

ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СТРОЯЩЕГОСЯ ГОРОДА ИННОПОЛИС (ТАТАРСТАН) ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

ЛАТЫПОВ А.И.

Доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, к.т.н., г. Казань

airatlat@mail.ru

ЖАРКОВА Н.И.

Доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, к.г.-м.н., г. Казань

kazannad@rambler.ru

Аннотация

В работе приведены результаты изучения склоновых процессов на территории строящегося города Иннополиса (Татарстан), основанные на значительном объеме полевых и лабораторных исследований. Выделен ряд оползнеопасных участков, устойчивость которых непосредственно влияет на безопасность проектируемых зданий и сооружений. Для каждого из таких участков предлагается организация системы мониторинга оползневых процессов

Ключевые слова

Оползень; мониторинг; устойчивость склона, Казань, Fine software, GIS-модель геологической среды, ArcView, EasyTrace, Иннополис, геодинамический мониторинг

Введение

Оползневые процессы - один из важнейших факторов, определяющих возможность строительства на территориях с расчлененным рельефом. Отсутствие или некачественная оценка оползневой опасности часто приводят к серьезным деформациям зданий и сооружений, расположенных на склоновых территориях, вплоть до их разрушения.

В настоящее время на западе Республики Татарстан на совершенно свободной от застройки территории начато строительство города Иннополиса площадью 14,2 км² при проектной численности населения 155 тыс. человек. Предполагается создание города с развитой инфраструктурой, включающей высотную застройку и сложные с конструктивной точки зрения здания и сооружения. Также планируются активное освоение подземного пространства, строительство современных дорог, мостов, транспортных развязок.

Казанский (Приволжский) федеральный университет на основании договора с Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан проводит в настоящее время комплексную оценку оползневой опасности на территории г. Иннополиса с целью организации системы геодинамического мониторинга.

Геолого-геоморфологические условия

Исследуемая территория расположена в приустьевой части правого коренного берега реки Свияги в пределах древнего эрозионно-денудационного плато с максимальными абсолютными отметками 215 м. Склоны плато в значительной степени расчленены многочисленными оврагами и балками. Свияжские и овражно-балочные склоны нередко имеют высоту 25-35 м и характеризуются крутизной 15-55°, в некоторых случаях достигая 75-85°.

На большей части исследуемой территории верхняя часть геологического разреза до глубины 60-95 м представлена частым чередованием карбонатных и терригенных пород уржумского (*P_{2ur}*) и северодвинского (*P_{3sd}*) ярусов пермской системы. Значительная часть разреза представлена

красноцветными полутвердыми плотными глинами, вблизи поверхности нередко перемятыми и разуплотненными. На пермских пестроцветных отложениях с размывом залегает сложноорганизованный комплекс четвертичных отложений: элювиальные (eQ_E) и делювиальные (dQ_{II-IV}) супесчано-суглинистые грунты и глины от тугопластичных до полутвердых, нередко с дресвой и щебнем преимущественно известняков и мергелей, пролювиальные твердые и пластичные супеси (prQ_{III-IV}), а также коллювиальные дресвяно-щебнистые грунты с глинистым заполнителем (cQ_{IV}). Мощность четвертичных отложений в пределах водоразделов не превышает 2-3 м, увеличиваясь на склонах и в тальвегах балок до 10 м.

Для территории г. Иннополиса благодаря чередованию пород с различными фильтрационными свойствами характерно наличие нескольких горизонтов межпластовых безнапорных вод с минерализацией до 1 г/дм³.

Столь сложные геолого-гидрогеологические условия предопределили развитие комплекса эрозионных и склоновых процессов в изучаемом районе.

Методика исследований

Для оценки оползневой опасности и последующей разработки системы мониторинга авторами на потенциально опасных участках была проведена оползневая съемка масштаба 1:10000, включавшая маршрутное обследование склонов, инструментальные геодезические измерения поверхности, обследование имевшихся деформаций зданий и сооружений, бурение инженерно-геологических скважин с отбором монолитов, проходку шурфов, выполнение зачисток, построение створов. Лабораторные исследования представляли собой испытания на одноосное и трехосное сжатие, прямой и кольцевой сдвиг с целью определения прочностных характеристик грунтов.

Численно устойчивость склонов оценивалась с помощью программного комплекса компании Fine software. Создание GIS-модели геологической среды осуществлялось с использованием программных продуктов ESRI (ArcView, EasyTrace).

Полученные результаты и их обсуждение

В ходе детальной инженерно-геологической съемки было установлено, что на территории будущего г. Иннополиса площадь, пораженная склоновыми процессами, составляет 1,2 км² (8,6%), а с учетом прилегающих участков - 3,9 км² (21,7%).

На исследуемой территории были выявлены оползни скольжения и гидродинамического разрушения, а также вязкопластические оползни, солифлюкционные тела и осыпи. Наиболее распространенными являются вязкопластические оползни, представленные, как правило, оплывинами, сплывами, редко оползнями-потоками. Оплывины и сплывы в большинстве случаев развиваются в элювиально-делювиальных (edQ_{II-IV} , dQ_{III-IV}), реже пролювиальных (prQ_{III-IV}) глинистых грунтах пластичной консистенции, повсеместно покрывающих склоны р. Свияги, а также многочисленных балок и оврагов. Оплывины расположены цепочкой параллельных оползневых тел с прямой поверхностью скольжения, нередко налегающих друг на друга, сосредоточенных преимущественно в нижней и центральной частях склона. Менее характерны оползни-потоки, максимальное количество которых наблюдается в языковой части переувлажненных осыпей, представленных крупнообломочными грунтами с глинистым заполнителем. Глубина заложения таких оползней незначительна - до 1,0-1,5 м. Их ширина и длина в среднем составляют 13-23 м. Амплитуда смещения меняется в широком диапазоне - от 0,2 до 12 м, что нередко обусловлено значительной высотой склонов.

Оползни скольжения развиты локально, в основном концентрируясь на участках с мощностью четвертичных отложений (элювиально-делювиальных суглинков и глин - edQ_{II-IV} , dQ_{III-IV} , делювиально-пролювиальных супесей и суглинков - $dprQ_{III-IV}$) более 5 м. В большинстве случаев это асеквентные оползни с круглоцилиндрической поверхностью скольжения, реже консеквентные. Они имеют блоковое строение, нередко включая 3-5 блоков с характерной запрокинутой тыловой частью. Глубина заложения этих оползней зачастую составляет не более 7 м (в среднем 3-4 м). Амплитуда их смещения изменяется в диапазоне 0,5-7,0 м. Их длина в

среднем изменяется от 7 до 25 м, ширина редко превышает 50-70 м. Типичные оползни скольжения показаны на рис. 1, 2.

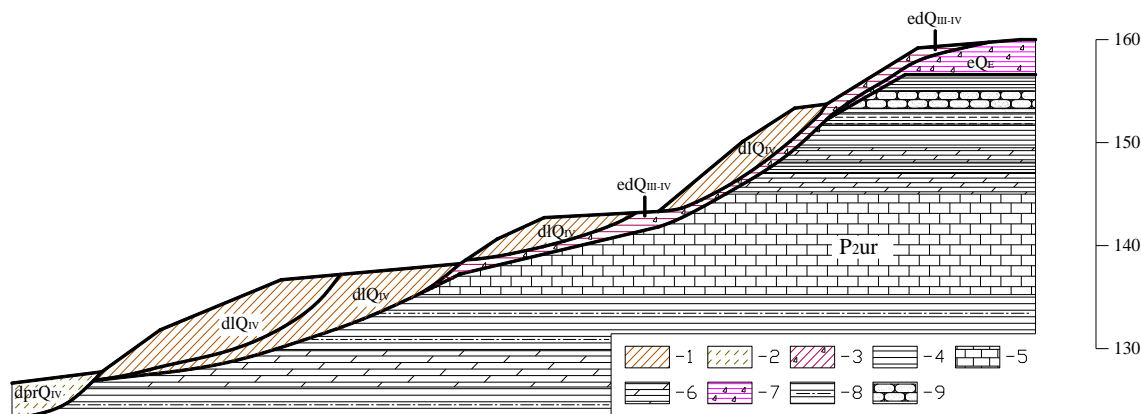


Рис. 1. Типичные консеквентные и асеквентные оползни с прямой и круглоцилиндрической поверхностью скольжения. Створ *Iu*, левый борт одного из оврагов на северо-западе г. Иннополиса. Условные обозначения: 1 - суглинки; 2 - супеси; 3 - суглинки с дресвой и щебнем карбонатных пород до 10%; 4 - глины; 5 - известняки; 6 - мергели; 7 - глины с дресвой и щебнем карбонатных пород до 30%; 8 - переслаивающиеся глины и алевролиты; 9 - песчаники мелкозернистые с карбонатно-глинистым цементом

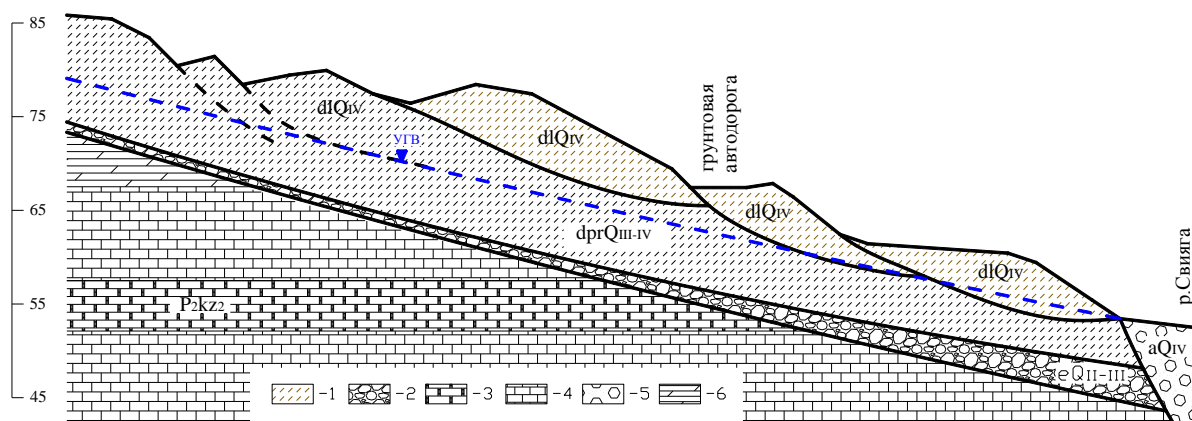


Рис. 2. Асеквентные оползни с круглоцилиндрической поверхностью скольжения в четвертичных суглинках. Створ *бу*, правый коренной берег р. Свияги. Условные обозначения: 1 - супеси; 2 - дресвяно-щебнистый грунт с песчаным заполнителем (карбонатный элювий); 3 - доломиты; 4 - известняки; 5 - песчано-галечниковый грунт; 6 - мергели

Пик оползневых деформаций указанных типов наблюдается в период снеготаяния из-за значительного уменьшения сопротивления сдвигу глинистых грунтов в результате переувлажнения. К дополнительным факторам (на некоторых участках), снижающим устойчивость склонов, следует также отнести их подрезку постоянными и временными водотоками, а также воздействие подземных вод.

Локально, в местах мощной разгрузки подземных вод (пластовых выходов), наблюдается особый тип оползней - оползни гидродинамического разрушения. Их образование обусловлено выщелачиванием и разрушением уржумских известняков (P_{2ur}) до состояния карбонатной муки с дресвой и щебнем и последующим выносом мелкообломочного материала за пределы массива, что впоследствии приводит к смещению грунтовых масс вниз по склону (рис. 3).

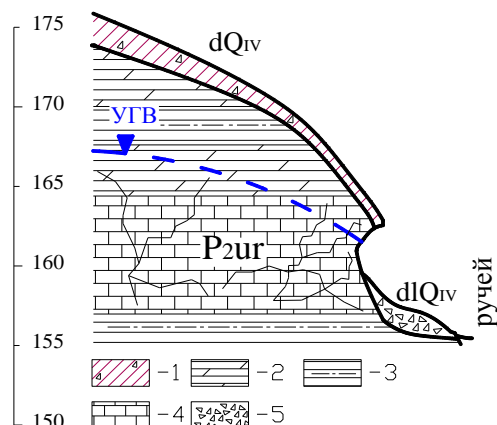


Рис. 3. Оползневые тела, сформированные в результате суффозии. Створ 22и. Условные обозначения: 1 - суглинки с дресвой и щебнем карбонатных пород до 10%; 2 - мергели; 3 - переслаивающиеся глины и алевролиты; 4 - известняки; 5 - дресвяно-щебнистый грунт с песчано-глинистым заполнителем

На склонах крутизной 7-15° наблюдается солифлюкция, обусловленная процессами промерзания и оттаивания глинистых грунтов до глубины 1,1-1,4 м с площадью поражения на отдельных участках до 0,53 км².

По результатам полевых работ была построена GIS-модель геологической среды, включающая сведения по геолого-геоморфологическим и гидрогеологическим условиям, составу, строению и свойствам грунтов, а также схему размещения планируемых сооружений. В частности на рис. 4, 5 показаны обзорная карта и фрагменты детальной карты развития склоновых процессов. Построенная GIS-модель в дальнейшем будет служить основой для создания системы геодинамического мониторинга на территории г. Иннополиса.

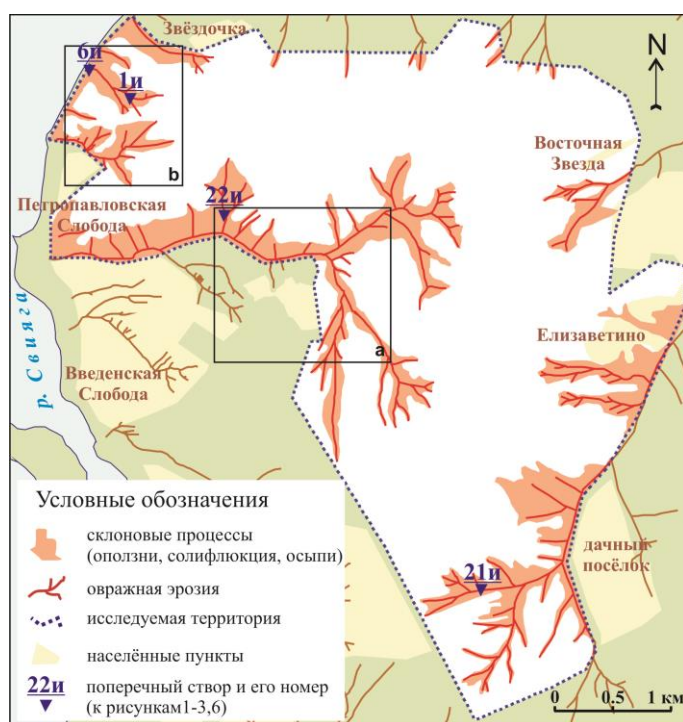


Рис. 4. Карта развития склоновых процессов на территории г. Иннополиса

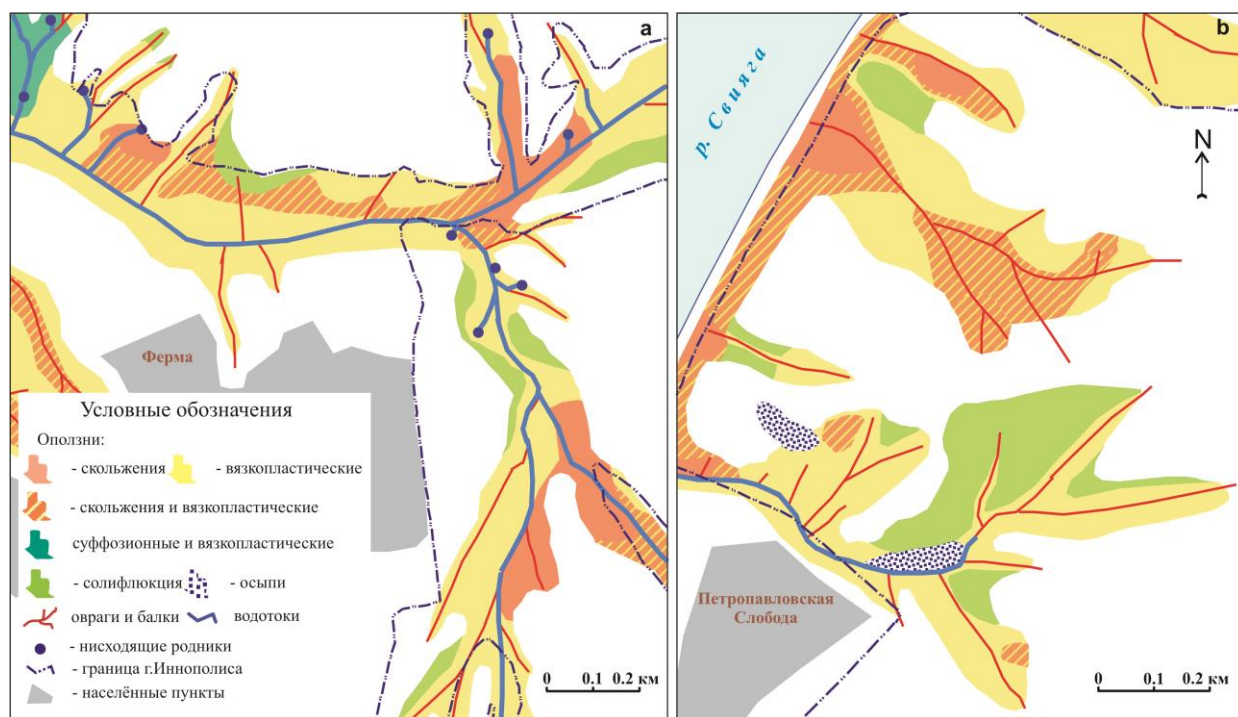


Рис. 5. Склоновые процессы на территории г. Иннополиса. Фрагменты карты типологического районирования *a* и *b* (см. *рис. 4*)

Большая часть проектируемого города расположена на водораздельной территории и в целом благоприятна для строительства. Вместе с тем существует ряд участков, на которых имеется или возможна активизация оползневых процессов вследствие как природных, так и техногенных причин (*рис. 6*). В частности, проект застройки предполагает значительные ландшафтные изменения, сопровождающиеся подрезкой склонов, созданием насыпей, засыпкой оврагов, перенаправлением водных потоков и др. На некоторых склоновых участках появится техногенная нагрузка от возводимых зданий и сооружений.

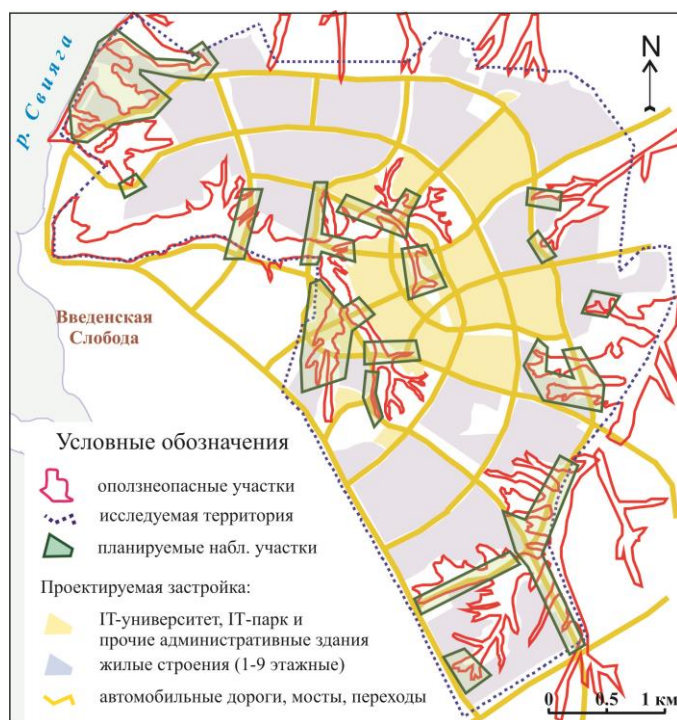


Рис. 6. Схема расположения планируемых наблюдательных участков системы геодинамического мониторинга

В качестве иллюстрации вышесказанного можно привести пример уменьшения устойчивости склона при строительстве автомобильной дороги по тальвегу оврага в юго-восточной части территории города. В результате подрезки склона на высоту до 4 м коэффициент устойчивости уменьшился в полтора раза до критического значения 1,03 (рис. 7).

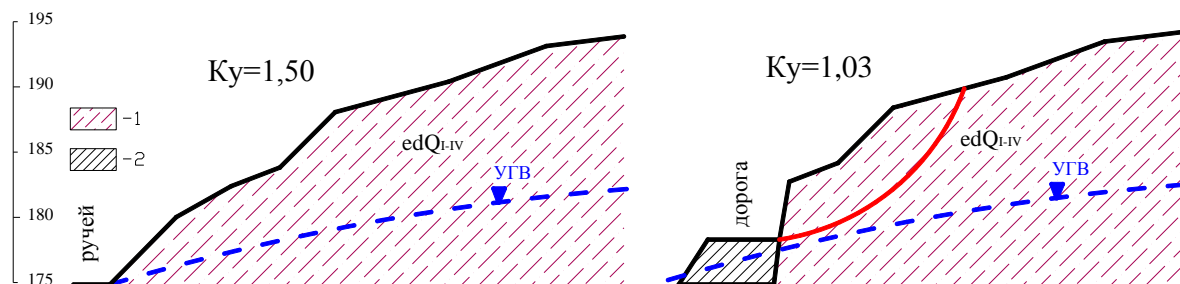


Рис. 7. Уменьшение коэффициента устойчивости (K_y) склона в створе 21и в результате его подрезки. УГВ - уровень грунтовых вод

Заключение

На основании проведенных работ на территории проектируемого города Иннополиса было выделено 16 участков на оползнеопасных склонах, устойчивость которых влияет на безопасность строящихся зданий и сооружений (см. рис. 7). В результате для каждого из таких участков была разработана программа мониторинга оползневых процессов, включающая выбор методов мониторинга (маршрутного обследования, инструментальных наблюдений, дистанционного зондирования), периодичность и состав наблюдений. Анализ, проведенный по каждому элементу наблюдений, позволит оценить изменения режима оползнеобразования во времени, установить наличие мест (их границ и размеров) активизации оползневых процессов, дать прогноз их дальнейшего развития.

Выходные данные: Журнал «Инженерные изыскания», №10-11/2013, С. 56-59