

ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ОПОЛЗНЯ «ГОРОДСКОЙ» (г. ВОЛЬСК, САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

DEVELOPMENT FACTORS AND MODERN DYNAMICS OF THE «GORODSKOY» LANDSLIDE (VOLSK, SARATOV REGION)

ШЕШНЁВ А.С.

Старший научный сотрудник отделения геологии Научно-исследовательского института естественных наук Саратовского государственного университета, к.г.н., г. Саратов, sheshnev@inbox.ru

Ключевые слова:

оползень; оползневая опасность; Волгоградское водохранилище; Саратовская область; г. Вольск.

Аннотация

В статье рассмотрены результаты исследований оползневого участка «Городской» в г. Вольске Саратовской области. Охарактеризованы геолого-гидрогеологические и геоморфологические условия, приведены сведения о динамике оползневых процессов и истории их исследования. Изучено использование оползневых земель и причиненный оползнями ущерб. Установлен негативный процесс перехода земель в категорию неудобий в центральной части г. Вольска.

Abstract

The article discusses research results of the «Gorodskoy» landslide area in the Volsk city of the Saratov region. Geological-hydrogeological and geomorphological conditions are characterized, data on the dynamics of the landslide processes and the history of their research are provided. Use of the landslide lands and the damage caused by the landslides are studied. The negative process of transition of the lands into the category of unsuitable lands in the central part of Volsk is established.

SHESHNEV A.S.

Senior researcher of the Geology Department of the Research Institute of Natural Sciences of Saratov State University, PhD (candidate of science in Geography), sheshnev@inbox.ru

Key words:

landslide; landslide hazard; Volgograd reservoir; Saratov region; Volsk city.

Введение

Саратовское Поволжье считается типичной территорией, на которой в условиях подработки берегов рекой (водохранилищем) развиваются оползни. Территория г. Вольска подвержена данному опасному геологическому процессу.

Вольское побережье Волгоградского водохранилища между поселками Терса и Рыбное в различной степени подвержено оползанию. Длина оползнеопасной береговой полосы — более 20 км, ширина — в среднем 100–200 м, но местами она достигает 600–800 м. Образование оползней вызвано как природными условиями (падением толщ горных пород к берегу водохранилища, чередованием в разрезе глин и песков, высокой крутизной склонов), так и антропогенными причинами (подъемом уровня грунтовых вод и разрушением берегов из-за сооружения водохранилища, чрезмерным обводнением и пригрузкой склонов строениями). Ф.В. Котлов называет Вольск «городом на оползнях», указывая, что «по аналогии с понятием “пьяный лес” к г. Вольску можно применить выражение “пьяные дома”» [4, с. 89], и относит большинство оползней на территории города к антропогенным.

Наиболее крупным является оползень «Городской», располагающийся в юго-восточной части г. Вольска на водоразделе небольших рек — Верхняя Малыковка и Нижняя Малыковка. Он имеет полукруглую в плане форму, протяженность вдоль Волгоградского водохранилища около 1,3 км, длину по оси смещения около 0,5 км (рис. 1, 2).

Краткая история изучения оползневых процессов на территории г. Вольска

Изучению оползневых процессов на территории г. Вольска был посвящен ряд научных и проектно-изыскательских работ:

- 1902 г. — выход статьи В.В. Челинцева об оползнях Вольска в журнале «Естествознание и география» [12];



Рис. 1. Схема оползня «Городской»

- 1903 г. — публикация работы А.П. Павлова «Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья» [8];
- 1909 г. — изучение оползней Мартином и Бронниковым;
- 1912 г. — организация системы наблюдений за оползнями с применением сети специальных скважин правлением железной дороги;
- 1915 г. — изучение оползней С.И. Чарноцким;
- 1930 г. — исследование оползней инженерно-геологической партией ЦИС НКПС во главе с Пономаревым и Соколовым;
- 1932 г. — проведение крупных инженерно-геологических изысканий под руководством Н.В. Глазова;
- 1935 г. — публикация работы Е.В. Милановского [5];

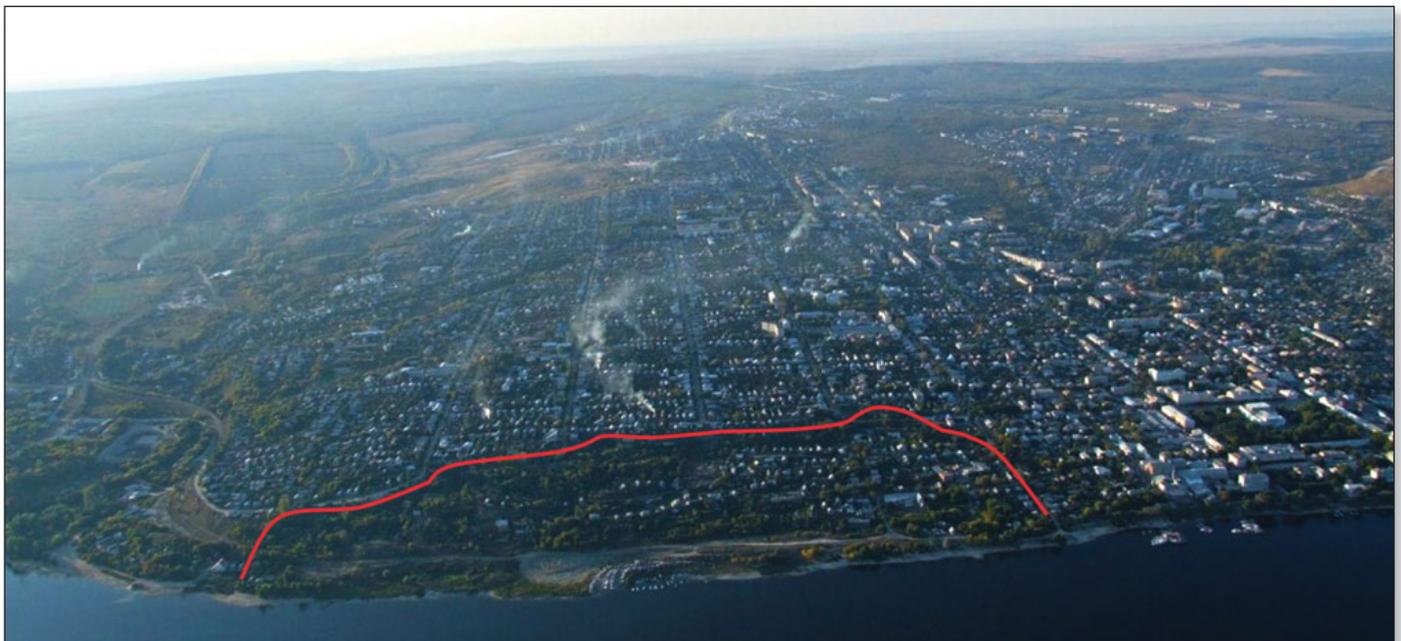


Рис. 2. Аэрофотоснимок оползня «Городской» (2012 г.). Красной линией показана граница оползневой зоны

- 1936 г. — исследования оползней ЦНИГРИ;
- 1944 г. — изучение оползней Лентранспроектм;
- 1949–1950 гг. — проведение инженерно-геологических работ под руководством П.А. Шильникова;
- 1951–1954 гг. — выполнение изысканий в районе цементных заводов Фундаментпроектм;
- 1958 г. — выход монографии И.С. Рогозина [10] по результатам работ лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР;
- 1960–1970-е годы — исследование оползневых склонов в районе городского водозабора Фундаментпроектм, обследование правого берега р. Волги в целях предотвращения его разрушения и исследование оползней в районе г. Вольска от поселка Терса до завода «Комсомолец» Гидропроектм;
- с 1970-х годов — выход отчетов Саратовской инженерно-геологической партии по стационарному изучению оползневых процессов в рамках исследований переформирования берегов Волгоградского и Саратовского водохранилищ;
- с 1990-х годов по настоящее время — проведение мониторинга оползневых процессов Территориальным центром мониторинга состояния недр, организованным при Саратовской гидрогеологической экспедиции ФГУГП «Волгагеология» Министерства природных ресурсов и экологии РФ (в силу ряда причин обследование вольских оползневых участков осуществляется не ежегодно);
- 1992 г. — выполнение изысканий для обоснования проекта противооползневых мероприятий институтом «Гипроводстрой»;
- 2005 г. — проведение изыскательских работ для разработки проекта противооползневых мероприятий ЗАО ПИИ «Гипроводстрой» (г. Волгоград).

Таким образом, изучение вольских оползней ведется с начала XX века, но имеющийся фактический материал синтезирован весьма слабо. Последние опубликованные обобщения были сделаны И.С. Рогозиным и Г.В. Дунаевой более полувека назад [10, 11].

Факторы развития оползневых процессов

История развития рельефа

Развитие оползней в районе г. Вольска тесно связано с этапами формирования волжской долины, циклической эрозионных врезов и тектоническими движениями [2, 7].

Изучаемый участок расположен на правом борту долины р. Волги, который в течение всего времени формирования непрерывно подмывался, что приводило к размыву террас. Поэтому оползанию подвергались в основном коренные породы.

Предакчагыльский врез долины палео-Волги достигал абсолютных отметок минус 80 — минус 100 м. Оползневые процессы того времени имели значительный размах как по площади, так и по глубине захвата пород.

Акчагыльская трансгрессия способствовала прекращению оползневых процессов и частичному захоронению оползневых накоплений. На границе плиоцена и плейстоцена в регрессивную стадию развития каспийского бассейна в долине Волги происходила активизация эрозионного вреза и оползневых процессов.

В раннебакинское время (в период трансгрессии, не заходившей в пределы изучаемого района) сформировалась надпойменная терраса Волги, перекрывшая ступенями оползней плиоценового времени. Регрессивная стадия развития Каспия в позднебакинское время сопровождалась понижением базиса эрозии и развитием оползневых процессов.

В среднечетвертичное время происходили хазарские трансгрессии и регрессии Каспия. Времени отступления моря соответствует глубокий врез Волги и оползнеобразование.

В начале хвалынского времени в условиях трансгрессирующего моря происходила аккумуляция осадков, приведшая к созданию хвалынской террасы, которая играла роль естественного контрфорса и способствовала приостановке оползневой деятельности. Отступление хвалынского моря в конце среднехвалынского — начале позднехвалынского времени привело к уничтожению хвалынской террасы, фрагменты которой сохранились в устьевых частях рек Верхняя Малыковка и Нижняя Малыковка, и к активизации оползневой деятельности.

В дальнейшем в связи с подпором Волги водами позднехвалынской трансгрессии произошло накопление аллювия первой надпойменной террасы, служившей контрфорсом для оползней. Произошедшее в последующем стеснение русла Волги привело к усиленному размыву правого берега, вдоль которого и в настоящее время проходит стрежень. Первая надпойменная терраса была почти полностью уничтожена, что повлекло за собой новое оживление оползневой деятельности.

Современные оползневые процессы представляют собой вторичные подвижки, происходящие на фоне стабилизировавшихся древних оползней в условиях высокой энергии рельефа (на расстоянии 500–600 м перепад абсолютных высот достигает 70–80 м). Масштабы современных оползней значительно меньше как по глубине, так и по площади захвата вовлеченных в смещение пород. Оползней волжского склона всячие — поверхность скольжения располагается ниже уровня воды в Волгоградском водохранилище. Пологие, почти горизонтальные, поверхности скольжения проходят в нижнемеловых глинах.

Таким образом, в пределах изучаемой территории выделяются крупные этапы оползнеобразования: плиоценовый, нижнебакинский, верхнебакинский, хвалынский и современный.

Геологические факторы

В геологическом строении изучаемого оползневого склона принимают участие отложения меловой, неогеновой и четвертичной систем. Более древние породы залегают на достаточно больших глубинах и не оказывают существенного влияния на развитие оползневых процессов. По составу, состоянию и физико-механическим свойствам в геологическом разрезе оползневого участка выделено 16 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

Меловая система представлена морскими, главным образом терригенными, отложениями альбского яруса.



Альбский ярус в изучаемом районе согласно залегает на породах аптского возраста [10] и представлен глинами и песками следующих инженерно-геологических элементов: ИГЭ-16 — водонасыщенный белый пылеватый песок вскрытой мощностью 1,5–8,0 м; ИГЭ-15 — черная и зеленовато-серая плотная глина твердой и полутвердой консистенции вскрытой мощностью 3,2–24,1 м с тонкими прослойками алевролита и песчаника.

Неогеновая система: оползневые образования плиоценового возраста (dpN_2) сложены мелом и мергелем верхнего отдела меловой системы и глинами альбского яруса (ИГЭ-14 — глина, мел и мергель). Опоки, приуроченные к верхним частям оползневых тел, сильно разрушены и изменены до зеленовато-серых глин с обломками опок более крепких разностей. Мел, реже мергель, на отдельных участках разрушен до дресвы и щебня, заполнен меловым мучнистым материалом. Нарушенные глины альбского яруса характеризуются перемятой слоистостью, зеркалами скольжения. Общая мощность оползневых блоков изменяется от 1,5 до 36,0 м.

Четвертичная система: на рассматриваемой территории выделяется несколько генетических типов четвертичных отложений.

Среднечетвертичные аллювиальные хазарские отложения ($aQ_{II}hz$) залегают на оползневых образованиях неогенового возраста. Сложены глинами, суглинками и песками: ИГЭ-13 — маловлажный серовато-зеленый мелкий песок мощностью 0,7–1,0 м; ИГЭ-12 — желтовато-коричневый полутвердый суглинок мощностью 2,3–13,0 м с присыпками песка, включениями гальки и гравия до 25%; ИГЭ-11 — коричневая и серовато-зеленая глина от твердой до тугопластичной консистенции мощностью 4,0–8,0 м с прожилками карбонатов, включениями гравия и гальки, присыпками песка.

Верхнечетвертичные аллювиальные хвалынские отложения ($aQ_{III}hv$) на участке имеют незначительное распространение, литологически представлены преимущественно глинами и суглинками (пески имеют подчиненное значение): ИГЭ-10 — водонасыщенный коричневый ожелезненный пылеватый песок мощностью 2,5–3,0 м с прослоями суглинка, включениями гравия, гальки, песчаника и мергеля; ИГЭ-9 — серая и коричневая пластичная и текучая супесь мощностью до 3,5 м с гнездами глины, включениями щебня, мергеля и мела; ИГЭ-8 — желтовато-коричневый суглинок туго- и мягкопластичной консистенции мощностью 2,3–3,0 м с гнездами карбонатов; ИГЭ-7 — трещиноватая коричневая, желтовато-коричневая и серая ожелезненная глина от твердой до тугопластичной консистенции мощностью 0,4–10,7 м с включениями щебня и дресвы.

Нерасчлененные делювиальные отложения (dQ_{III-IV}) имеют незначительное распространение и перекрывают отложения более древнего возраста: ИГЭ-6 — глина и суглинок серого цвета твердой и полутвердой консистенции мощностью 1,0–4,0 м, гумусированные в кровле слоя до глубины 0,3–0,4 м.

Современные оползневые накопления (dpQ_{IV}) имеют широкое развитие: ИГЭ-5 — перемятая темно-коричневая и черная глина от полутвердой до мягкопластич-

ной консистенции с большим количеством дресвы, щебня мела и мергеля (мощность оползневых блоков составляет 2,4–20,0 м).

Современные аллювиальные отложения (aQ_{IV}) вскрыты скважинами на акватории Волгоградского водохранилища и представлены глинами, суглинками, песками, гравийным грунтом: ИГЭ-4 — водонасыщенный серовато-коричневый гравелистый песок мощностью 0,5–3,0 м с включениями гальки и гравия до 25%, прослоями мягкопластичной глины; гравийный грунт представлен гравием мела, мергеля с песчаным водонасыщенным заполнителем, имеет мощность 0,5–1,3 м; ИГЭ-3 — глина и суглинок серого и серовато-коричневого цвета от полутвердой до мягкопластичной консистенции мощностью 0,3–6,0 м с гнездами и прослоями песка, дресвой мела и мергеля.

Техногенные грунты (tQ_{IV}), сложенные песчаными и глинистыми разностями, занимают значительные площади, слагая насыпи железной и автомобильных дорог или покрывая сплошным покровом отдельные участки: ИГЭ-2 — гравелистый песок мощностью до 1,6 м с включениями гальки и гравия мергеля; ИГЭ-1 — глина, суглинок, супесь темно-серого цвета от твердой до мягкопластичной консистенции мощностью 1,0–3,8 м с включениями щебня песчаника, мергеля, прослоями песка, строительного мусора.

На рисунке 3 приведен инженерно-геологический разрез по линии I–I по оси смещения в створе ул. Водопьянова (в наиболее широкой части оползня).

Нормативные и расчетные значения показателей свойств грунтов по выделенным инженерно-геологическим элементам разреза I–I приведены в табл. 1.

Гидролого-гидрогеологические факторы

Волгоградское водохранилище имеет ширину 1,0–1,7 км при глубине до 23 м. Нормальный подпорный уровень располагается на абсолютной отметке 19,4 м. В настоящее время средняя скорость течения воды в водохранилище не превышает 0,5 м/с. Максимум годового стока приходится на весенний паводок.

Около оползневых участков на территории г. Вольска после сооружения водохранилищ изменения уровней вод достигают 0,8–1,0 м/сут. Новый гидрологический режим привел к изменению русловых процессов. В нижнем бьефе Саратовской ГЭС в районе Вольска образуются многочисленные воронки размыва. Непосредственно напротив центральной части города только за период 1968–1970 гг. установлен площадной размыв волжского дна на глубину 2,6–2,8 м, прослеживающийся почти от уреза и до конца промерного створа [1].

Правый берег в районе Вольска интенсивно перерабатывается. Размыв берега сильным прижимным течением увеличился с 1967 г. после возведения Саратовской ГЭС у г. Балаково. В районе Вольска установился режим, характерный для нижних бьефов ГЭС Волжского каскада. Суточные колебания уровня и скорости течения зависят от величины сброса воды через плотину. Перепад уровней между паводком и межениным периодом в среднем составляет 5,0–5,5 м, что служит дополнительным фактором, усиливающим переработку берегов. Повсюду на неукрепленных берегах имеется абразионный уступ высотой до 5–6 м.

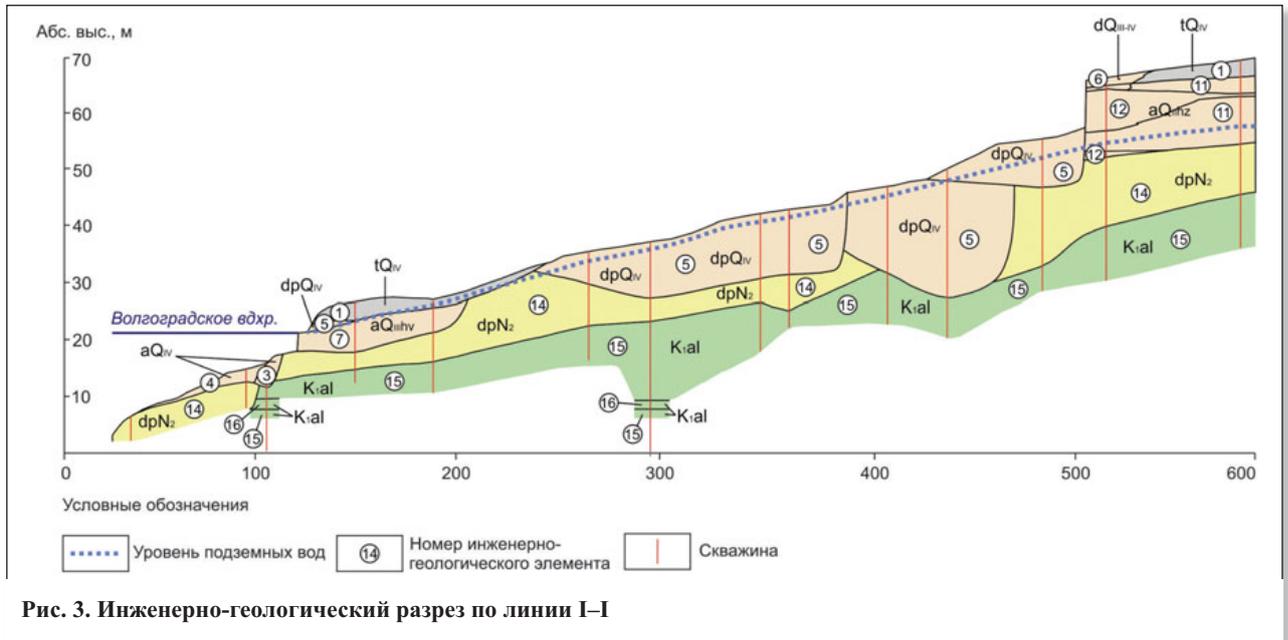


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез по линии I–I

Напротив изучаемого оползневого участка расположено устье левобережного притока Волги — реки Большой Иргиз. На месте столкновения вод Волги и Большого Иргиза замедляется течение и происходит осаждение наносов обеих рек. Русло Волги на этом участке сужено, а стрежень приближен к правому волжскому берегу, вызывая его усиленный размыв.

Добыча русловых песков на ближней подводной отмели, проводившаяся в течение ряда лет до 2000 года, влияет на устойчивость оползневого склона, т.к. способствует размыву языковой части оползневых накоплений.

Одним из важных факторов оползневой опасности служат гидрогеологические условия. На изучаемом участке выделено два водоносных комплекса и горизонта.

Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений сформирован в оползневых накоплениях. Водовмещающие породы — суглинки и различные по крупности кварцевые глинистые пески с прослоями глин. Комплекс безнапорный, уровень подземных вод залегает на глубине от 1,0 до 3,3–4,0 м. Относительным водоупором служат глины альбского яруса. Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, утечек бытовых и технических вод.

Водоносный горизонт альбских отложений. Водовмещающие породы — мелкозернистые глинистые пески и песчаники. Воды напорные, с пьезометрическим уровнем воды на глубине 19,4–25,4 м. Величина напора увеличивается по мере погружения водоносного горизонта. Верхним водоупором служат однообразные плотные глины, нижним — аргиллитоподобные глины аптского яруса. Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков в местах его выхода на дневную поверхность.

Существенный вклад в активизацию оползневых процессов вносят утечки из водонесущих коммуникаций. Водоснабжение частично организовано за счет водопроводных колонок общего пользования, что неизбежно влечет за собой дополнительное увлажнение

склона. Кроме того, к бровке срыва оползня примыкает ряд домов с выгребными ямами.

Динамика оползневых процессов

Активизация оползневых процессов, вызывавших сильные разрушения на склоне, наблюдалась в 1903, 1912 и 1940 гг. Позже, до 1990-х годов, происходили медленные, преимущественно горизонтальные, подвижки оползневых накоплений.

Инструментальные топогеодезические наблюдения в 1977–1992 гг. на участке оползня «Городской», ограниченном улицами Народная, Октябрьская и Водопьянова, показали, что за 15 лет вертикальные осадки составили от 2–5 до 215 см. Отмечалось выпирание грунтов на второй оползневой террасе на величину до 17–20 см. Горизонтальные смещения по склону в сторону водохранилища наблюдались по всему участку с максимальными значениями на двух нижних оползневых ступенях (253–495 см). В пределах участка происходил процесс перераспределения оползневых образований, что вызывало локальные мини-оползни, осадки и горизонтальные смещения.

Активизировался оползневый процесс весной 1991 г., когда на пересечении улиц Водопьянова и Октябрьская заложилась трещина отрыва с обособлением блока на удалении до 15 м от предыдущей бровки срыва. Высота осадки была не более 1 м, но уже к 1996 г. образовалась стенка срыва, достигавшая в отдельных местах 3 м, а к осени 2000 г. — 5 м. По улицам, частично располагавшимся в пределах оползневого цирка, было деформировано около двадцати домов [3].

Оползень, характеризовавшийся ранее стадией крайне неустойчивого равновесия, весной 2002 г. активизировался. Общая площадь оползневого цирка — около 350 тыс. м². Наклон поверхности смещенного оползневого тела к водохранилищу составляет 8–10°. Базисом оползня является подводный склон берега Волги на абсолютных отметках минус 1 – плюс 6 м. К северо-востоку оползень продвинулся до улицы Комсомольская, к юго-западу — до улицы Коопера-



тивная, его головная часть — до улиц Октябрьская и Пугачева.

Рельеф оползневой поверхности неоднороден. Западный и центральный участки склона имеют ступенчатую форму. Достаточно четко прослеживаются три ступени рельефа непостоянной ширины (до 40–70 м), разделенные уступами высотой в среднем 3–5 м и крутизной до 20–45°. К востоку уступы снижаются и выглаживаются, рельеф оползневого склона приобретает пологоволнистый характер.

Наиболее активно современная оползневая деятельность, приводящая к разрушениям жилых построек, развивается на территории, прилегающей к бровке срыва оползня. В его головной части происходит блоковое обрушение пород надоползневого уступа. Протяженность блоков вдоль бровки срыва составляет 10–30 м, длина по оси смещения достигает 10 м, величина осадки колеблется в пределах 1–5 м. Объем затронутых блоковыми смещениями пород составляет 500–2000 м³. Прибровочная поверхность коренного массива склона на расстоянии до 5–10 м от бровки срыва разбита веерообразными трещинами, что указывает на подготовку новых блоковых обрушений. Стенка срыва в головной части оползня — почти отвесная и имеет

высоту до 10–12 м (рис. 4). В ноябре 2003 г. ее высота не превышала 7–9 м, что указывает на продолжающееся оседание сползших пород.

У основания стенки срыва формируется малообъемная осыпь, в наиболее пониженных участках развивается заболачивание. На северо-восточном и юго-западном флангах оползня бровка срыва четкая, высота стенки срыва не превышает 3–4 м.

Отмечается продвижение бровки срыва вглубь склона на 10–20 м в головной части оползня. На флангах оползня бровка срыва остается практически в тех же границах, но вдоль нее отмечается дальнейшее оседание пород, что ведет к увеличению высоты стенки срыва.

На расстоянии 20–40 м от бровки срыва на коренном массиве склона отмечаются деформации жилых строений, трещины с шириной раскрытия до 5–20 мм по фундаментам и кирпичной кладке домов, часто на всю высоту строений, трещины в асфальтовом покрытии, осадки грунтов, что указывает на возможность значительного продвижения вглубь коренного склона бровки срыва оползня в ближайшие годы.

На поверхности второй, третьей и четвертой оползневых террас расположено более двухсот домов пре-

Таблица 1

Нормативные и расчетные характеристики* грунтов по профилю I–I (по материалам ЗАО ПИИ «Гипроводстрой»)										
Параметр	Возраст и генезис грунта									
	tQ _{IV}	aQ _{IV}		dpQ _{IV}	dQ _{III-IV}	aQ _{II,hz}		dpN ₂	K _{1al}	
	ИГЭ, грунт									
	ИГЭ-1: глинистый грунт со щебнем	ИГЭ-3: глина, суглинок	ИГЭ-4: гравелистый песок, гравийный грунт	ИГЭ-5: оползневые грунты	ИГЭ-6: глина, суглинок	ИГЭ-1: глина	ИГЭ-12: суглинок	ИГЭ-14: оползневые грунты	ИГЭ-15: глина	ИГЭ-16: пылеватый песок
W, д.ед.	0,21	0,39	-	0,28	0,24	0,25	0,24	0,30	0,25	-
ρ, г/см ³	1,71	1,81	2,00	1,96	1,80	1,80	1,84	1,82	1,94	2,04
ρ _d , г/см ³	1,41	1,30	-	1,53	1,45	1,44	1,48	1,40	1,55	-
ρ _s , г/см ³	2,74	2,74	-	2,74	2,73	2,74	2,72	2,74	2,74	-
e, д.ед.	0,943	1,110	-	0,791	0,883	0,903	0,839	0,957	0,768	-
S _r , д.ед.	0,61	0,96	-	0,97	0,74	0,76	0,78	0,86	0,89	-
W _L , д.ед.	0,43	0,54	-	0,43	0,37	0,46	0,36	0,60	0,56	-
W _p , д.ед.	0,24	0,35	-	0,24	0,20	0,27	0,21	0,34	0,33	-
I _p , д.ед.	0,19	0,19	-	0,19	0,17	0,19	0,15	0,26	0,23	-
I _L , д.ед.	<0	0,21	-	0,22	0,23	<0	0,20	<0	<0	-
φ _n , град.	14	12	36	7	7	3	8	12	26	25
C _n , МПа	0,023	0,034	0,000	0,021	0,060	0,109	0,054	0,082	0,076	0,000
ρ _p , г/см ³	1,74	1,84	2,03	2,00	1,83	1,83	1,87	1,85	1,98	2,06
φ _p , град.	12	10	31	4	6	3	7	10	20	22
C _p , МПа	0,015	0,023	0,000	0,010	0,040	0,075	0,051	0,064	0,036	0,000
K _φ , м/сут	-	0,08	30,00	0,16	0,07	0,01	0,06	-	-	-

* W — влажность; ρ — плотность; ρ_d — плотность сухого грунта; ρ_s — плотность частиц грунта; e — пористость; S_r — степень влажности; W_L — влажность на границе текучести; W_p — влажность на границе раскатывания; I_p — число пластичности; I_L — показатель текучести; φ_n, C_n — нормативные угол внутреннего трения и удельное сцепление соответственно; ρ_p, φ_p, C_p — расчетные плотность, угол внутреннего трения и удельное сцепление соответственно (для определения устойчивости склона); K_φ — коэффициент фильтрации.

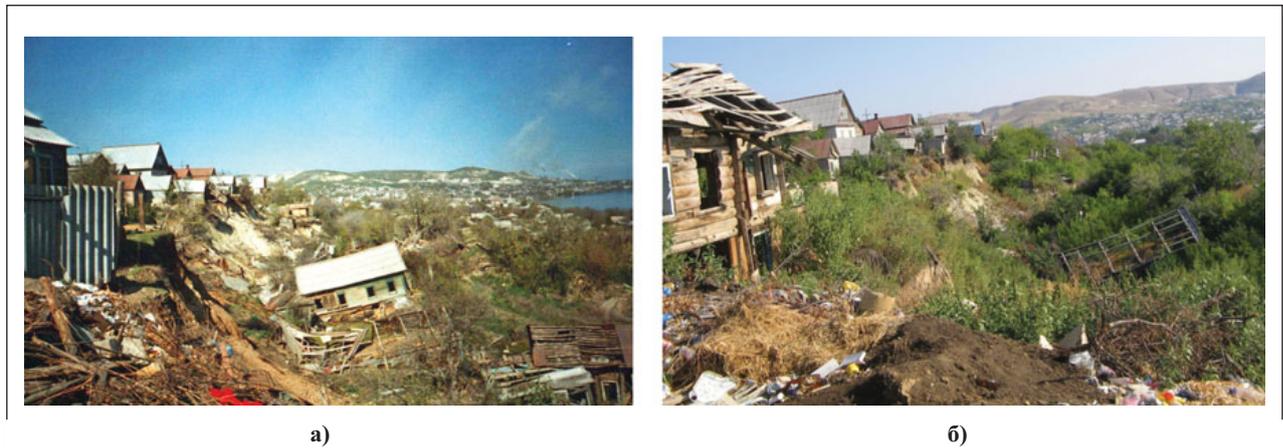


Рис. 4. Стенка срыва в головной части оползня «Городской» в 2002 г. (а) и 2007 г. (б)

имущественно частного сектора, а также бытовые постройки и гаражи. На теле оползня практически нет ни одного строения, которое не несло бы на себе следов современной оползневой деятельности.

Железнодорожное полотно в течение ряда лет до его демонтажа постепенно деформировалось. На отдельных участках оно как минимум дважды переносилось вглубь террасы — в сторону тылового шва. В пределах всей нижней оползневой террасы отмечается смещение оползневых накоплений в сторону водохранилища.

На оползневых террасах отмечается явное преобладание горизонтальных смещений пород над вертикальными. Опоры линий воздушного газопровода часто имеют отклонение от вертикали до $10\text{--}15^\circ$, отмечаются провисы труб, местами видны следы наращивания труб газопровода из-за их порывов. Отмечаются перекосы опор линий электропередачи, участились случаи порывов водоводов, проложенных по телу оползня. Вертикальные осадки характерны для районов тыловых швов террас вдоль стенки срыва.

На второй и третьей оползневых террасах прослеживаются многочисленные трещины. Вдоль тыловых швов террас отмечаются многочисленные заболоченные участки, выходы на поверхность грунтовых вод с дебитами порядка $0,1\text{--}0,2$ л/с. Слагающие оползневые террасы породы сильно переувлажнены, уровень грунтовых вод находится на глубине $0,1\text{--}0,3$ м, иногда на глубине до $0,5$ м. Местными жителями грунтовые воды по самодельным канавам отводятся вниз по склону. Сильная степень переувлажнения оползневых накоплений является одной из причин продолжающейся активной оползневой деятельности.

Отмечается повсеместное складирование бытовых отходов на бровку срыва и на коренной прибровочный склон, что может провоцировать дальнейшие более объемные оползневые смещения. Зафиксирована объемная отсыпка привозным грунтом стенки срыва и района тылового шва верхней террасы в районе домов № 142–144, 137, 158 на улице Октябрьская, особенно на ее пересечении с улицей Водопьянова. Дом № 35 на улице Водопьянова отстоял от стенки срыва оползня всего на $1,5$ м, а в настоящее время удален от нее на 20 м. Пригрузка тылового шва верхней террасы является крайне нежелательной. В отсыпанном грунте прослеживаются трещины отрыва, четко дуб-

лирующие бровку срыва оползня. Одна из них имеет протяженность более 40 м, ширину раскрытия до $0,1$ м, глубину не менее 1 м, отсадку $0,1\text{--}0,9$ м. Трещина отрыва уходит под жилой дом № 158 на улице Октябрьская. Половина этого дома уже находится за возможной новой стенкой срыва оползня.

К настоящему времени развитие оползня «Городской» остается на стадии неустойчивого равновесия с подготовкой новых смещений в районах надоползневого уступа и нижней абразионно-оползневой террасы.

Сохраняется напряженная ситуация в районе дома № 6 на улице Народная, где с 2008 г. отмечается трещина отрыва, ограничивающая довольно крупный блок коренных пород и уходящая от стенки срыва на территорию прилегающих домовладений на расстояние до 20 м. Величина отсадки по трещине составляет $0,1\text{--}0,5$ м. При благоприятных условиях сохраняется вероятность обрушения блока объемом более 10 тыс. м^3 , что может активизировать оползневый процесс на нижележащих террасах. Возможно образование новых трещин отрыва на склоне вдоль улицы Октябрьская от пересечения ее с улицами Народная и Здравоохранения. Нечетные дома на улице Октябрьская полностью не отселены и удалены от бровки оползня всего на $10\text{--}20$ м.

Активные действующие трещины сохраняются на нижней абразионно-оползневой террасе вдоль бывшего железнодорожного полотна. Преобладают фронтальные, часто приближенные друг к другу, широко раскрытые трещины протяженностью в десятки метров, по которым вертикальные отсадки пород часто превышают 1 м.

Анализ факторов и особенностей динамики оползневых процессов позволяет рассмотреть два сценария развития ситуации.

1. При продолжении воздействия комплекса антропогенных факторов активизация оползневых процессов неизбежна, что подтверждается наличием трещин отрыва на коренном склоне. Одним из ведущих факторов оползневой опасности является пригрузка привозным грунтом бровки склона и стенки срыва. При реализации данного сценария антропогенный фактор вызывает активизацию геологического процесса, а оползнеобразование, в свою очередь, приводит к разрушению инженерных объектов.



Рис. 5. Разрушение дома на северо-западном фланге оползня «Городской» (2007 г.)

2. Ликвидация антропогенных факторов существенно уменьшит оползневый потенциал. Частичная реализация этого сценария органами управления Вольска наблюдается в настоящее время: выведена из использования железнодорожная ветка, отселены многие жители. Результат очевиден: в последние годы активность оползневых процессов снижена по сравнению с первым десятилетием XXI века. При реализации данного сценария небольшие оползневые смещения будут происходить до момента выработки склоном профиля устойчивого равновесия. Ключевой вопрос — недопущение повторного возникновения антропогенной нагрузки.

Ущерб и функциональное использование земель

На участке «Городской» в г. Вольске наиболее активные смещения происходили в период с 2002 по 2005 г., что привело к многочисленным разрушениям в жилом частном секторе (рис. 5, 6). Отселена 321 семья, проживавшая в 237 домах, перестала эксплуатироваться железнодорожная ветка к Мелькомбинату г. Вольска. Ущерб превысил 300 млн руб.

Сейчас сохраняется вероятность обрушений новых блоков коренных пород и разрушения строений на улицах Октябрьская, Дзержинского, Народная. Необходимо строительство противооползневых сооружений, проект которых уже разработан [6]. Без противооползневых мероприятий новая активизация оползней неизбежна, что неоднократно происходило в прошлом.

В целях оценки функционального использования оползневых земель на рассматриваемом участке про-

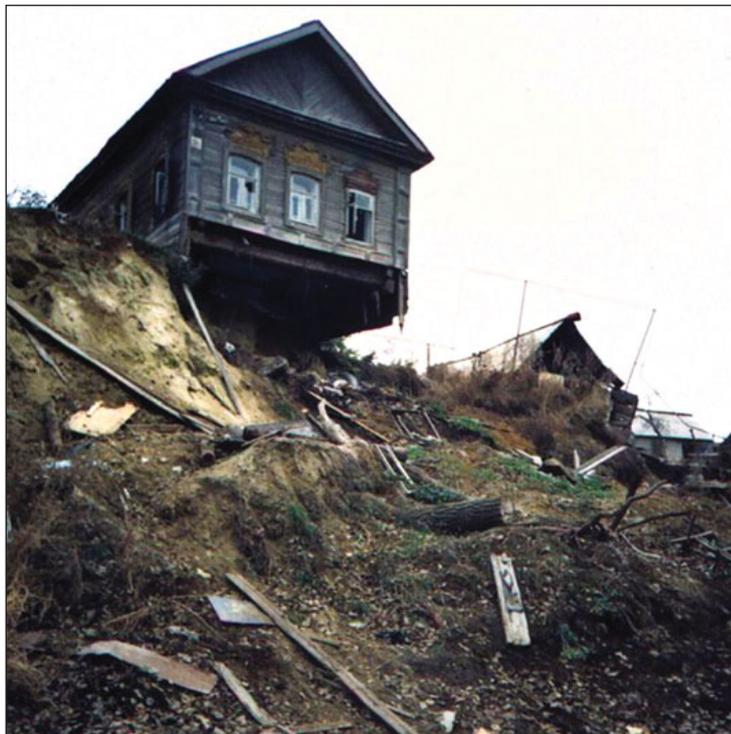


Рис. 6. Разрушение дома в головной части оползня «Городской» (2003 г.)

ведено дешифрирование космического снимка, дополненного данными анализа топографических карт и маршрутного обследования (табл. 2).

Анализ результатов мероприятий, выполненных после активизации оползневых процессов на участке «Городской», позволяет отметить следующее.

1. В течение последнего десятилетия проведен комплекс мероприятий по отселению жителей из оползнеопасного района. Данные мероприятия уменьшают нагрузку на склон и снижают вероятность дальнейших смещений.

2. Выведена из функционирования железнодорожная ветка к Мелькомбинату, что способствует снижению оползневой опасности, поскольку прекратилось динамическое воздействие на геологическую среду.

3. Селитебная зона в районе оползня представлена малоэтажными домами частного сектора, многие из которых аварийные. Ветхость водонесущих коммуникаций вызывает увеличение частоты их порывов и подтопление, что влияет на оползневый потенциал.

4. Несанкционированное складирование бытовых отходов на бровку склона и прибровочный коренной склон вызывает его повышенное увлажнение, создает дополнительную нагрузку на оползневый массив, что

Таблица 2

Типы функционального использования земель оползня «Городской»		
Категория земель	Площадь, км ²	Примечание
Частный жилой сектор	0,14	Часть домов подлежит расселению или вновь заселена
Отвод железной дороги	0,05	Железная дорога перестала функционировать в 2008 г.
Неиспользуемые земли, в т.ч. отселенный жилой фонд	0,12	Земли представлены пустырями, стенками срыва оползня
Береговая полоса р. Волги	0,04	Используется в рекреационных целях и как стоянка маломерных судов
Всего	0,35	-

определяет скорость и частоту современных небольших оползневых смещений.

Выводы и рекомендации

Основные причины активизации оползневых процессов на участке «Городской»:

- близкое залегание грунтовых и подземных вод и, как следствие, сильное переувлажнение оползневых накоплений;
- постоянный размыв песчано-глинистых пород языковой части оползня, исключающий возможность создания естественного контрфорса;
- значительные колебания вод в Волгоградском водохранилище в весенне-летний период, оказывающие влияние на динамику уровня грунтовых вод, что способствует образованию подвижек, особенно в прибрежной части склона;
- переработка абразионного уступа нижней оползневой террасы в период паводка, отрицательно влияющая на устойчивость всего оползневого массива;
- отсутствие организованного стока поверхностных вод (при большой площади водосбора), особенно в приобводочной части оползня, ведущее к дальнейшему переувлажнению оползневых накоплений;
- увеличивающиеся нагрузки на коренном склоне в приобводочной части оползня.

Дефицит свободных площадей на внутригородских территориях обуславливает необходимость освоения неудобий. Неудобьями называются «городские участки, в пределах которых развиваются и активизируются опасные геологические процессы (оползни, карст, суффозия, просадочные явления, подтопление и пр.), что неизбежно нарушает экологическое равновесие территории и, как следствие, обуславливает возникновение аварийных ситуаций как на объектах «старой» застройки, так и на новых сооружениях» [9, с. 2]. Обширная площадь оползня «Городской» – типичное неудобье, для которого требуется разработка плана рекультивации и использования земель.

В.Г. Алексеев еще в начале 1970-х годов, предполагая активизацию старых оползней и заложение новых,

рассматривал два основных варианта противооползневых мероприятий [1]. Согласно первому предполагалось провести водосбросный обходной канал вдоль левого берега реки, минуя вольское побережье. По второму варианту предлагалось использовать постоянный твердый сток Волги. Для его реализации около каждого оползневого объекта необходимо сооружение системы направляющих дамб.

В сложившихся геолого-геоморфологических условиях при имеющейся на сегодня антропогенной нагрузке можно предложить следующие основные рекомендации по природопользованию.

1. Необходимы не только мониторинговые наблюдения за действующим оползневой объектом, но и наблюдения в зонах потенциальной оползневой опасности с последующим систематическим анализом данных. Многие частные дома в жилых кварталах вдоль оползня «Городской» имеют повреждения несущих конструкций. Геодезический мониторинг позволит более детально выполнять инженерно-геологическое прогнозирование.

2. При градопланировании на территориях, расположенных в пределах оползня «Городской», следует создать участок с пониженной антропогенной нагрузкой. Один из наиболее рациональных способов использования этих земель — создание на них парковой зоны. Их расположение в центральной части города на побережье водохранилища создает для этого подходящие условия. Для реализации данного проекта потребуются ликвидация разрушенных зданий и сооружений и инженерная подготовка оползневого склона. В качестве примера можно рассматривать противооползневые мероприятия, выполненные в пределах центрального и северного подучастков Затонского оползня Соколовой горы в г. Саратове, включающие срезку и планировку надоползневого уступа, террасирование склона, организацию соответствующего поверхностного и дренажного водоотведения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания в сфере научной деятельности по заданию № 1757.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.Г. О мерах борьбы с оползнями в г. Вольске Саратовской области // Труды ВСЕГИНГЕО. Вып. 61: Вопросы изучения режима подземных вод и инженерно-геологических процессов. М., 1973. С. 98–104.
2. Востряков А.В. Тектонические и климатические условия формирования рельефа Юго-Востока Русской равнины // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Ч. 2: Кайнозой. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1973. С. 78–101.
3. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Приволжского федерального округа Российской Федерации (Саратовская область) за 2010 год. Саратов: Изд-во СГГЭ, 2011. 163 с.
4. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 263 с.
5. Милановский Е.В. Оползни Среднего и Нижнего Поволжья и меры борьбы с ними. М.–Л.: НТЦ, 1935. 260 с.
6. О состоянии и охране окружающей среды Саратовской области в 2010 году. Саратов, 2011. 270 с.
7. Обедиентова Г.В. Эрозионные циклы и формирование долины Волги. М.: Наука, 1977. 240 с.
8. Павлов А.П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья // Материалы к познанию геологии Российской империи. Вып. 2. М.: Университетская типография, 1903. 67 с.
9. Постоев Г.П., Лапочкин Б.К. Оползневые процессы — актуальная экологическая проблема при освоении неудобий на территориях мегаполисов // Экология промышленного производства. 2007. № 2. С. 2–6.
10. Рогозин И.С. Вольские оползни // Труды Лаборатории гидрогеологических проблем. Т. 18. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 100 с.
11. Рогозин И.С., Дунаева Г.В. Оползни Саратовского Поволжья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 162 с.
12. Челинцев В.В. Оползни и их распространение в Поволжье // Естественное и географическое. 1902. № 3. С. 45–51.