

8. Мельникова С., Сорокин С., Горячева А., Галкина А. Первые пять лет «сланцевой революции»: что мы теперь знаем наверняка? // Центр изучения мировых энергетических рынков / ИНЭИ РАН. Ноябрь 2012. 48 с. URL: [http://www.eriras.ru/files/slancjevyj\\_gaz\\_5\\_ljet\\_nojabr\\_2012.pdf](http://www.eriras.ru/files/slancjevyj_gaz_5_ljet_nojabr_2012.pdf).

9. Зуев В. Энергетическая панацея по-украински // Советская Россия. 2013. 14 апреля.

УДК 624.154.1

**Галай Борис Федорович, Сербин Виталий Викторович**

## **АВАРИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТАХ В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ ЮГА РОССИИ**

*В статье впервые дан анализ неудачного применения свайных фундаментов на просадочных лесовых грунтах в различных городах Юга России. Сформулированы проблемы проектирования свай в просадочных грунтах и даны предварительные рекомендации по их решению.*

**Ключевые слова:** просадочные грунты, свайные фундаменты, аварийные деформации зданий и сооружений, срыв свай.

**Galay Boris F., Serbin Vitaly V.**

### **EMERGENCIES IN BUILDINGS CONSTRUCTED ON PILE FOUNDATIONS IN SUBSIDENT SOILS IN SOUTH RUSSIA**

*The item offers a view on the first analysis of unsuccessful use of pile foundations in subsident loess soils in various cities of South Russia. The authors also provide definition of the issues related to pile constructions in subsident soils, as well as offer recommendations on resolving the issues.*

**Key words:** subsident soils, pile foundations, emergency deformation of buildings, pile breakage.

В настоящее время строительство является наиболее динамично развивающейся отраслью народного хозяйства России. Появление современных строительных машин и высокопрочных материалов позволило перейти к возведению высотных зданий и сооружений с большими нагрузками на грунты оснований и к строительному освоению территорий, ранее считавшихся непригодными для строительства из-за неблагоприятных грунтовых условий. При этом возросли требования не только к обоснованному проектированию и расчету новых строительных конструкций зданий и сооружений, но и к грунтам оснований, оценка которых потребовала разработки новых методов анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «сооружение – фундамент – основание», а также изменения и переработки всей строительно-нормативной базы.

Наиболее полно современные проблемы механики грунтов в связи с возросшими требованиями строительства изложены в фундаментальном труде (монографии) профессора МГСУ З. Г. Тер-Мартirosяна [1].

Опыт строительства на Юге России показал, что практически все аварии зданий и сооружений в регионе связаны с потерей несущей способности оснований, среди которых преобладают лёссовые просадочные грунты, занимающие 80–85 % территории [2]. На типичных лёссах и лёссовидных суглинках ведется массовое строительство гражданских, промышленных, транспортных, гидромелиоративных и гидротехнических объектов, а также возведение уникальных объектов.

Известно, что строительные нормы основаны на анализе и обобщении прошлого опыта строительства, который должен показать не только успешное решение новых проблем, но и учесть неудачные, в том числе аварийные, ситуации, связанные с несовершенством строительных нормативов.

Объективный анализ аварийных деформаций зданий и сооружений, как правило, сопряжен с большими трудностями, так как затрагивает интересы и авторитет исполнителей работ на разных этапах строительного цикла: инженерные изыскания – проектирование – экспертиза проекта – строительство – эксплуатация объекта. В этом ряду ошибки на отдельном этапе могут суммироваться и дополняться ошибками на следующем этапе.

За последние десятилетия в строительстве, особенно при возведении высотных зданий и при больших нагрузках на грунты основания, стали широко применять разнообразные виды свайных фундаментов [3], которые считались и продолжают считаться наиболее надежным видом фундаментов. В 70-е гг. свайные фундаменты были запроектированы при строительстве уникальных объектов на просадочных грунтах (завод «Атоммаш» в Волгодонске, Прикумский завод пластмасс в Буденновске). Проектирование и строительство этих крупнейших на Юге России объектов контролировалось на высшем уровне (Политбюро ЦК КПСС), не обошлось без ошибок и потребовало ужесточения федеральных строительных норм по проектированию свайных фундаментов на просадочных грунтах, а также составления местных норм для г. Волгодонска [4].

До начала массовых аварийных ситуаций в г. Волгодонске были известны случаи аварий зданий, построенных на свайных фундаментах и на просадочных грунтах Юга России, но они не стали предметом анализа широкой научной общественности.

В данной статье впервые в обобщенном виде рассмотрены аварийные деформации зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах в различных городах Северо-Кавказского региона. В отличие от общепринятого взгляда на сваи как наиболее надежный вид фундамента возникла необходимость на конкретных примерах показать случаи «срыва свай» и дать некоторые рекомендации по применению свай в просадочных грунтах. Ненадежность свай и их «срыв» при замачивании просадочных грунтов нами обнаружены как при новом строительстве, так и после многих лет эксплуатации объектов.

Термин «срыв свай», обозначающий резкую потерю их несущей способности при изменении свойств грунтов или увеличении нагрузки, стал широко применяться в последнее время в научной и нормативной литературе. Так, например, в новом «Справочнике геотехника» под ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева сказано: «...в момент срыва сваи в грунте будут преодолены сопротивления сдвигу у боковой поверхности ствола, а также значительно разовьются области предельного равновесия ниже подошвы сваи» [3].

На рис. 1 показан жилой 4-этажный дом, построенный для нефтяников в 1968 г. на забитых 12-метровых сваях в с. Гарагоры вблизи г. Грозного, который полностью разрушился в 1972 г. Не подлежит сомнению, что при проектировании дома были выполнены изыскания, сваи забиты в соответствии с проектом, который, в свою очередь, прошел экспертизу. Разрушение дома в процессе строительства объяснили ошибкой проектировщиков, которые не учли просадочность грунта под нижними концами свай.



а) б)  
Рис. 1. Разрушение жилого дома в пос. Гарагоры ЧИ АССР: а) общий вид; б) аварийные деформации в уровне 1-го этажа (фото Б.Ф. Галая, 1972 г.)

Намного лучше подошли к аварийной деформации 9-этажного жилого дома, построенного в 1967–1970 гг. на свайных фундаментах в западном районе г. Ростова-на-Дону [5]. Из-за большой длины (171,5 м) здание было разделено температурными швами на 3 блока по две типовые секции.

Расчетную несущую способность забивных свай длиной 7 м по проекту приняли равной 36 т. Под продольные стены расположение свай было однорядное, под поперечные несущие стены – двухрядное. Монолитный ростверк из бетона марки 200 имел достаточную высоту – 40 см.

По данным изысканий, геологический разрез до глубины 7–11 м был представлен просадочными лёссовидными суглинками I (первого) типа грунтовых условий, т. е. условия были сравнительно благоприятными для применения свайных фундаментов. С учетом подвальной части дома, оставшиеся 6 метров просадочной толщи решили пройти 7-метровыми сваями с опиранием их на непросадочный суглинок.

Первые два блока дома сдали в эксплуатацию в декабре 1969 г., а уже в марте 1970 г. произошли его аварийные деформации. Для выяснения причин деформаций привлекли лучших специалистов Ростовского инженерно-строительного института (В. П. Ананьев, Я. Д. Гильман, Ю. В. Дежин, О. Е. Приходченко, В. И. Коробкин). В подвале дома они обнаружили утечку воды из водонесущих коммуникаций, а затем установили замачивание грунта в околосвайном пространстве до критического значения  $S_r = 0,87$ , свидетельствующего о почти полном замачивании просадочной толщи.

Замачивание просадочных суглинков привело к снижению несущей способности свай в 1,5 раза, с 36 тс до 24 тс. Чтобы предотвратить разрушение дома и снизить нагрузку на сваи в два раза (до 16,6 тс), по рекомендациям РИСИ под существующий ростверк подвели непрерывную ж/б ленту, которая стабилизировала осадку дома.

Строительство объектов ПО «Атоммаш» в г. Волгодонске начали в 1973 г. с планом ввода в эксплуатацию в 1976 г. Ростовский ТИСИЗ выполнил качественные, на наш взгляд, изыскания и установил мощность просадочных грунтов 16–23 м с расчетной посадкой от собственного веса до 37 см (II тип грунтовых условий). Вместо забивных свай здесь практически все объекты запроектировали на буронабивных бетонных сваях, опирающихся на непросадочные суглинки. Более надежный несущий слой – гравийно-галечниковые отложения (руслевой аллювий р. Дон) – находился на глубине около 40 м. Для устройства свай длиной 40 м в то время не было соответствующих буровых установок.

Как следует из материалов Всесоюзной конференции [4], состоявшейся в Волгодонске в 1984 году, массовые деформации промышленных и гражданских зданий и сооружений ПО «Атоммаш» начались уже во время строительства, до сдачи объектов в эксплуатацию (рис. 2). Для исправления аварийных ситуаций были опробованы с разным успехом практически все известные в то время методы укрепления оснований. Их них наиболее эффективным методом была признана однорастворная силикатизация просадочных суглинков, но и этой технологией не удалось закрепить замоченные грунты.



а)

б)

Рис. 2. Фото аварийного жилого панельного дома в г. Волгодонске:  
а) общий вид; б) трещины в ж/б панели (фото Б. Ф. Галая)

В дальнейшем (с 1983 по 1989 гг.) на объектах Волгодонска применили буроинъекционные и буронабивные сваи диаметром от 250 до 1000 мм, длиной до 30–50 м и забивные ж/б сваи (35 × 35 см) длиной до 28 м. Такие сваи оказались очень дорогими, но в два раза дешевле силикатизации.

Одновременно с «Атоммашем» в 70-е годы в г. Буденновске шло строительство крупнейшего в мире Прикумского завода пластмасс по производству полиэтилена (ныне ООО «Ставролен» ОАО «ЛУКОЙЛ»). В районе Буденновска просадочные лёссы достигают 40–50 м, а просадочность от собственного веса – до 2,0–2,5 м, что в два раза превышает просадочность лёссовидных суглинков г. Волгодонска. По нашим данным [2] и данным специалистов МГУ им. М. В. Ломоносова [6], грунты с такой просадочностью не обнаружены ни в России, ни за рубежом. Поэтому город г. Буденновск можно считать мировой «столицей» просадочных грунтов.

При строительстве очистных сооружений г. Буденновска просадочные грунты мощностью 50 м впервые в мировой практике были уплотнены глубинными взрывами [7]. Такие же взрывы в настоящее время по просьбе ОАО «ЛУКОЙЛ» запроектированы нами на новых объектах ООО «Ставролен» в Буденновске.

Строительство всех промышленных, в том числе взрывоопасных, объектов Прикумского завода пластмасс московские проектные институты (Гипропласт, Госхимпроект и др.) вначале запроектировали на забивных ж/б сваях. Заключение о ненадежности 20 тысяч свай, составленное Б. Ф. Галаем в октябре 1975 года и переданное в Ставропольский крайком КПСС, оказалось очень своевременным.

Испытание опытных свай с нагрузкой и замачиванием просадочных лёссов провели сначала на площадке строительства 5-этажного жилого дома (позиция 9) в 7-м микрорайоне летом 1975 года [8]. Здесь, по данным «Ставропольгражданпроекта», просадочные грунты имели мощность 12,5 м. В котлованах 20 × 20 м забили три составные сваи сечением 30 × 30 см и длиной 16 м. При этом нижние концы свай длиной 3,5 м находились в безусловно непросадочном грунте. Сваи пригрузили бетонными блоками с нагрузкой 15, 20 и 25 тонн.

Замачивание всех трех котлованов провели в течение 27–55 суток. Свая с нагрузкой 25 тонн после замачивания в течение 27 суток опустилась на 15 см и оказалась разрушенной на глубине 3,5 м. В этом котловане просадка грунта не успела проявиться.

Свая с нагрузкой 20 т после замачивания котлована в течение 55 суток провалилась на 44,8 см, а грунт в этом котловане опустился на 23,6 см. Свая с нагрузкой 15 т после замачивания в течение 57 суток просела всего на 3 см. Просадка окружающего грунта составила 4 см.

Испытание опытных свай длиной 16 м показало большую изменчивость просадочности грунтов при замачивании котлованов и, что более важно, их чрезвычайно низкую несущую способность.

После этого провели дополнительные испытания свай непосредственно на промплощадке завода. В результате этих испытаний все ранее запроектированные сваи были удлинены, одновременно забили дубли свай и усилили их ростверки. Надежность принятого решения подтвердила почти 40-летняя безаварийная эксплуатация заводских корпусов (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид завода ООО «Ставролен» в г. Буденновске

В августе 2014 года в г. Георгиевске нами были обследованы три 5-этажных дома, построенные в 70-е гг. на забивных сваях длиной 7 м. К этим домам примыкает одноэтажное здание библиотеки (рис. 4). Деформации этих зданий начались сразу после ввода в эксплуатацию, приобрели скрытый, вяло текущий характер и продолжаются до сих пор, несмотря на принятые противопроемочные мероприятия, включая усиление несущих конструкций. Часть конструкций находится в предаварийном состоянии. Аварийные деформации этих зданий могут быть спровоцированы не только утечками воды из водонесущих коммуникаций, но и низкочастотными землетрясениями, частыми в районе КМВ и г. Георгиевске.



Рис. 4. Здание библиотеки в г. Буденновске по ул. Батакской, 12, 2014 г.:  
 а) общий вид, б) наклонная трещина в центральной части (фото В. В. Сербина, 2014 г.)

Примером ненадежности свай в просадочных грунтах может служить трехэтажный терапевтический корпус Центральной районной больницы в г. Буденновске, построенный в 1977 году на составных забивных сваях длиной 22 м, запроектированных московским Фундаментпроектом (рис. 5). К терапевтическому корпусу пятигорский «Гражданпроект» запроектировал одноэтажную пристройку.



Рис. 5. Здание Буденновской центральной районной больницы: а) общий вид и б) трещины в стенах (фото В. В. Сербина, 2014 г.)

После террористического акта (в июне 1995 года) все здания Буденновской больницы имели предаварийные деформации, их основания по проектам Б. Ф. Галая были усилены буронабивными бетонными и грунтовыми сваями [2]. При этом были укреплены грунты старого (1882 г. постройки) двухэтажного здания Мамай-Маджарского монастыря и упомянутой одноэтажной пристройки, которую затем надстроили двумя этажами.

Просадочная толща на территории больницы по материалам московского «Фундаментпроект», Ставропольского ТИСИЗа и СевКавПНИИИС не превышала 12 м. Поэтому просадка забивных свай длиной 22 м для нас остается загадкой. В терапевтическом корпусе развитие деформаций подтверждает раскрытие осадочного шва и трещины в стенах шириной 6–20 мм, которые дополнительно раскрылись после закачки цементного раствора в сухой просадочный лёсс в 2014 году. Строители ошибочно закачали водный раствор в просадочные лёссы, чтобы исключить поступление атмосферной воды через неуплотненные грунты обратной засыпки котлована.

Ненадежными оказались забивные сваи при строительстве 5-этажного дома по ул. Пушкина, 93 в г. Кисловодске. Строительство дома прошло в два этапа. На первом этапе забивали сваи, а на втором – части дома выполнили грунтовую подушку. При замачивании основания часть дома на уплотненной подушке осталась целой, а деформации появились только на его свайной части. Для укрепления околосвайного массива и стабилизации деформаций применили буронабивные грунтовые сваи (рис. 6).



Рис. 6. Жилой дом по ул. Пушкина, 93 в г. Кисловодске:  
а) трещины в стенах, б) укрепление грунтовыми сваями (фото Б. Ф. Галая)

При анализе аварийных ситуаций, кроме срыва свай, неконтролируемым фактором является их недобив в просадочных грунтах (рис. 7). В маловлажные лёссовые грунты часто невозможно забить сваи без бурения лидерных скважин. При этом происходит разрушение не только оголовка сваи, но, возможно, и самой сваи. В этом отношении особую опасность представляют составные сваи, стыки которых могут разрушиться при их погружении в лёссовые грунты твердой консистенции. Не случайно применение составных свай запрещено в сейсмических районах.



Рис. 7. Недобив свай на просадочных грунтах в г. Георгиевске

Впервые выполненный обзор деформаций зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах в просадочных грунтах, не охватывает все аварийные ситуации, но позволяет дать некоторые предварительные рекомендации и указать направление по эффективному использованию этого индустриального вида фундаментов в сложных грунтовых и сейсмических условиях Юга России.

1. Каждая аварийная ситуация должна стать предметом тщательного анализа с привлечением всех специалистов-смежников: изыскателей, проектировщиков, строителей и научных работников.
2. Необходимо усилить научно-теоретические исследования для оценки несущей способности свай в просадочных грунтах, не ограничиваясь только опытным статическим опробованием нагруженных свай с замачиванием котлованов.
3. Для опытной оценки несущей способности свай необходимо разработать и внедрить в практику изысканий специальное серийное оборудование.
4. Необходимо выполнить ревизию нормативно-строительной базы (СНиП, ГОСТ, СП и др.) с учетом положительного и неудачного опыта применения свайных фундаментов на просадочных грунтах и в сейсмических районах.

#### *Литература*

1. Тер-Мартirosян З. Г. Механика грунтов: монография. М.: Изд-во АСВ. 2009. 552 с.
2. Галай Б. Ф. Лёсс. Взрывы. Шнековые сваи. Градостроительство и ЖКХ: научные статьи. Ставрополь: Сервисшкола, Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. 462 с.
3. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общей редакцией В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2014. 728 с.
4. Проектирование и строительство зданий и сооружений на просадочных грунтах: тезисы докладов и сообщений Всесоюзной конференции (Волгодонск, 20–21 ноября 1984 г.) / Госстрой СССР, Главстройнаука, М., 1984. 114 с.
5. Ананьев В. П., Гильман Я. Д., Дежин Ю. В., Приходченко О. Е., Коробкин В. И. Вопросы исследования лессовых грунтов, оснований и фундаментов. Выпуск 3. Ростовский инженерно-строительный институт. Ростов-н/Д., 1972. С. 106–114.
6. Трофимов В. Т. Опорные инженерно-геологические разрезы лессовых пород Северной Евразии. М.: КДУ, 2008. 608 с.
7. Галай Б. Ф., Галай Б. Б., Стешенко Д. М., Галай Р. А. Пособие по уплотнению просадочных лессовых грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа (изыскания, проектирование, производство работ). Ставрополь: СевКавГТУ; Сервисшкола, 2012. 130 с.
8. Галай Б. Ф. Исследование подготовки оснований на просадочных грунтах для жилых домов завода пластмасс в 7-м микрорайоне г. Буденновска: научно-технический отчет. Ставрополь: Северо-Кавказское отделение ПНИИИС Госстроя СССР, 1975. 60 с.