



УДК 624.138

**ОПЫТ ПО СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА
В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ****EXPERIENCE OF LANDSLIDE SLOPE STABILIZATION IN URBAN AREAS****Б.А. Храмцов¹, А.А. Ростовцева¹, О.А. Лубенская², А.В. Овчинников¹,
А.С. Кравченко¹****В.А. Khramtsov¹, А.А. Rostovtseva¹, О.А. Lubenskaya², А.В. Ovchinnikov¹,
А.С. Kravchenko¹**¹ *Белгородский государственный национально-исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*² *ОАО «ВЮГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86*¹ *Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*² *PLC "VIOGEM", 86 B. Khmelnitckyy Ave., Belgorod, 308007, Russia**E-mail: khramtsov@bsu.edu.ru; oksana.lubenskaya@gmail.com*

Ключевые слова: оползень, фундамент, устойчивость, наблюдательная станция, пригрузка оползневого склона.

Key words: landslide, foundation, stability, observation station, surcharging landslide slope.

Аннотация. В статье приведены результаты наблюдений за деформациями земной поверхности, которые были вызваны геодинамическими оползневыми процессами, на территории городской застройки, и данные инженерно-геологических изысканий, позволившие определить физико-механические свойства грунтов в районе оползневого склона с помощью графо-аналитического метода, разработанного в НИУ «БелГУ». Выполнена оценка устойчивости склона оврага в районе четырехэтажного жилого дома в г. Короча по восьми профильным линиям, и разработаны инженерно-технические мероприятия по стабилизации оползневого склона в условиях городской застройки за счет пригрузки двух нижних ярусов склона скальными породами, на двух верхних ярусах – проведения планировки с выколаживанием склона, а также были выполнены мероприятия по регулированию водостока.

Resume. On the territory of urban development in the town of Korocha in Belgorod region on the slopes of the ravine in spring 2008 a landslide occurred, which resulted in ground movements of the earth's surface and the development of deformation in the basement of a four-storey building. In order to prevent the development of deformation processes in the earth's surface, the foundation of a four-storey house and its supporting structures there were conducted geotechnical engineering and geodetic surveys, calculated the slope stability of landslide.

To monitor the deformation of the earth's surface there was laid an observation station, consisting of a profile line, which consisted of 10 working frames, and on the edges of the cracks formed in the foundation of the building there were laid beacons to measure the disclosure. Reference frame R1 profile line is outside the possible displacement of the earth's surface caused by landslide processes.

Control of the displacement of the earth's surface was carried out once per week and consisted of instrumental observations, which included measurements of vertical and horizontal deformations of the working frames profile line. During the observation period there were 7 sets of observations.

To construct the geological section and determination of physical and mechanical properties of soils in the area of the landslide slope there were conducted geotechnical investigations, which included the drilling of four wells and geological sampling for further testing. Physical and mechanical properties of soils, defined using graph-analytical method developed at NRU "BelSU" and the received results of the test samples were used to assess the stability of the slope.

According to the results of geotechnical surveys there were built 8 geotechnical profiles, which allow to assess the stability of the landslide slope of the ravine, and landslide events developed through mound two lower tiers of the slope of rock, on the top two tiers – carrying out plan with flattening of the slope, and there were made arrangements for the regulation of water flow.

Введение

Весной 2008 г. в городе Короча Белгородской области на территории, прилегающей к жилому дому, по ул. Дзержинского произошел оползень на склоне оврага, который повлек за собой сдвижение земной поверхности и развитие деформаций в фундаменте и основных несущих конструкциях четырехэтажного жилого кирпичного дома (рис. 1). Длина распространения оползня на склоне оврага, прилегающему к жилому дому, составила 150 м, ширина – 30 м, мощность – 16 м. Развитию оползневых процессов на склоне оврага способствовало наличие нерегулируемого поверхностного стока воды в овраг и наличие уровня грунтовых вод на глубине 9.8 м от поверхности земли.

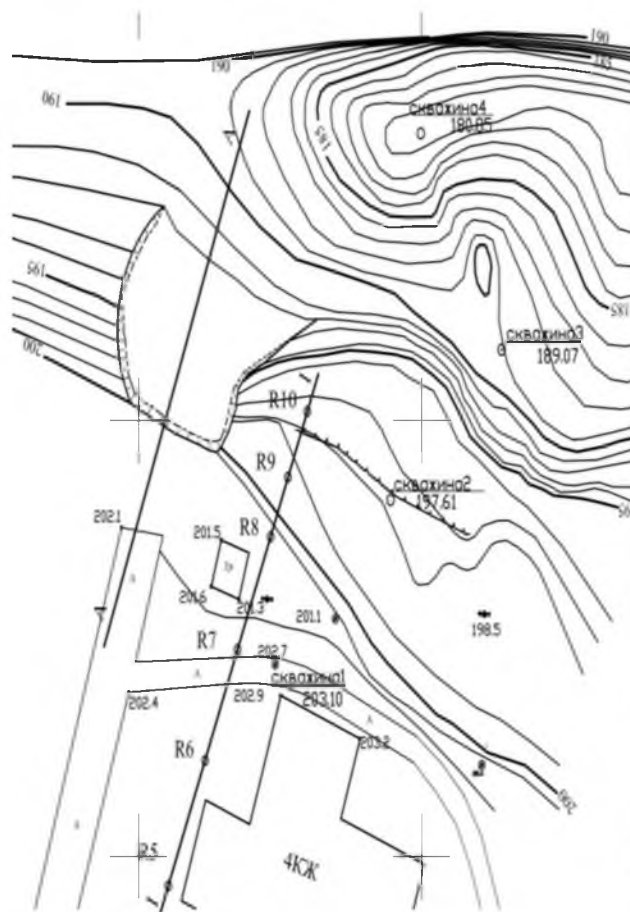


Рис. 1. План территории в районе жилого дома
 Fig. 1. Plan of the territory in the area of a residential building

С целью предотвращения развития деформационных процессов на земной поверхности, фундаменте четырехэтажного жилого дома и его несущих конструкциях были проведены инженерно-геологические и инженерно-геодезические изыскания, выполнен расчет устойчивости оползневого склона и разработаны противооползневые мероприятия.

Для наблюдения за деформациями земной поверхности 19 апреля 2008 г. заложена наблюдательная станция, состоящая из профильной линии I-I, которая состояла из 10 рабочих реперов (см. рис. 1), а в фундаменте здания между реперами R6 и R7 по краям образовавшейся трещины – маячки для измерения величины ее раскрытия. Длина профильной линии I-I составила 130 м, опорный репер R1 находился за пределами зоны возможных сдвижений земной поверхности, вызванных оползневыми процессами.

В конце апреля – начале мая 2008 г. геодинамические оползневые процессы в верхней части склона оврага резко активизировались, в результате чего на земной поверхности между реперами R9 и R10 напротив четырехэтажного жилого дома образовалась вертикальная трещина отрыва, высота которой составила 1200–1500 мм, а раскрытие – 500 мм. Активизация оползневых процессов была зафиксирована результатами инструментальных наблюдений, которые проводились по профильной линии I-I и представлены на рисунке 2.

Контроль за сдвижением земной поверхности осуществлялся 1 раз в неделю и состоял из инструментальных наблюдений, которые включали в себя измерения вертикальных и горизонтальных деформаций рабочих реперов профильной линии I-I. За период наблюдений в апреле и мае 2008 года проведено 7 серий наблюдений, в ходе которых определены вертикальные и горизонтальные деформации земной поверхности в районе жилого дома с использованием рабочих реперов профильной линии. Вертикальные деформации определялись при помощи нивелирования IV класса, для измерения горизонтальных деформаций использовалась прокомпонованная рулетка.

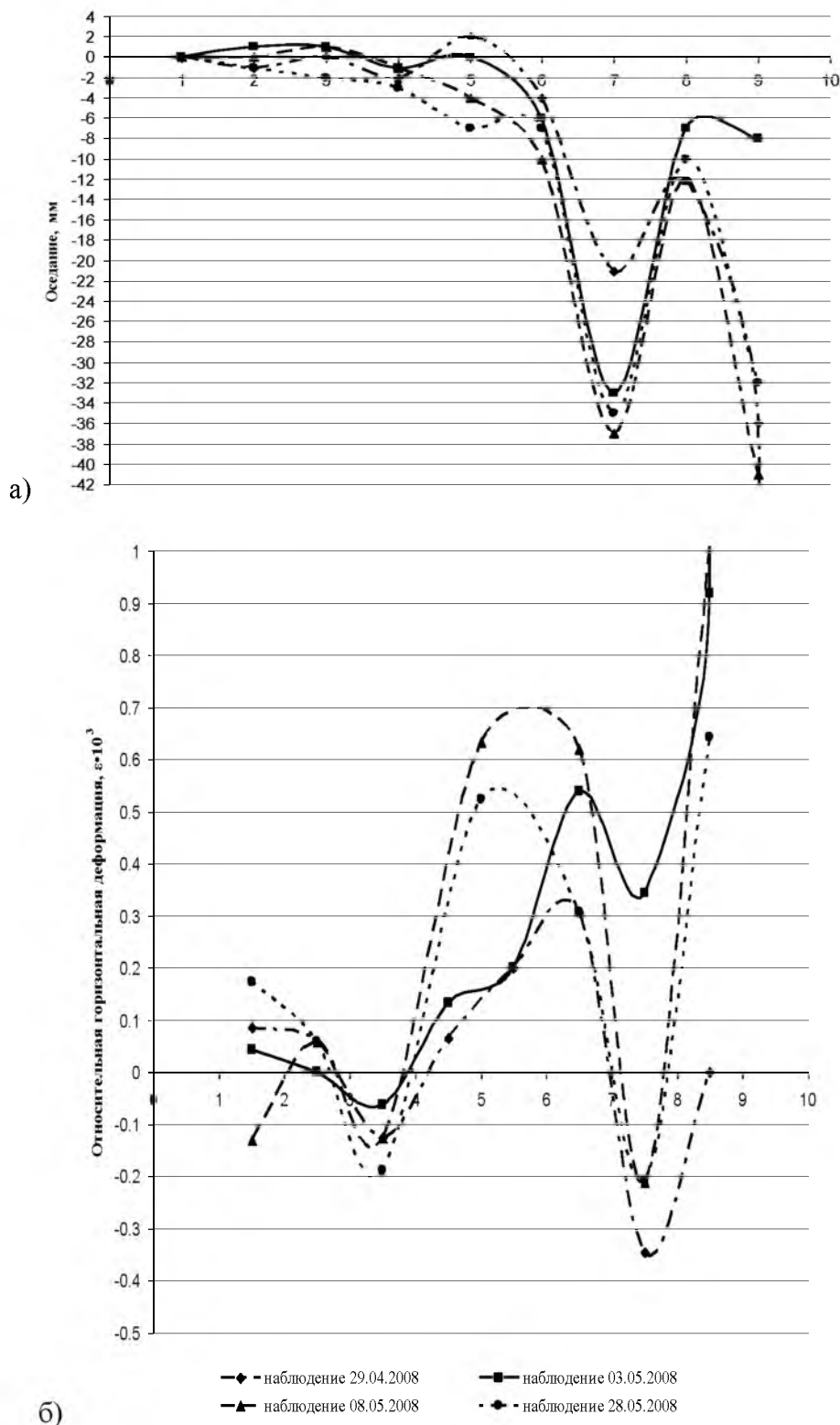


Рис. 2. Вертикальные и горизонтальные деформации по профильной линии: а – оседания; б – относительные горизонтальные деформации
 Fig. 2. The vertical and horizontal deformation profile line: a – subsidence; b – the relative horizontal deformation

Результаты данных наблюдений (см. рис. 2) позволили установить следующий факт, что образование трещины на земной поверхности вызвало резкое изменение вертикальных и горизонтальных деформаций, которое связано с изменением знака, т. е. на 3 мая 2008 г. высотные отметки ближних к трещине реперов R8 и R9 возросли, что свидетельствует о поднятии



земной поверхности, прилегающей к трещине отрыва. В интервалах профильной линии между реперами R7-R8 и R8-R9 произошла смена знака горизонтальной деформации – сжатие сменилось резким растяжением. Подобный процесс протекания деформаций земной поверхности наблюдается при формировании открытых горных выработок, котлованов и траншей.

Для построения геологического разреза и определения физико-механических свойств грунтов в районе оползневого склона были проведены инженерно-геологические изыскания, которые включали в себя бурение четырех геологических скважин глубиной от 2.5 до 30 м (см. рис. 1) и отбор образцов для дальнейшего их испытания.

По результатам проведенных инженерно-геологических изысканий толща грунтов до глубины 30 м характеризуется неоднородностью состава и состояния, а в ее пределах выделено 10 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

С дневной поверхности и до глубины 3–4.5 м залегают насыпные грунты, представленные неравномерной смесью чернозема, суглинка и щебня. Под насыпными грунтами до глубины 4.5–6 м вскрыта современная почва, представленная черноземом суглинистым. Мощность почвы 1.5 м. Ниже, до глубины 20 м, залегает толща суглинков от полутвердого до текучего состояния, которая подстилается белым писчим мелом. Подземные воды в момент изысканий вскрыты на глубине от 2.5 до 9.8 м. Отметки установившегося уровня составили от 1 до 8.5 м.

Основные расчетные значения физико-механических характеристик грунтов приведены в таблице. По совокупности природных факторов исследуемый участок, согласно СП 11.105–97, соответствует III-й, т. е. сложной, категории сложности инженерно-геологических условий.

Таблица
Table

Расчетные значения физико-механических характеристик грунтов
Calculated values of the physical and mechanical properties of soils

№ ИГЭ	Вид грунта	Плотность, т/м ³	Модуль деформации, МПа	Параметры прочности	
				Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град.
1	Насыпной грунт	1.87	–	–	–
2	Почвенно-растительный слой	1.88	–	–	–
3	Суглинок с содержанием гумуса, полутвердый	1.81/1.79	15	24/23	22/20
4	Суглинок полутвердый	1.93/1.91	16	25/23	23/21
5	Суглинок тугопластичный	1.86/1.83	11	17/16	18/17
6	Суглинок мягкопластичный	1.82/1.80	8	15/13	14/12
7	Суглинок текучепластичный	1.86/1.84	5	14/11	13/10
8	Суглинок текучий	1.89/1.85	4.6	12/9	11/10
9	Мел от текучепластичного к текучему	1.87/1.83	14	15/13	21/19
10	Мел мягкопластичный	1.90/1.85	16	18/16	23/21

Примечание: значение показателей плотности и прочности приведены по доверительной вероятности $\alpha = 0.85/0.95$.

Разработанный в НИУ «БелГУ» графо-аналитический метод позволил при наличии параметров оползневого цирка (высоты откоса H , угла наклона откоса α и ширины призмы обрушения B_0) с использованием графиков зависимостей $H = f(\alpha)$ и $B_0 = f(H)$, построенных с помощью программы Otkos2 для коэффициента запаса устойчивости откоса $n = 1$, определить по разрезу А-А (см. рис. 1) физико-механические свойства суглинков (сцепление c и угол внутреннего трения φ) [Храмцов и др., 2013]. При высоте обрушившегося откоса $H = 16$ м, угле наклона откоса $\alpha = 26^\circ$ и ширине призмы обрушения $B_0 = 11$ м с помощью графо-аналитического метода при плотности суглинков $\rho = 1.82$ т/м³ были определены сцепление $c = 16.7$ кПа и угол внутреннего трения $\varphi = 11^\circ$.

Физико-механические свойства грунтов, определенные с помощью графо-аналитического метода и полученные по результатам испытания образцов, использовались для оценки устойчивости склона.

По результатам инженерно-геологических изысканий построено 8 инженерно-геологических профилей, по которым производилась оценка устойчивости оползневого склона оврага и разработаны противооползневые мероприятия.

При расчете устойчивости склона в двух центральных сечениях IV и V учитывалась нагрузка от четырехэтажного жилого дома на грунт $P = 45$ кПа. Это позволило разработать



противооползневые мероприятия, при выполнении которых было рекомендовано произвести пригрузку двух нижних ярусов склона скальными породами (рис. 3). Первый ярус: низ – дно оврага, верх – отметка +190 м; второй ярус: низ – отметка +190 м, верх – отметка +194 м. На верхних двух ярусах склона рекомендовано выполнить планировку склона, разбив его на два уступа. Необходимый объем скальной пригрузки составил 14 000 м³. Пригрузка оползневого склона скальными породами была завершена к середине мая 2008 г.

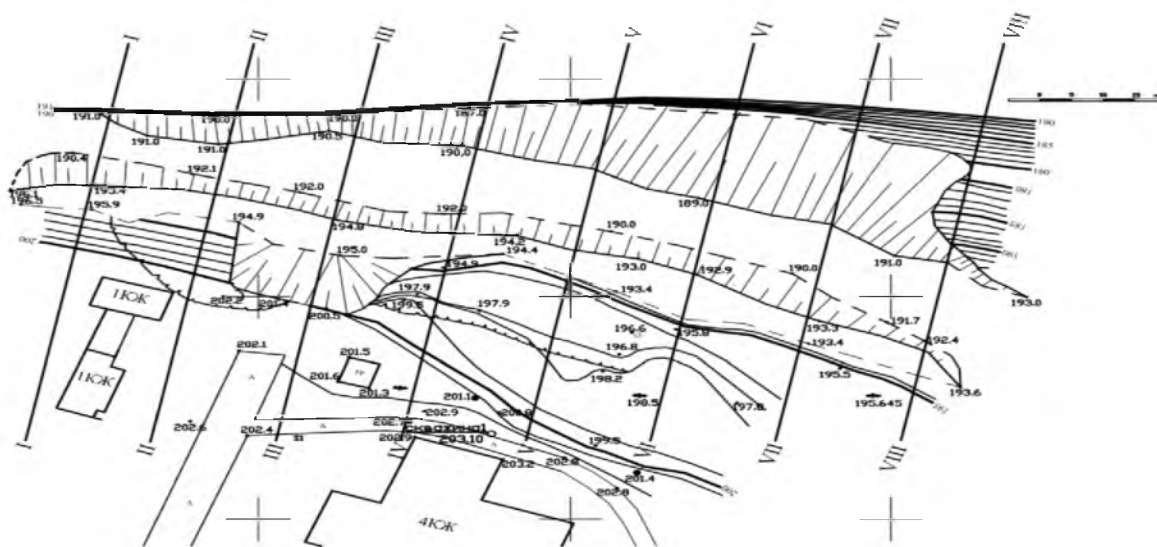


Рис. 3. Контрфорсная пригрузка оползня
Fig. 3. Buttress surcharge landslide

Отсыпка скальной пригрузки позволила увеличить коэффициент запаса устойчивости склона в районе четырехэтажного жилого дома по ул. Дзержинского (сечения IV и V) до $n_z = 1.18$ при нормативном $n_{норм} = 1.15$ [Фисенко и др., 1972]. Кроме пригрузки склона были выполнены мероприятия по зарегулированию водостока.

После выполнения инженерно-технических мероприятий оползневые процессы земной поверхности в районе жилого дома стабилизировались.

Список литературы References

1. Фисенко Г.Л., Сапожников В.Т., Мочалов А.М., Пушкарев В.И., Козлов Ю.С. 1972. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., ВНИМИ, 164.

Fisenko G.L., Sapozhnikov V.T., Mochalov A.M., Pushkarev V.I., Kozlov Yu.S. 1972. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu uglov naklona bortov, otkosov ustupov i otvalov stroyashchikhsya i ekspluatiruemyykh kar'eroov [Methodological guidelines for determining the angular ramps, slopes and ledges dumps built and operated quarries]. Leningrad., VNIMI, 164. (in Russian)

2. Храпцов Б.А., Абдул Батен Абдул Захир, Ростовцева А.А. 2013. Разработка и совершенствование методов расчета устойчивости откосов. В кн.: Материалы XII-ой Национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых (г. Варна, 26–30 июня 2013 г.). Варна: 297–301.

Khramtsov B.A., Abdul Baten Abdul Zakhir, Rostovtseva A.A., 2013. Development and improvement of methods for calculating the stability of slopes. In: Materialy XII-oy Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po otkrytoy i podvodnoy dobyche poleznykh iskopaemykh (g. Varna, 26–30 iyunja 2013 g.) [Proceedings XII-th National conference with international participation of the open and underwater mining of minerals (Varna, 26–30 June 2013)]. Varna: 297–301. (in Russian)