % всей территории СНГ, в том числе 35 % территории Украины.

Лессовые грунты выделены в подгруппе пылевато-глинистых грунтов в самостоятельный тип, как грунты, обладающие специфическими неблагоприятными свойствами.

Лессовые грунты характеризуются содержанием, как правило, более 50 % пылеватых частиц, преимущественно с макропористой структурой, наличием солей, среди которых преобладают карбонаты кальция. Эти грунты при замачивании дают просадку под действием внешней нагрузки или собственного веса [1].

Лессовые грунты подразделяются по числу пластичности на супеси, суглинки и глины [1].

Лессовые просадочные грунты в естественном состоянии при малой влажности имеют высокие физико-механические свойства. При увлажнении резко снижается их структурная прочность, что сопровождается вертикальными деформациями. Особенно опасны неравномерные просадки, которые приводят к частичной или полной потере устойчивости и эксплуатационной способности сооружений [2, 3, 4, 5, 6].

Рассмотрим один из районов Украины I и II типа грунтовых условий по просадочности, который является наиболее исследованным и представляет интерес для решения проблемы строительства и эксплуатации в этих условиях.

2.2. Местоположение и инженерно-гидрогеологические условия исследуемого района

Город Запорожье расположен на юге Украины и приурочен к коренным берегам р. Днепр. В районе Днепровских порогов с востока на запад разделяется Днепровской гидроэлектростанцией имени В. И. Ленина на верхний и нижний водоразделы с перепадом высоты до 40 м. Таким образом, северная часть города в результате перепада высот как бы оказалась в зоне водного подпора верхним бьефом Днепровского водохранилища имени В. И. Ленина.

Однако, подпор воды в Днепре после постройки плотины, судя по данным бурения Гидротехнического института в 1933 году, не отразился на высоте стояния грунтовых вод в районе доменного цеха завода «Запоржсталь», отметка подпора воды 42 м [2].

Кристаллические породы по обоим берегам в верхней право и левобережных частях залегают на отм. 32–43 м [2].

Следовательно, строительство плотины не оказало существенного влияния на глубину стояния подземных вод на территории города.

В нижнем бьефе река разделена островом Хортица на старый и новый Днепр. Остров проходит вдоль всей черты города.

Коренной правый берег – почти девственный, крутой, местами вертикальный, высотой до 50 метров возле электростанции, скрывается вниз по течению к охвостью острова и представлен древней корой выветривания кристаллических пород, покрытых четвертичными отложениями, имеющими общий уклон к реке.

Левый коренной берег – более пологий, измененный строительством искусственных гидротехнических сооружений и каменными карьерами для строительства города, также представлен древней корой выветривания кристаллических пород, местами высотой более 50 метров, возле шлюза – Дурная скала и скрывается вниз по течению в черте города, в дельте р. Капустянка. Породы покрыты четвертичными отложениями и имеют общий уклон с севера на юг, т.е. к реке.

В геологическом строении района исследований принимают участие породы Украинского кристаллического массива докембрия.

На кристаллических породах залегают продукты их разрушения: палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения.

Кристаллические породы докембрия представлены магматитами, гнейсами и гранитами.

Отложения палеогена и неогена состоят из известковых глин и песчано-глинистых осадконакоплений, сверху перекрытых четвертичными отложениями.

Четвертичные отложения развиты в районе повсеместно. Они покрывают красно-бурые глины и более древние осадочные образования, местами залегающая непосредственно на кристаллических породах докембрия.

Четвертичные отложения представлены лессами, лессовидными суглинками и супесями, общая мощность которых составляет 20–35 м. Они перерезаются погребенными почвами и красно-бурыми суглинками и глинами мощностью от 1,5 до 5 м. Подстилаются просадочные лессовые толщи красно-бурыми глинами, которые покоятся

на песчано-глинистых осадконакоплениях, вдоль речных долин, балок и озерных впадин.

Лессовые грунты палево-желтого и желтого цвета характеризуются наличием комковато-столбчатой структуры с содержанием включений карбонатов. Тектоника района исследований простая. Тектологических нарушений-сбросов, надвигов и тому подобных явлений не наблюдается. Сейсмические процессы отсутствуют.

Из физико-геологических процессов в районе исследований наиболее интенсивно развита ветровая и водная эрозии.

В результате инженерной деятельности человека резко изменились гидрогеологические условия района.

Так, например, в 30-е годы в северной промышленной части города, в районе комбината «Запорожстали», подземные воды до начала строительства на глубинах 30–50 м не были обнаружены. В 70–80 годах, в результате эксплуатации промзоны, подземные воды обнаружены всеми геологоразведочными партиями на 2–10 м от дневной поверхности. Причем, подземные воды часто имеют куполообразные зонты, вершины куполов приурочены к цехам и залегают на 2-5 м от дневной поверхности.

Купола имеют тенденции сливаться, образуя мощный горизонт со свободной поверхностью воды.

Аналогичная картина поднятия подземных вод наблюдается на предприятиях, построенных позже – алюминиевый завод, электродный, моторостроительный и другие.

К примеру, на правом берегу в районе Запорожского Трансформаторного завода, в 60-х годах на глубине 30 м воды не было. В настоящее время подземные воды обнаружены на глубине 15 м.

Многолетний опыт строительства и эксплуатации территории района г.Запорожья подтверждает подъем подземных вод и на жилых массивах – Шевченковский микрорайон, район многопрофильной областной больницы на Ореховском шоссе, космический микрорайон. В будущем подобные явления ожидаются и в новом Хортицком массиве, где также строится и эксплуатируется промышленная зона – Запорожский пивоваренный завод № 2, домостроительный комбинат № 2 и другие.

Из вышеуказанного следует, что инженерно-гидрогеологические условия исследуемого района города Запорожья типичны для региона Приднепровья, а также и других районов нашей страны.

2.3. Опыт строительства и эксплуатации зданий и сооружений района

В исследуемом районе для обеспечения устойчивости сооружений, возводимых на лессовых просадочных грунтах, применялись все существующие комплексы мероприятий, предусматривающих ликвидацию просадочных явлений. К ним относятся:

- конструктивные мероприятия;
- водозащитные мероприятия;
- глубинное уплотнение грунтов грунтовыми сваями;
- поверхностное уплотнение грунта тяжелыми трамбовками;
- устройство грунтовых подушек;
- уплотнение предварительным замачиванием (обычным или ускоренным способом и с применением энергии взрывов);
- термическое закрепление;
- химические способы закрепления лессовых грунтов;
- передача давлений с помощью свай на глубинные непросадочные грунты, подстилающие просадочную толщу.

Запорожский промышленный комплекс получил свое развитие во время первых пятилеток и интенсивное строительство и реконструкции производятся за последние пятилетки. В этой связи приходится решать проблему строительства на просадочных грунтах.

Обследование осадок фундаментов доменного цеха «Запорожстали», коксовых батарей и угольной башни коксохимкомбината [2] в годы первых пятилеток послужило хорошей школой для строительства зданий и сооружений в будущем всего Запорожского индустриального промышленного комплекса.

Здесь впервые были предложены и в дальнейшем внедрены в жизнь конструктивные противопросадочные мероприятия: возведение технологических зданий на отдельных фундаментах, прокладка водозащитных коммуникаций в отдельных проходных тоннелях и др. Была организована служба водозащиты.

До 50-х годов при проектировании и возведении зданий и сооружений на просадочных грунтах служили в основном водозащитные и конструктивные мероприятия.

Одним из первых способов ликвидации просадочности был предложен и разработан метод глубинного уплотнения просадочных грунтов грунтовыми сваями [7].

Глубинное уплотнение просадочных грунтов грунтовыми сваями было применено в 1936 году в основании двух рядов колонн цеха тридцатитонных печей «Запорожстали» [8]. Просадочная толща уплотнялась до 8 м.

Этот способ был применен и при строительстве Днепровского алюминиевого завода в годы первых пятилеток. Так, в основном, на примере г. Запорожья был разработан один из актуальных способов строительства промышленных предприятий на просадочных лессовых грунтах [9].

Самое широкое распространение этот способ получил с 1963 года, когда была установлена возможность использования станков ударно-канатного бурения БС-1М для механического уплотнения грунтов на любую глубину [8].

Поверхностное уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками устраняет просадочные свойства грунтов на глубину до 1,5–2,0 м ниже подошвы фундаментов и в основном применяется при строительстве на просадочных грунтах I типа [8].

Устройство грунтовых подушек широко применялось в г. Запорожье для предотвращения просадок при строительстве на просадочных грунтах I типа и уменьшения величин просадок при возведении зданий на просадочных грунтах II типа [8].

Уплотнение просадочных грунтов предварительным замачиванием обеспечивает уплотнение просадочных грунтов только в пределах их нижней толщи, а верхние слои грунта остаются неу уплотненными [6].

Этот способ в городе больше не применялся, так как требуется дополнительное время для его выполнения, а также дополнительная грунтовая подушка.

В целях повышения эффективности уплотнения нижних слоев просадочного грунта применяется способ предварительного замачивания с одновременными взрывами [10, 11].

Этот способ применяется в городе Запорожье в 15-м микрорайоне Хортицкого жилмассива.

Термическое укрепление просадочных грунтов было успешно применено на стройках Запорожья, при строительстве универмага «Украина», здания областной типографии, здания Запорожского отделения НИИСК, а также укрепления оснований под фундаментами высотных домов башенного типа на проспекте Ленина.

Недостатком в широком распространении этого прогрессивного метода является отсутствие высокопроизводительных агрегатов, которые давали бы дешевый сжатый воздух в больших количествах [11].

Способ силикатизации лессовых грунтов широко применялся на строительных площадках г. Запорожья. В восстановительный период 1948–1949 гг. на Днепровском алюминиевом, Днепровском электродном заводах в основаниях дымовых труб грунты закреплялись при помощи силикатизации. С успехом применяется способ силикатизации грунтов оснований на Запорожском трансформаторном заводе, Запорожском абразивном комбинате, а также для ликвидации аварийного состояния жилых домов на территории города: дом № 1 по ул. Седова, дом № 8 по ул. Каменогорской, дом № 32 по ул. Держинского и другие.

Многолетнее наблюдение за этими зданиями и сооружениями с окончания строительных и восстановительных работ по настоящее время не обнаружило признаков их деформаций.

Семидесятилетний срок эксплуатации зданий и сооружений, возведенных на основаниях с противопросадочными мероприятиями, без устранения просадочных свойств в пределах всей толщи лессовых грунтов, не исключает возможность проявления просадки при появлении источника замачивания.

О ненадежности противопросадочных мероприятий в Запорожском промышленном районе говорит такой факт, что 70 % объектов после ввода в эксплуатацию подвержены деформациям, превышающим нормативные, и для их эксплуатационной пригодности требуется постоянный текущий ремонт. А 30% из них находятся в аварийном или предаварийном состоянии. На этих объектах необходимо выполнить искусственное укрепление оснований, а затем произвести капитально-восстановительные ремонты. Это ведет к большому непредвиденному материальному ущербу.

Вот во что выливается иногда «экономия» средств в построечный период на наиболее ответственных элементах здания, как фундаментах и основаниях.

Устранение просадочных свойств в пределах всей толщи лессовых грунтов исключает возможность проявления просадки, и здания могут строиться без дополнительных мероприятий, как на обычных непросадочных грунтах. Этот метод наиболее надежен, он

гарантирует прочность, устойчивость и многолетнюю, безремонтную эксплуатацию возводимых зданий [12].

Многолетний опыт строительства и эксплуатации зданий и сооружений на просадочных грунтах подтверждает, что надежными и экономичными являются свайные фундаменты.

2.4. Выбор основных направлений исследования

Сваи в зависимости от свойств грунтов, залегающих под нижним концом, подразделяются на сваи-стойки и висячие сваи [13].

Несущая способность свай определяется по материалу, из которого они изготовлены, и по грунту, который окружает ее и на который они опираются своим нижним концом, т. е. основанием.

В связи с ранее указанным, при эксплуатации зданий и сооружений, происходит подъем грунтовых и техногенных вод, а также с аварийным замачиванием в данных обводненных грунтовых условиях территорий, связанным с инженерным вмешательством человека, появилась необходимость в решении данной проблемы.

Одним из наиболее эффективных способов, впервые в мировой практике, для поддержания безаварийной способности и обеспечения технологических процессов в данных обводненных грунтовых условиях, является химически регулируемый процесс закрепления грунтов с предварительной активацией [14].

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Семидесятилетний срок эксплуатации зданий и сооружений, возводимых на основаниях с противопросадочными мероприятиями, без устранения просадочных свойств в пределах всей толщи лессовых грунтов, не исключает возможность проявления просадки при появлении источника замачивания.

2. Семидесятилетняя эксплуатация зданий и сооружений, построенных с использованием противопросадочных мероприятий, подтвердила их безнадежность. Для безаварийной эксплуатации и обеспечения производственных технологических процессов, необходимо производить постоянно ремонтно-восстановительные работы.

3. Учитывая пункты 1, 2 (заключения), появилась необходимость в разработке более эффективных и надежных способов устройства фундаментов и оснований.

4. Из применяемых в исследуемом районе видов фундаментов, наиболее эффективными и надежными являются свайные фундаменты, прорезающие всю просадочную толщу и опирающиеся на плотные непросадочные грунты.

5. Из проведенного исследования видно, что необходимым и окончательным пунктом укрепления основания является закрепление естественных и обводненных грунтов (плавунгов) регулируемым процессом с предварительной активацией их.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). – М.: Стройиздат, 1966. – С. 23.

2 Рыбаков, В.И. Осадки фундаментов сооружений (Результаты наблюдений и анализ причин) / В.И. Рыбаков; под ред. проф. В.К. Дмоховского. – М., Л., Главная редакция строительной литературы, 1937. – С. 148–196, 148–207.

3 Абелев, Ю.М. Явление просадки и ее закономерности для макропористых глинистых (лессовых) грунтов / Ю.М. Абелев // Вопросы строительства на макропористых просадочных грунтах: сб. НИИ оснований. М.: Госстройиздат, 1959. – № 37. – С. 5–8.

4 Кригер, Н.И. Лесс, его свойства и связь с географической средой / Н.И. Кригер. – М.: Наука, 1965. – С. 7–88.

5 Гольштейн, М.Н. Некоторые результаты новых исследований просадочных грунтов и способов строительства на них // Геотехника в строительстве. – М.: Стройиздат, 1966. – Вып. 1: Вопросы строительства на просадочных грунтах. – С. 5–7.

6 Крутов В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. Киев, Будівельник, 1982, с. 22...43, 177...186, 43...58.

7 Абелев, Ю.М. Основы проектирования и строительства на макропористых грунтах / Ю.М. Абелев. – М.: Стройленмориздат, 1948. – С. 154–187.

8 Абелев, Ю.М. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах / Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев. –

2-е изд., перераб. и доп. – М.: Госстройиздат, 1968. – С. 243–246, 145–160, 111–122, 122–126.

9 Ржаницын, Б.А. Незабываемые годы / Б.А. Ржаницын // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. – № 5. – С. 10–11.

10 Литвинов, И.М. Опыт глубинного уплотнения просадочных грунтов с применением энергии взрыва / И.М. Литвинов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1966. – № 6. – С. 25–29.

11 Литвинов, И.М. Глубинное укрепление и уплотнение просадочных грунтов / И.М. Литвинов. – Киев: Будівельник, 1969. – С. 57–163.

12 Литвинов, И. М. О некоторых рекомендациях по строительству на просадочных грунтах / И.М. Литвинов, Б.А. Ржаницын // Строительство и архитектура. – Киев: Будівельник, 1973. – № 12. – С. 24–27.

13 Ганичев, И.А. Применение свайных фундаментов в СССР / И.А. Ганичев // Основания, фундаменты и механика грунтов: тезисы пленарных и обобщающих докладов на III Всесоюзном совещании. – Киев: Будівельник, 1971. – С. 23–30.

14 Руденко, М.І., Руденко, А.М., Донцова, О.М. Спосіб хімічного закріплення ґрунту. Заявлено 29.12.2003 р./№ 20031212820/ Патент № 75409. Бюлетень № 4.17.04.2006.