

Кузнецова С.В., Махова С.И. Инженерно-геологическое обоснование строительства на оползнеопасных участках берега Волги в Ворошиловском районе города Волгограда // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 128–133. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.11

Kuznetsova S.V., Makhova S.I. Engineering and geological feasibility of using landslide-prone areas of the Volga in Voroshilov district of Volgograd for construction. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*. 2017. Vol. 8, no. 1. Pp. 128-133. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.11



**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 8, № 1, 2017
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.11

УДК 69: 624.131.543 (470.45-25)

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ УЧАСТКАХ БЕРЕГА ВОЛГИ В ВОРОШИЛОВСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

С.В. Кузнецова, С.И. Махова

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 30 декабря 2016
Принята: 12 января 2017
Опубликована: 30 марта 2017

Ключевые слова:

склон, оползень, глина, техногенные образования, оползневые и оползнеопасные территории

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы строительства на склоне хвалынской аккумулятивной террасы, сформировавшейся в результате оползневых процессов природного и природно-антропогенного происхождения. До недавнего времени строительство жилых домов в оползнеопасной зоне было запрещено, но в последние годы оползневые и оползнеопасные территории все чаще осваиваются различными видами строительства при выполнении определенного комплекса берегоукрепительных работ. Проблема освоения территорий, сложенных набухающими грунтами, склонными к набуханию и формированию оползней, в настоящее время является весьма актуальной. Недооценка набухания и оползней явилась причиной деформации многих промышленных и гражданских сооружений. По опыту строительства устойчивость склонов достигается путем отсыпки проектного профиля и песчаного контрбанкета из песка в нижней части склона. Для расчета устойчивости ненагруженного склона выбраны два участка. Теоретически рассчитан коэффициент устойчивости склонов, который составляет для верхней площадки 2,13 (дом 1), 1,45 (дом 2), 1,53 (дом 3), для нижней площадки по двум линиям – 1,21 (минимальное значение). Приведены рекомендации по устройству фундаментов.

© ПНИПУ

© Кузнецова Светлана Васильевна – доктор геолого-минералогических наук, профессор, e-mail: kuznecovasv2015@mail.ru.
Махова Светлана Ивановна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: Sv_kgmn@mail.ru.

Svetlana V. Kuznetsova – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, e-mail: kuznecovasv2015@mail.ru.
Svetlana I. Makhova – Ph.D. in Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, e-mail: Sv_kgmn@mail.ru.

ENGINEERING AND GEOLOGICAL FEASIBILITY OF USING LANDSLIDE-PRONE AREAS OF THE VOLGA IN VOROSHILOV DISTRICT OF VOLGOGRAD FOR CONSTRUCTION

S.V. Kuznetsova, S.I. Makhova

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 30 December 2016
Accepted: 12 January 2017
Published: 30 March 2017

Keywords:

slope, landslide, clay, man-made formations, landslide and landslide-prone areas

ABSTRACT

The possibilities of using for construction the slopes of Khvalynian accumulation terrace which have been formed as a result of both natural and natural-anthropogenic landslides. Until recently, the construction of houses in landslide area was over-Presto. But in recent years, landslides and landslide-prone areas are increasingly being developed with various types of construction when a certain complex shore protection works. The problem of development of territories composed of NABU-hayuschih soils, prone to swelling and formation of landslides in the present time is very important. The underestimation of the swell and landslides were the reason Noah deformation of many industrial and civil constructions. The building expertise of the slope stability is achieved by dumping the design profile and dog-Canoga of contranct of sand in the bottom of the slope. For calculation of stability Nena-loaded slope, and selected two sites. We have theoretically calculated the stability factors of the slopes. On the top of the stairs it is 2.13 for house 1, it is 1.45 for house 2 and it is 1.53 for house 3. For the lower platform along two lines the minimum value is 1.21. The recommendations on building foundations in this area are given.

© PNRPU

Оползни хвалыньских глин, распространенных по берегу Волги, всегда угрожали городским территориям и различным инженерным сооружениям [1]. До недавнего времени строительство жилых домов в оползнеопасной зоне было запрещено. На этих участках оползневой станцией, затем Волгоградской комплексной геологической экспедицией по оборудованной сети пьезометрических скважин и геодезических реперов проводились режимные наблюдения. В настоящее время эти наблюдения отсутствуют, за исключением отдельных территорий. В последние годы оползневые и оползнеопасные территории все чаще осваиваются различными видами строительства при выполнении определенного комплекса берегоукрепительных работ.

Рассматриваемые объекты строительства многоэтажных жилых домов и спортивно-делового комплекса по ул. Пугачевской в Ворошиловском районе г. Волгограда находятся в оползнеопасной зоне. В геоморфологическом отношении территория объектов приурочена к нижней части Волжского склона хвалыньской аккумулятивной террасы, который сформировался в результате оползневых процессов природного и природно-антропогенного происхождения. Оползни здесь связаны с морскими хвалыньскими набухающе-усадочными глинами, которые узкой полосой распространены вдоль р. Волги [2, 3].

Проблема освоения территорий, сложенных набухающими грунтами, склонными к набуханию и формированию оползней, в настоящее время является весьма актуальной. Недооценка набухания и оползней явилась причиной деформации многих промышленных и гражданских сооружений. Несмотря на то что процессы набухания и оползни существенно осложняют строительство и эксплуатацию зданий и сооружений, районы их распространения интенсивно осваиваются.

Начало инженерно-геологических исследований этого склона относится к середине XIX в. А.М. Кузнецов в 1943–1946 гг. отмечал, что склон здесь сложен оползневыми грунтами и железная дорога, которая проходила у основания склона, постоянно претерпевала деформации. Несколько южнее, на территории грузового порта, при его строительстве в основании склона была отсыпана каменная призма, благодаря которой оползневые подвижки в нижней части склона и его эрозия были остановлены. Последний небольшой оползень произошел ниже полотна железной дороги в 1974 г., но крупных оползневых подвижек, захватывающих склон на всю его высоту, не отмечалось уже более 50 лет.

Для обоснования инженерно-геологических условий строительства в береговой зоне р. Волги в Ворошиловском районе изыскания выполнялись на протяжении ряда лет многими проектными и изыскательскими организациями: производственно-строительная фирма ООО «Геострой-Ф» (2011 г.), ЗАО «ПИИ “Типроводстрой”» (2007 г.), НВТИСИЗ (1969, 1974, 1980, 1982, 1987, 2007 гг.), ООО «Радиян-С» (2008 г.), ООО «Радиян» (2004, 2008, 2013 гг.) и др.

По материалам этих изысканий был изучен геологический разрез Волжского склона, в строении которого принимают участие техногенные современные насыпные грунты (tQ_{IV}), современные оползневые накопления (dpQ_{IV}), аллювиальные отложения (aQ_{IV}), морские верхнечетвертичные отложениям хвалынского горизонта (mQ_{IIIhV}), в составе которых встречаются прослой набухающе-усадочных и мягкопластичных слабых глин. Ниже залегают отложения хазарского горизонта (Q_{IIhz}), представленные пылевунными песками и опесчаненными глинами, подстилаемые песчано-алевритовыми породами, алевролитами и аргиллитоподобными глинами царицынской свиты палеогена (P_2cr) [2, 3].

В результате этих изысканий были также установлены границы оползнеопасной и оползневой зон. Граница верхней оползневой зоны проходит по линии резкого изменения крутизны склона и территориально привязана к ул. Пугачевской. Изысканиями неоднократно были произведены расчеты устойчивости ненагруженного склона в сторону рек Волги и Царицы, при которых уточнялись границы оползнеопасной зоны. Были также выполнены опытно-полевые исследования сжимаемости грунтов отдельных инженерно-геологических элементов статическими нагрузками на штампы, исследования проницаемости грунтов кустовыми откачками, был выполнен большой объем лабораторных и камеральных работ [1–3].

Гидрогеологические условия характеризуются наличием двух комплексов водоносных горизонтов: первый от поверхности – безнапорный в насыпных грунтах, оползневых накоплениях и трещиноватой зоне хвалынских глин на глубине 2–6 м; второй – напорный в хазарских песках, неравномерно цементированных песчано-алевритовых породах и трещиноватых алевролитах [2, 4].

В настоящей работе рассматриваются результаты изысканий, выполненных фирмой «Геострой-Ф» (г. Ростов, 2011 г.) на объекте «Многоэтажные жилые дома по ул. Пугачевской», расположенном в пределах верхней части склона, в 26–60 м от бровки откоса (верхняя площадка), и ООО «Радиян» при участии авторов данной статьи (2013 г.) на объекте «Крытый спортивно-деловой комплекс по ул. Пугачевской», расположенном ниже бровки откоса (нижняя площадка).

Целями изысканий явились обоснование инженерно-геологических условий строительства, определение наличия проявлений оползневых процессов и прогнозирования их дальнейшего развития на оползнеопасном склоне.

По результатам рекогносцировочного обследования активного проявления оползневых процессов на верхней и нижней площадках, а также непосредственно на откосе между ними не установлено. Следует отметить, что на момент изысканий какие-либо признаки развивающегося оползневого процесса («пьяный лес», трещины отрыва, наличие искривленных деревьев) отсутствовали. В период проведения исследований на объекте «Крытый спортивно-деловой комплекс» на верхней площадке уже велось строительство жилых домов. На бровке склона происходила подсыпка бытового и строительного мусора. Верхняя часть оползневого склона имела неровный, бугристый микрорельеф техногенного происхождения. Для обеспечения подъездных путей к местам бурения скважин и точек зондирования на нижней площадке выполнялась планировка территории, которая заключалась в срезке-подсыпке грунтов, выкорчевывании деревьев, ликвидации зарослей камыша, переносе ливневой канализации. Ближе к Волге склон спланирован и имеет отметки поверхности 12,8–15,0 м. Здесь проходит железная дорога, искусственная насыпь которой препятствует разгрузке подземных и поверхностных вод за счет создания барражного эффекта, о чем свидетельствуют заболоченные участки вдоль нее.

В 2011 г. фирмой «Геострой-Ф» устойчивость рассматриваемого откоса изучалась при проектировании зданий, расположенных на верхней площадке. Расчет устойчивости выполнялся по трем поперечным профилям. По результатам теоретического расчета были получены следующие коэффициенты устойчивости склона из предположения полного водонасыщения грунтов:

- по профилю 1V–1Va (дом 1): 1-й вариант – 2,91; 2-й вариант – 2,13; 3-й вариант – 4,07;
- по профилю VII–VIIa (дом 2) – 1,45;
- по профилю IX–IXa (дом 3) – 1,53.

Таким образом, при самом неблагоприятном стечении обстоятельств склон в естественном состоянии устойчив, т.е. находится в состоянии равновесия.

В качестве фундаментов были выбраны буронабивные сваи длиной 18–20 м. При этом здания расположены по осям перпендикулярно простиранию склона, что исключает проявление барражного эффекта и не препятствует естественной разгрузке подземных вод в сторону р. Волги.

В 2013 г. ЗАО «ПИИ “Типроводстрой”» выполнило расчет устойчивости склона в створе ул. Балахнинской (по границе рассматриваемой территории) в составе проектной документации объекта «Берегоукрепление правого берега р. Волги в г. Волгограде», который также подтвердил, что склон проектного профиля устойчив, т.е. находится в состоянии равновесия.

Из опыта строительства устойчивость склонов достигается путем отсыпки проектного профиля и песчаного контрбанкета из песка в нижней части склона, что и было запроектировано на нижней площадке: в пределах отметок 15,00–22,00 м по всей длине участка и срезки и подсыпки склона в средней части в пределах отметок 22,20–25,00 м.

Для расчета устойчивости ненагруженного склона были выбраны два участка по линиям разрезов 15–15 и 16–16. Высота склона по линии 15–15 составляет 14,4 м с переменными уклонами от нулевого до 1/3,5. Высота склона по линии 16–16 составляет 11,3 м

с переменными уклонами от 1/2,6 до 1/3,3. Склон сложен техногенными грунтами (tQ_{IV}), современными оползевыми накоплениями (dpQ_{IV}), песками хазарского горизонта (Q_{IIhz}), под которыми залегают неравномерно сцементированные алевролиты царицынской свиты палеогена (P_{2cr}). Данные линии рассматриваются как наиболее неблагоприятные по отношению к проектируемым сооружениям.

Расчет устойчивости ненагруженного склона выполнен по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения методами Крея–Бишопа, К. Терцаги и Р.Р. Чугаева (метод весового давления) на ЭВМ программным комплексом ОТКОС 4.0. Выбор центров кривых скольжения, их максимальных и минимальных радиусов на начальной стадии расчетов произведен по методу В.В. Аристовского, затем был скорректирован с учетом результатов вычислений.

Расчетные и нормативные значения характеристик физико-механических свойств грунтов для оценки устойчивости склона по первому предельному состоянию ($\alpha = 0,95$) вычислены на ЭВМ с учетом площадок-аналогов в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01–83* и ГОСТ 20522–96.

Минимальные значения коэффициентов запаса устойчивости склона по линии 15–15, полученные в результате расчета, изменяются от 1,21 до 1,41, по линии 16–16 изменяются от 1,21 до 1,32. Таким образом, склон в ненагруженном состоянии по этим линиям является устойчивым. Следует отметить, что расчет устойчивости склона выполнен с учетом его проектной вертикальной планировки.

В качестве фундаментов были рекомендованы буронабивные сваи с заглублением их до 2,0–5,0 м в породы царицынской свиты палеогена, которые будут служить опорным слоем. В этом случае склон не пригружается проектируемыми сооружениями. Кроме того, устройство буронабивных свай происходит без динамических воздействий на грунты основания, что исключает отрицательные воздействия на склон в процессе строительства. Устройство свайных фундаментов является мероприятием, закрепляющим мягкопластичные грунты на площадке строительства [4, 5].

Немало важен тот факт, что строительство нулевой продольной магистрали вдоль р. Волги от ул. Калинина в южном направлении протяженностью 3,7 км будет сопровождаться берегоукрепительными работами. Это, безусловно, отразится на устойчивости Волжского склона.

Рассмотренные примеры позволяют сделать вывод о том, что и другие отдельные (благоустроенные) участки Волжского склона в естественном состоянии могут быть устойчивыми. Однако не следует забывать о необходимости наблюдений за возможными смещениями грунтовых масс и режимом подземных вод с помощью геодезических методов.

Библиографический список

1. Чепрасов А.Ф. Оползни и опыт борьбы с ними. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1972. – 88 с.
2. Самусь Н.А., Игнатенко О.Н., Самусь А.Н. Инженерная геология Волгоградской агломерации (практический опыт). – Волгоград: Геомаркетинг, 2010. – 303 с.
3. Инженерная геология и геоэкология Волгограда / В.Н. Синяков [и др.]. – Волгоград: Изд-во Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та, 2007. – 124 с.

4. Агеев П.С., Рыжков Е.М. Буронабивные фундаменты в набухающих грунтах // Вопросы инженерной геологии, проектирования и строительства оснований и фундаментов в Волгоградском Поволжье. – Волгоград, 1978. – С. 78–82.

5. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. – М.: ГЕОС, 2013. – 576 с.

References

1. Cheprasov A.F. Opolzni i opyt bor'by s nimi [Landslides and the experience of dealing with them]. Volgograd: Nizhnevolghskoe knizhnoe izdatelstvo, 1972. 88 p.

2. Samus' N.A., Ignatenko O.N., Samus' A.N. Inzhenernaia geologiya Volgogradskoi aglomeratsii (prakticheskii opyt) [Engineering geology of the Volgograd agglomeration (practical experience)]. Volgograd: Geomarketing, 2010. 303 p.

3. Siniakov V.N. et al. Inzhenernaia geologiya i geokologiya Volgograda [Engineering geology and geoecology Volgograd]. Volgograd: VolgGASU, 2007. 124 p.

4. Ageev P.S., Ryzhkov E.M. Buronabivnye fundamenty v nabukhaiushchikh gruntakh [Drilled foundations in swelling soils]. *Voprosy inzhenernoi geologii, proektirovaniia i stroitel'stva osnovanii i fundamentov v Volgogradskom Povolzh'e*. Volgograd: 1978, pp. 78-82.

5. Osipov V.I., Sokolov V.N. Gliny i ikh svoistva. Sostav, stroenie i formirovanie svoistv [Clays and their properties. Composition, structure and formation properties]. Moscow: GEOS, 2013. 576 p.