

УДК 624.139.68

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ СО СКЛОНОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Конюшков Владимир Викторович¹,
v.konyushkov@mail.ru

Веселов Анатолий Александрович¹,
gbk@spbgasu.ru

Кондратьева Лидия Никитовна¹,
kondratjevaln@yandex.ru

¹ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 5.

Актуальность. Изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация различных сооружений в регионах с горным и предгорным рельефом являются сложными комплексными задачами. Территории с горным рельефом, как правило, характеризуются склоновыми процессами: обвалами, осыпями, оползнями, эрозией и т. д. Эти процессы могут возникать самостоятельно в природных условиях, а также при воздействии производственно-хозяйственной деятельности человека. Научными исследованиями устойчивости склонов и откосов занимаются специалисты из различных отраслей производства и промышленности: при строительстве и эксплуатации автомобильных и железных дорог, гидротехническом строительстве, разработке карьеров с месторождениями полезных ископаемых, в горнодобывающей промышленности, при освоении и благоустройстве новых территорий и т. д. В случае развития аварийной ситуации от воздействия природных и техногенных факторов необходимо принимать своевременные компенсационные мероприятия по обеспечению устойчивости склонов и откосов. Для этого необходимо проводить качественные и своевременные инженерные изыскания. Безопасное функционирование отраслей производства и промышленности в сложных условиях склонов и откосов необходимо сопровождать комплексным анализом результатов инженерных изысканий и квалифицированным проектированием, строительством и эксплуатацией строящихся и существующих сооружений.

Цель исследования: комплексный анализ результатов инженерных изысканий территории с горным рельефом для оценки активности склоновых процессов на исследуемой территории, безопасного проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.

Объект исследования: территория со сложным рельефом с признаками проявления склоновых процессов.

Методика исследования базируется на многофакторном анализе результатов инженерных изысканий путем выявления основных признаков развития склоновых процессов на исследуемой территории. По результатам анализа выполняется районирование территории с признаками наличия или отсутствия склоновых процессов.

Результаты исследования: районирование территории по признакам проявления склоновых процессов по результатам различных видов инженерных изысканий: геодезических, геологических, гидрометеорологических, экологических и геотехнических.

Ключевые слова:

Инженерные изыскания, склоновые процессы, оползни, обвалы, осыпи, эрозия, природные и техногенные воздействия, геотехнический мониторинг.

Введение

Работы по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации территорий со сложным горным и предгорным рельефом характеризуется повышенной сложностью [1, 2]. Начальным этапом любого проектирования и строительства является проведение инженерных изысканий. Главными требованиями к изысканиям являются: достоверность, достаточность, правильная интерпретация результатов и возможность прогноза изменений с учетом природных условий и техногенных воздействий.

Последствия недоучета развития склоновых процессов могут быть достаточно серьезны: от начальных признаков в виде незначительной эрозии, суффозии и поверхностных оползней до тяжелых необратимых аварийных ситуаций: осыпей, обвалов и глубоких оползней [3, 4]. Одним из эффективных способов решения этой проблемы является районирование территорий по степени опасности

склоновых процессов на основе комплексного анализа результатов инженерных изысканий. Преимуществами данного способа являются натурные исследования территории на конкретных участках с выявлением основных признаков, свидетельствующих о наличии либо отсутствии оползневой опасности [5, 6].

Научная новизна настоящего исследования заключается в многофакторном аналитическом анализе результатов инженерных изысканий, на основе которого выявляется степень опасности развития склонового процесса и дается прогноз оползневой опасности.

Цель исследования заключается в том, чтобы уже на этапе проведения инженерных изысканий иметь полное представление об основных характеристиках территории, на основе которых можно рекомендовать наиболее оптимальные мероприятия по безопасному проектированию, строительству и эксплуатации сооружений в этих условиях.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить влияние формы и углов наклона рельефа территории на оползневую опасность;
- оценить влияние напластований грунтов, их физико-механических свойств и гидрогеологических условий на развитие склонового процесса;
- проанализировать влияние гидрометеорологических условий территории на активизацию склоновых процессов;
- исследовать влияние геоботанических условий территории на устойчивость склонов и откосов;
- определить необходимый и достаточный состав и объемы работ по геотехническому мониторингу для прогнозирования развития склоновых процессов во времени.

Все эти задачи можно решить путем проведения инженерных изысканий на основе детально проработанного технического задания. Обязательными требованиями к составу и объемам работ по инженерным изысканиям являются указания СП 47.13330.2016. Согласно этому нормативному документу к инженерным изысканиям относятся:

- геодезические;
- геологические;
- гидрометеорологические;
- экологические;
- геотехнические.

В основной комплекс работ при проведении инженерных изысканий включают:

- определение основных характеристик рельефа территории на основе составления топографо-геодезических планов;
- определение напластований грунтов, их физико-механических свойств путем проведения полевых и лабораторных исследований;
- изучение режимов инфильтрации, стока и фильтрации поверхностных и подземных вод по наблюдениям за гидрологическими постами, а также анализ региональных особенностей климата путем периодических наблюдений по метеостанциям;
- исследование геоботанических условий территории при экологических изысканиях;
- проведение геотехнического мониторинга с начала изысканий, на период проектирования и строительства и периодические наблюдения на протяжении всего срока эксплуатации объекта.

Результаты инженерных изысканий должны быть взаимосвязаны между собой для их совместного комплексного анализа [7–10].

Геодезические изыскания

Как правило, инженерные изыскания начинаются с анализа архивных данных по результатам ранее проведенных топографо-геодезических изысканий. Затем согласно техническому заданию на геодезические изыскания выполняется обновление топографо-геодезических планов. На планах выполняется отображение рельефа территории в виде горизонтальных изолиний высот. По топогра-

фо-геодезическим планам можно выполнить анализ сложности рельефа, оценить характерные особенности геоморфологии, проложить временные дороги для проезда техники, определить наиболее оптимальные участки для строительства и эксплуатации сооружений.

В геоморфологическом отношении территория исследуемого участка расположена в районе хребта Псежако и относится к провинции Западного Кавказа. Территория расположена в областях с низкорным и среднегорным рельефом. Рельеф характеризуется разнообразием геоморфологических элементов. Здесь выделяются водораздельные гребни, денудационные склоны различной крутизны, пологие террасовидные участки склонов, балки, промоины, ложбины, русловые части и пойменные части постоянных водотоков.

Площадка изысканий расположена вдоль существующей автодороги и проходит по высокой пойме и первой надпойменной террасе рек Ачипсе и Лаура. Далее трасса поднимается по эрозионно-денудационным склонам хребта Псежако, преимущественно северо-западной и северной экспозиции. Склоны на этом участке трассы неровные, нарушенные оползнями (как старыми, стабилизовавшимися, так и активными), эрозионными обвальными-осыпными уступами, проявлениями крипа. Крутизна склонов изменяется от 17 до 45°; преобладают склоны средней крутизны (20–30°). На склонах развиты постоянные и временные водотоки.

На высотной отметке 1140 м трасса выходит на относительно выровненную приводораздельную часть хребта Псежако. Хребет Псежако относится к высокогорным и среднегорным, относительно выположенным и слабо расчлененным хребтам, имеет направление, параллельное Главному Кавказскому хребту.

Рельеф северной части хребта Псежако сформировался в период плейстоценовых оледенений и за счёт элювиально-делювиальных денудационных процессов существенно изменялся в голоцене. Грунты склона в этом направлении могут быть отнесены к элювиально-делювиально-флювиальным накоплениям. Базисом эрозии для этого участка являются в первую очередь водотоки, стекающие со склонов гор. Кроме того, рельеф осложнен древнеоползевыми деформациями, а также следами современного смещения поверхностного рыхлого слоя грунта (явление крипа).

Протяжённость хребта Псежако порядка 5 км, с перепадами высот от 547 м в западной части (р. Лаура) до 1936 м в восточной его оконечности. Превышение гребневой части хребта над подножием его склонов повсеместно достигает 800–1000 м и более.

Поверхность исследованной территории неровная, холмистая, частично заросшая лесом, пересекается многочисленными поверхностными водотоками. В зонах понижения происходит скопление воды, образуются мочажины. Угол падения поверхности прилегающих к дороге склонов изменя-

ется от 17 до 55°. Экспозиция склона преимущественно северная.

Участок изысканий расположен в верховьях бассейна реки Мзымта. Его пересекают правобережные притоки реки Мзымта – реки Ачипсе, Лаура, многочисленные поверхностные водотоки, являющиеся притоками этих рек. Некоторые небольшие водотоки носят сезонный характер.

Важным результатом геодезических изысканий является схема территории с отображением углов наклонов рельефа [11]. На рис. 1 приведена схема территории с районированием углов наклонов рельефа. По схеме можно увидеть, что область, выделенная пунктирной линией, обладает наибольшими углами наклона рельефа – до 55°, и, следовательно, наибольшими рисками развития опасных склоновых процессов.

Геологические изыскания

Результатами геологических изысканий являются: определение мощности и распространения напластований грунтов, гидрогеологические условия территории, физико-механические свойства разделенных инженерно-геологических элементов, а также районирование территории по наличию или отсутствию склоновых процессов.

Согласно результатам инженерно-геологических изысканий, на исследуемой территории начиная от планировки, были определены следующие классы: дисперсные и крупнообломочные грунты, а также скальные породы. В геологическом строении объекта изысканий принимают участие четвертичные отложения и коренные ни-

жнеюрские породы. В пределах участка изысканий выявлены отложения следующего генезиса:

- техногенные (t);
- аллювиальные (a);
- делювиально-пролювиальные (dp);
- элювиальные (e).
- нижнеюрские (J1).

По результатам инженерных изысканий на объекте выделены следующие инженерно-геологические элементы:

ИГЭ-1а (tQIV). Насыпной грунт – дресвяный грунт с суглинистым твердым заполнителем, неоднородный, водонасыщенный, средней прочности. Содержание заполнителя составляет 42 %. Заполнитель представлен суглинком легким пылеватым твердым и полутвердым. Особенностью данного слоя является неоднородность состава (внутри слоя вскрываются маломощные линзы щебеннистого грунта и суглинка) и наличие редких включений строительного мусора, асфальта. Слой имеет мощность от 0,5 до 6,2 м и встречается фрагментарно на изучаемой территории, слагает насыпи дорог и обратную засыпку подпорных стен. Залегаает преимущественно с поверхности, и под другими насыпными грунтами. ИГЭ-1а подстилается грунтами делювиально-пролювиального генезиса различного состава. Глубина залегания подошвы насыпного грунта колеблется в пределах от 0,5 до 6,2 м, абсолютные отметки подошвы – от 560,6 до 1432,3 м.

ИГЭ-1б (tQIV). Насыпной грунт – суглинок легкий пылеватый дресвяный твердый. Грунт коричневатого-серый, характеризуется неоднородно-

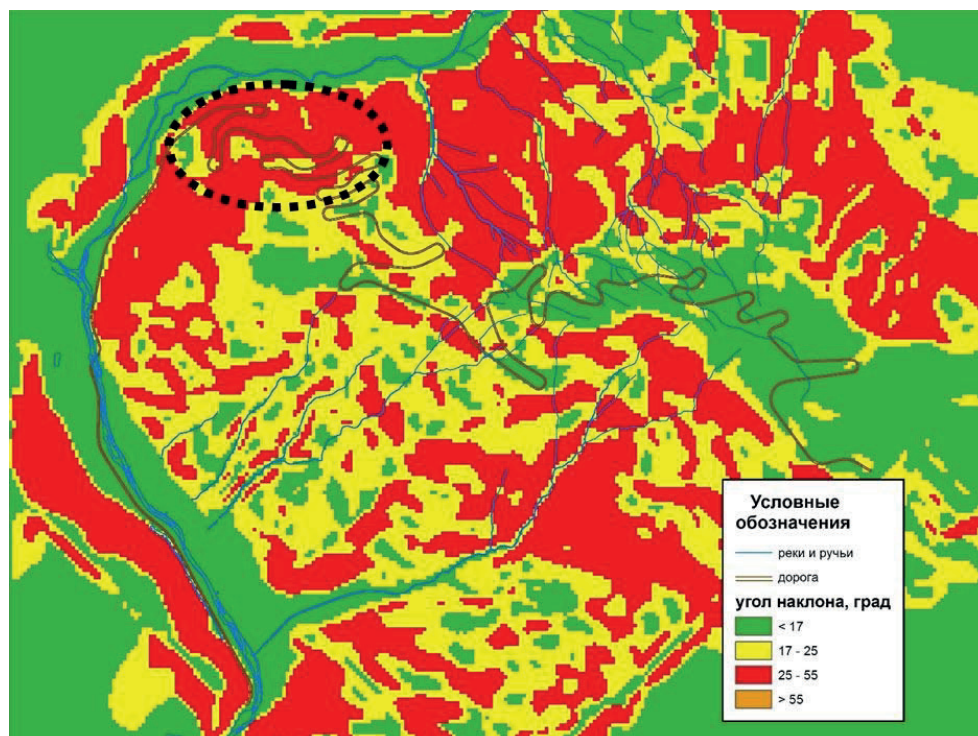


Рис. 1. Схема территории с цветовой районированием углов наклона рельефа по результатам геодезических изысканий [11]

Fig. 1. Scheme of the territory zoning with the color angles of slope of the terrain according to the results of geodetic surveys [11]

стью состава (внутри слоя вскрываются гнезда и линзы дресвяного грунта, суглинка дресвяного тугопластичного и полутвердого, глины твердой) и наличием редких включений строительного мусора, асфальта. Насыпной дресвяный суглинок широко распространен на рассматриваемой территории и слагает насыпи дорог, отсыпку подпорных стен и других сооружений. Залегаёт с поверхности, подстилается грунтами делювиально-пролювиального генезиса различного состава. Вскрытая мощность изменяется от 0,4 до 9,5 м, абсолютные отметки подошвы слоя – от 553,7 до 1419,6 м.

ИГЭ-2а (dpQIV). Дресвяный грунт с суглинистым твердым заполнителем, неоднородный, водонасыщенный, средней прочности. Заполнитель представлен серовато-коричневым суглинком легким пылеватым твердым, содержание заполнителя 44 %. Обломочный материал представлен аргиллитом, редко – песчаником. Грунт неоднородный, содержит линзы и прослои суглинка гравелистого и дресвяного различной консистенции, глины твердой и тугопластичной, щебенистого грунта, редкие глыбы аргиллита. ИГЭ-2а залегает под насыпными грунтами и под делювиально-пролювиальными суглинками щебенистыми полутвердыми, подстилается грунтами различного генезиса – делювиально-пролювиальными и элювиальными отложениями, коренными нижнеюрскими породами. Вскрытая мощность слоя изменяется в широких пределах – от 0,9 до 17,0 м, абсолютные отметки подошвы – от 575,8 до 1411,0 м.

ИГЭ-3 (dpQIV). Щебенистый грунт неоднородный, средней степени водонасыщения, средней прочности. Щебенистый грунт серовато-коричневого цвета вскрыт фрагментарно на всей территории участка, залегает преимущественно под насыпными грунтами и под суглинком щебенистым полутвердым делювиально-пролювиального генезиса, в единичных случаях вскрыт с поверхности. Подстилается в основном элювиальными отложениями, редко – суглинком щебенистым полутвердым делювиально-пролювиального генезиса. Обломочный материал представлен аргиллитом, редко песчаником. Слой неоднородный, в его составе вскрываются маломощные линзы и прослои дресвяного грунта с супесчаным и суглинистым заполнителем, суглинка твердого, редкие глыбы малопрочного аргиллита. Вскрытая мощность изменяется в пределах от 1,1 до 14,5 м, абсолютная отметка подошвы – от 596,5 до 1424,2 м, глубина подошвы – от 2,0 до 19,5 м.

ИГЭ-5а (dpQIV). Суглинок легкий пылеватый дресвяный твердый. Широко распространен на изучаемой территории, залегает под техногенными образованиями, под грунтами делювиально-пролювиального генезиса, а также выклинивается на поверхность. Подстилается элювиальными отложениями и коренными нижнеюрскими породами. Суглинки серовато-коричневого цвета, с обломками аргиллита, редко песчаника, вмещают маломощные линзы и прослои дресвяного и щебе-

нистого грунтов с суглинистым заполнителем, в единичных случаях – глины твердой и тугопластичной, суглинка дресвяного тугопластичного. Вскрытая мощность слоя изменяется в широких пределах от 1,3 до 30,0 м, абсолютная отметка подошвы – от 633,8 до 1419,8 м, глубина подошвы – от 1,8 до 30,0 м.

ИГЭ-6б (dpQIV). Суглинок легкий пылеватый щебенистый полутвердый. Широко распространен на изучаемой территории, залегает под техногенными образованиями, под грунтами делювиально-пролювиального генезиса, а также в единичных случаях выклинивается на поверхность. Подстилается элювиальными отложениями и коренными нижнеюрскими породами. Грунты неоднородны, в слое суглинков щебенистых (обломочный материал представлен аргиллитом, редко песчаником) вскрываются маломощные линзы и прослои дресвяного и щебенистого грунтов с суглинистым заполнителем, суглинка твердого, в единичных случаях – супеси твердой. Вскрытая мощность слоя изменяется в широких пределах от 0,8 до 16,5 м, абсолютная отметка подошвы – от 550,7 до 1428,4 м, глубина подошвы – от 0,8 до 30,0 м.

ИГЭ-а2 (аQIII-IV). Гравийный грунт неоднородный, водонасыщенный, прочный. Гравийный грунт серого цвета распространен локально в долине р. Ачипсе и залегает с поверхности, под насыпными грунтами или под аллювиальными галечниковыми грунтами. Содержание заполнителя 28 % (по отдельным образцам до 45 %), представлен суглинком легким песчанистым полутвердой консистенции, с линзами и прослоями суглинка легкого пылеватого гравелистого полутвердого. Слой содержит включения валунов и гальки различной степени окатанности и формы; обломочный материал представлен диоритами, порфиритами, сланцами, туфами. Максимальная вскрытая мощность данного слоя составляет 19,4 м, глубина подошвы слоя изменяется от 5,0 до 25,8 м.

ИГЭ-а3 (аQIII-IV). Галечниковый грунт неоднородный, водонасыщенный, прочный. Галечниковый грунт распространен локально в долине р. Ачипсе и залегает с поверхности, под насыпными грунтами или под аллювиальными гравийными грунтами. Галечниковый грунт с суглинистым заполнителем 28 % (по отдельным образцам до 38 %), заполнитель – суглинок легкий пылеватый полутвердый. Слой содержит включения валунов, обломочный материал различной степени окатанности и формы, представлен диоритами, порфиритами, сланцами, туфами. Вскрытая мощность слоя от 2,8 до 4,4 м, абсолютная отметка его подошвы изменяется от 543,7 до 556,8 м, максимальная глубина залегания подошвы составляет 2,8 м, минимальная – 6,4 м.

ИГЭ-92г (еQIII). Дресвяный грунт с суглинистым твердым заполнителем, неоднородный, водонасыщенный, средней прочности. Распространен практически на всей изучаемой территории под техногенными и делювиально-пролювиальными отло-

жениями, подстилается элювиальным щебенистым грунтом, элювиальным суглинком дресвяным твердым или коренными породами. Цвет грунта изменяется от серого до черного, заполнитель (44 %, по единичным образцам до 50 %) представлен преимущественно суглинком легким пылеватым твердым, в единичных случаях – супесью пластичной и твердой; внутри толщи ИГЭ-92г вскрыты отдельные блоки (глыбы) аргиллита средней прочности, линзы щебенистого грунта с суглинистым заполнителем и суглинка дресвяного твердого. Максимальная вскрытая мощность элювиального дресвяного грунта составила 25,9 м, абсолютные отметки подошвы слоя изменяются от 564,2 до 1397,3 м.

ИГЭ-93г (еQIII). Щебенистый грунт, неоднородный, средней степени водонасыщения, средней прочности. Распространен повсеместно под техногенными и делювиально-пролювиальными отложениями, а также под элювиальным дресвяным грунтом, подстилается элювиальным суглинком дресвяным твердым или коренными породами, в редких случаях элювиальным дресвяным грунтом. Цвет грунта изменяется от серого до черного, содержание заполнителя 26 % (по отдельным образцам до 40 %), заполнитель представлен суглинком легким пылеватым твердым и тугопластичным. Грунт неоднородный, в слое встречены отдельные блоки (глыбы) аргиллита средней прочности, линзы дресвяного грунта с супесчаным заполнителем, суглинка полутвердого и суглинка дресвяного твердого. Максимальная вскрытая мощность элювиального щебенистого грунта составила 29,0 м, абсолютные отметки подошвы слоя изменяются от 575,3 до 1411,1 м, глубина подошвы слоя – от 4,7 до 40,0 м.

ИГЭ-95г (еQIII). Суглинок легкий пылеватый дресвяный твердый. Вскрыт локально под элювиальными крупнообломочными грунтами, а также под делювиально-пролювиальными отложениями, подстилается преимущественно коренными нижнеюрскими породами. Цвет грунта изменяется от серого до черного, в толще ИГЭ-95г встречены линзы и прослой суглинка дресвяного тугопластичного, суглинка щебенистого твердого, дресвяного грунта с суглинистым заполнителем, в единичных случаях – супеси дресвяной твердой. Максимальная вскрытая мощность элювиального дресвяного суглинка составила 17,5 м, абсолютные отметки подошвы изменяются от 611,8 до 1050,3 м, глубина подошвы слоя – от 12,0 до 30,0 м.

ИГЭ-9а (I₁). Аргиллит низкой прочности, средней плотности, среднепористый, сильновыветрелый, размягчаемый. Вскрыт под грунтами различного генезиса и подстилается коренными нижнеюрскими аргиллитами средней прочности и прочными. Цвет аргиллита изменяется от серого до черного, встречены прослой аргиллита очень низкой прочности, плотного, средневыветрелого. Максимальная вскрытая мощность слоя составила 22,0 м, абсолютные отметки изменяются от 574,8 до 1405,8 м, глубина подошвы слоя – от 10,7 до 31,4 м.

ИГЭ-9г (I₁). Аргиллит средней прочности, очень плотный, слабопористый, размягчаемый. Распространен на всей территории участка, залегает под четвертичными отложениями различного генезиса, реже под коренными породами (аргиллитами низкой прочности, песчаниками, порфиритами), подстилается коренными нижнеюрскими аргиллитами прочными. Цвет аргиллита изменяется от серого до черного, внутри толщи встречены небольшие прослой аргиллита прочного. Максимальная вскрытая мощность слоя составила 35,3 м, абсолютные отметки изменяются от 549,0 до 1404,6 м, глубина подошвы слоя – от 30,0 до 40,0 м.

ИГЭ-9д (I₁). Аргиллит прочный, очень плотный, слабопористый, размягчаемый. Вскрыт единичными скважинами на участке, залегает преимущественно под коренными нижнеюрскими аргиллитами низкой прочности и средней прочности. Цвет аргиллита изменяется от серого до черного. В толще аргиллита прочного встречены небольшие прослой аргиллита средней прочности. Максимальная вскрытая мощность составила 22,0 м, абсолютные отметки изменяются от 622,8 до 1355,4 м, глубина подошвы слоя – от 18,0 до 40,0 м.

ИГЭ-10 (I₁). Песчаник кварцевый прочный, очень плотный, слабопористый, неразмягчаемый. Вскрыт единичными скважинами и залегает в основном под делювиально-пролювиальными грунтами, подстилается порфиритами. В толще песчаника встречаются маломощные прослой аргиллита и алевролита. Вскрытая мощность слоя изменяется от 4,4 до 12,7 м, абсолютные отметки подошвы слоя – от 815,3 до 1356,4 м.

ИГЭ-11 (I₁). Порфирит очень прочный, очень плотный, непористый, неразмягчаемый. Порфирит мелкозернистый серого цвета распространен локально (приурочен к интрузивным телам), залегает под делювиально-пролювиальными и элювиальными отложениями различного состава, подстилается в основном коренными аргиллитами нижнеюрского возраста. Вскрытая мощность слоя изменяется от 4,5 до 18,2 м, абсолютные отметки подошвы слоя – от 629,3 до 1329,3 м, глубина подошвы – от 12,5 до 32,0 м.

Гидрогеологические изыскания

На территории объекта изысканий выделено два основных комплекса водоносных пластов: в четвертичных отложениях в виде вод порово-пластового типа и в коренных горных породах в виде трещинных вод спорадического распространения.

Порово-пластовые воды представлены водоносным горизонтом в гравийно-галечниковых грунтах. Основными источниками питания подземных вод являются поверхностные воды и атмосферные осадки, значительно в меньшей степени в питании горизонта участвуют подземные воды склоновых и коренных отложений. Режим подземных вод горизонта тесно связан с режимом поверхностных вод (гидравлическая связь с р. Ачипсе). Наиболее высо-

кие уровни подземных вод устанавливаются в весенний паводковый период, связанный с таянием снега и ливневыми осадками. Низкие уровни подземных вод наблюдаются в долинах рек к концу межженного периода, приходящегося на август. Коэффициент фильтрации водовмещающих гравийно-галечниковых отложений изменяется в широких пределах. Для аллювия с гравийно-глинистым и гравийно-суглинистым заполнителем значения коэффициента фильтрации не превышают 1–8 м/сут. По мере уменьшения содержания пылевато-глинистых частиц в заполнителе в средней части крупных долин коэффициенты фильтрации увеличиваются до 25–50 м/сут. Для низовьев крупных рек наиболее характерны коэффициенты фильтрации 60–250 м/сут. Коэффициенты фильтрации гравийных и галечниковых грунтов (ИГЭ-а2, ИГЭ-а3), определенные по результатам опытных экспресс-откачек, составляют 13–35 м/сут.

Поровые воды спорадически распространены в крупнообломочных четвертичных отложениях (ИГЭ-2а, ИГЭ-3, ИГЭ-5а, ИГЭ-6б, ИГЭ-9г, ИГЭ-93г, ИГЭ-95г). Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка – в поверхностные водотоки. Глубина залегания уровней воды в среднем изменяется от 1,9 до 9,8 м, максимальная глубина достигает 21 м. На отдельных участках горизонт полностью сдренирован (скважины при бурении оказывались часто безводными). Характер колебания уровней по сезонам года неоднозначен и зависит от периодов дождей и снеготаяния. Поднятие уровня грунтовых вод иногда обусловлено действием барражного эффекта на участках, прилегающих к подпорным стенам на свайном основании, где дренаж недостаточно эффективен. Фильтрационные параметры крайне неоднородны. Значения коэффициентов фильтрации, определенные по результатам опытных наливов и откачек, изменяются от $8,5 \cdot 10^{-5}$ до 4,2 м/сут.

Трещинные воды спорадически распространены в нижне-среднеюрских отложениях и приурочены к верхней зоне повышенной трещиноватости, выявленной на отдельных участках горных пород. Водовмещающие отложения представлены преимущественно аргиллитами различной степени прочности и песчаниками (ИГЭ-9а, ИГЭ-9г, ИГЭ-9д, ИГЭ-10, ИГЭ-11). Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а разгрузка – за счет дренажа ручьями, реками, в виде родников на склонах. При выходе ручьев на собственные конусы выноса они являются источниками питания подземных вод. Выполненные за последние годы гидрогеологические исследования позволили выявить характер залегания и крайне неоднородную степень обводненности массива горных пород нижне-среднеюрских отложений до глубины 100 м (ниже этой глубины юрские отложения не исследовались). Глубина залегания уровней, как правило, более 10 м, в среднем 12–23 м, по отдельным скважинам водораз-

дельной зоны достигает 30–70 м. Самые низкие уровни наблюдаются в октябре–ноябре, самые высокие – в мае–июле. В результате дождей и снеготаяния наблюдается довольно существенный подъем уровней, а в летний засушливый период их достаточно интенсивный спад. Фильтрационные параметры водоносного горизонта крайне неоднородны. Коэффициенты фильтрации изменяются от 0,0001 до 1,2 м/сут.

Физико-механические свойства грунтов

В таблице приведены физико-механические свойства грунтов. Из таблицы можно увидеть, что прочностные свойства крупнообломочных гравийно-дресвяных грунтов (2а, а2) имеют достаточно низкие значения: угол внутреннего трения – $\varphi=14...20,9^\circ$; сцепление – $c=0,006...0,042$ МПа. Для проверки достоверности значений прочностных характеристик грунтов природных склонов можно воспользоваться уравнением (1) для равноустойчивого откоса профессора Н.Н. Маслова [12]:

$$\psi_{stable} = \arctg \left(\tg \varphi_l + \frac{c_l}{P} \right), \quad (1)$$

где ψ_{stable} – значение угла заложения склона в стабилизированном (устойчивом) состоянии, град; φ_l – значение угла внутреннего трения грунта, град.; c_l – значение сцепления грунта по результатам инженерно-геологических изысканий, кПа; P – нормальное давление на расчетной глубине от планировки от собственного веса грунтов и внешних нагрузок, кПа.

По вышеприведенной формуле легко вычислить интервалы предельных значений угла заложения равноустойчивых откосов при нормальном давлении в интервале 100...400 кПа. В зависимости от величины нормального давления при вышеприведенных значениях прочностных характеристик грунтов предельный угол заложения составит $\alpha=20...34^\circ$. Таким образом, при данных прочностных характеристиках грунтов угол заложения склона более 34° будет заведомо неустойчив, что, однако, не согласуется с фактическим состоянием склонов на данной территории с углами заложения до 55° . Согласно требованиям п. 6.3.3.9 СП 47.133330.2016, при инженерно-геологических изысканиях в районах развития склоновых процессов значения физико-механических характеристик грунтов необходимо уточнять обратными расчетами устойчивости склонов.

Если природный склон по результатам инженерных изысканий находится в стабилизированном состоянии, то для уточнения фактического значения угла внутреннего трения крупнообломочных, гравийно-галечниковых и дресвяных грунтов с глинистым заполнителем можно рекомендовать зависимость (2):

$$\alpha \approx \varphi_{correct} \approx \varphi_{rec}, \quad (2)$$

где $\varphi_{correct}$ – корректируемое значение угла внутреннего трения грунта, приравняемое к углу зало-

Таблица. Физико-механические свойства грунтов

Table. Physico-mechanical properties of soils

Характеристика грунта Characterization of soil			Номер слоя/Number of layer															
			1а	1б	а2	а3	2а	3	5а	6б	92г	93г	95г	9а	9г	9д	10	11
Нормативные значения / Normative values	Метод сдвига целиком Method of shifting a rear sight	Плотность грунта ρ , г/см ³ Soil density, ρ , g/cm ³	2,13	2,04	2,09	2,11	2,08	1,86	2,07	2,05	2,27	2,38	2,17	2,11	2,66	2,69	2,60	2,70
		Сцепление C , МПа Cohesion C , MPa	0,01	0,017	0,019	0,018	0,057	0,040	0,033	0,027	–	–	–	–	–	–	–	–
		Угол внутреннего трения φ , град. Internal friction angle φ , deg.	27	24,5	27	36,5	17	23	18	20	–	–	–	–	–	–	–	–
	Метод ДальНИИС Method of DalNIIS	Сцепление C , МПа Cohesion C , MPa	0,022	0,036	0,009	0,010	0,022	0,014	0,040	0,028	0,022	0,018	0,031	–	–	–	–	–
		Угол внутреннего трения φ , град. Internal friction angle φ , deg.	20	20	24	23	20	20	20	20	20	20	20	–	–	–	–	–
	Модуль деформации (ДальНИИС) E , МПа Modulus of deformation (DalNIIS) E , MPa		31,0	27,6	33,2	37,4	31,6	39,1	23,6	28,2	34,6	46,3	23,5	–	–	–	–	–
	Предел прочности на одноосное сжатие в сухом состоянии, R_c (d), МПа Ultimate strength for uniaxial compression in dry condition, R_c (d), MPa		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,1	70,3	86,4	119,1	275,5
	Предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, R_c (w), МПа Ultimate strength for uniaxial compression in water saturated condition, R_c (w), MPa		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,1	35,9	50,5	95,3	192,1
Расчетные значения / Calculated values	$\alpha=0,95$	Плотность грунта ρ , г/см ³ Soil density, ρ , g/cm ³	1,97	1,96	2,05	2,07	1,98	1,68	2,02	1,97	2,18	2,23	2,10	2,09	2,63	2,67	2,60	2,67
		Удельное сцепление C , МПа Cohesion, C , MPa	0,015	0,024	0,006	0,007	0,042	0,036	0,022	0,019	0,015	0,012	0,021	0,03	0,05	0,15	0,15	0,30
		Угол внутреннего трения φ , град. Internal friction angle, φ , deg.	17,4	17,4	20,9	20	14	17	15,6	17,4	17,4	17,4	17,4	26,6	28,8	38,7	38,7	40,4
	$\alpha=0,85$	Плотность грунта ρ , г/см ³ Soil density, ρ , g/cm ³	2,04	1,99	2,07	2,09	2,02	1,76	2,04	2,00	2,22	2,29	2,13	2,10	2,64	2,68	2,59	2,68
		Сцепление C , МПа Cohesion, C , MPa	0,022	0,036	0,009	0,010	0,048	0,037	0,033	0,028	0,022	0,018	0,031	0,038	0,062	0,187	0,187	0,375
		Угол внутреннего трения φ , град. Internal friction angle, φ , deg.	20	20	23	22	15	20	18	20	20	20	20	32,0	34,5	45,0	45,0	46,7

жения склона (α) и рекомендуемому значению угла внутреннего трения в Приложении А СП 22.13330.2016 или по табл. 5 в СП 23.13330.2012, град; α – значение угла заложения природного склона, град.; φ_{rec} – рекомендуемое значение угла внутреннего трения крупнообломочного грунта в зависимости от значения коэффициента пористости (e) в Приложении А СП 22.13330.2016 или вида полускального грунта по табл. 5 в СП 23.13330.2012, град.

Поскольку сопротивление на сдвиг гравийно-галечниковых грунтов с глинистым заполнением определяется также сцеплением, то необходимо проверить достоверность значений сил сцепления

глинистого заполнителя. Для склона в стабилизированном состоянии можно рекомендовать зависимость (3) по определению сцепления:

$$c_{correct} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{correct}) \cdot P}{\operatorname{tg} \varphi_{correct}}, \quad (3)$$

где $c_{correct}$ – корректируемое значение сцепления грунта, кПа; α – фактический угол заложения склона, град.; $\varphi_{correct}$ – P – обозначения, соответствующие указанным в уравнении (1).

Уравнение (3) было определено для стабилизированного состояния склона при значениях углов заложения склона 34...55°, интервале давлений 100...400 кПа и при выполнении условия (4):

$$\alpha > \varphi_{correct} \quad (4)$$

В случае если условие (4) не выполняется, имеет место следующее неравенство (5):

$$\alpha < \varphi_{correct} \quad (5)$$

Уравнение (3) в этом случае также изменится и будет носить следующий вид (6):

$$C_{correct} = \frac{\operatorname{tg}(\varphi_{correct} - \alpha) \cdot P}{\operatorname{tg} \varphi_{correct}} \quad (6)$$

Районирование территории по степени опасности склоновых процессов

Для склонов в нестабилизированном состоянии при инженерно-геологических изысканиях необходимо в обязательном порядке выполнять районирование территории по степени опасности склоновых процессов [13, 14]. На рис. 2 приведена схема территории с районированием развития оползневых и эрозионных процессов по результатам инженерно-геологических изысканий. Районирование было разбито на три района и три подрайона:

I – районы условно неопасные – уклоны рельефа не превышают 5° , редко слабые процессы подтопления, на карте обозначены зеленым цветом;

II – районы потенциально опасные – уклоны рельефа от 5 до 15° , оползневые тела в стадии временной стабилизации, слабые процессы эрозии и

солифлюкции, на карте обозначены желтым цветом;

III – районы опасные – уклоны рельефа превышают 15° . В пределах этого района выделены три подрайона.

Подрайоны:

III-A – подрайон низкой степени опасности – уклоны рельефа от 15 до 25° , активное развитие эрозионных процессов и солифлюкции, подтопление, оползневые тела в стадии временной стабилизации, на карте обозначен оранжевым цветом.

III-B – подрайон средней степени опасности – уклоны рельефа от 25 до 35° , невысокие подрезки склонов, небольшие стенки отрыва оползневых тел, активные оползни и суффозия в техногенных отложениях, возможно развитие неглубоких деформаций (до 5 м), на карте обозначен розовым цветом.

III-B – подрайон высокой степени опасности – уклоны рельефа свыше 35° , высокие крутые подрезки склонов; наиболее активные инженерно-геологические процессы, оказывающие воздействие на инженерные сооружения; возможно развитие глубинных деформаций (от $5...20$ м), на карте обозначен красным цветом.

Как видно на рис. 2, подрайоны со средней и высокой степенью опасности склоновых процессов преобладают в выделенной области с наиболее крутыми углами заложения склонов.

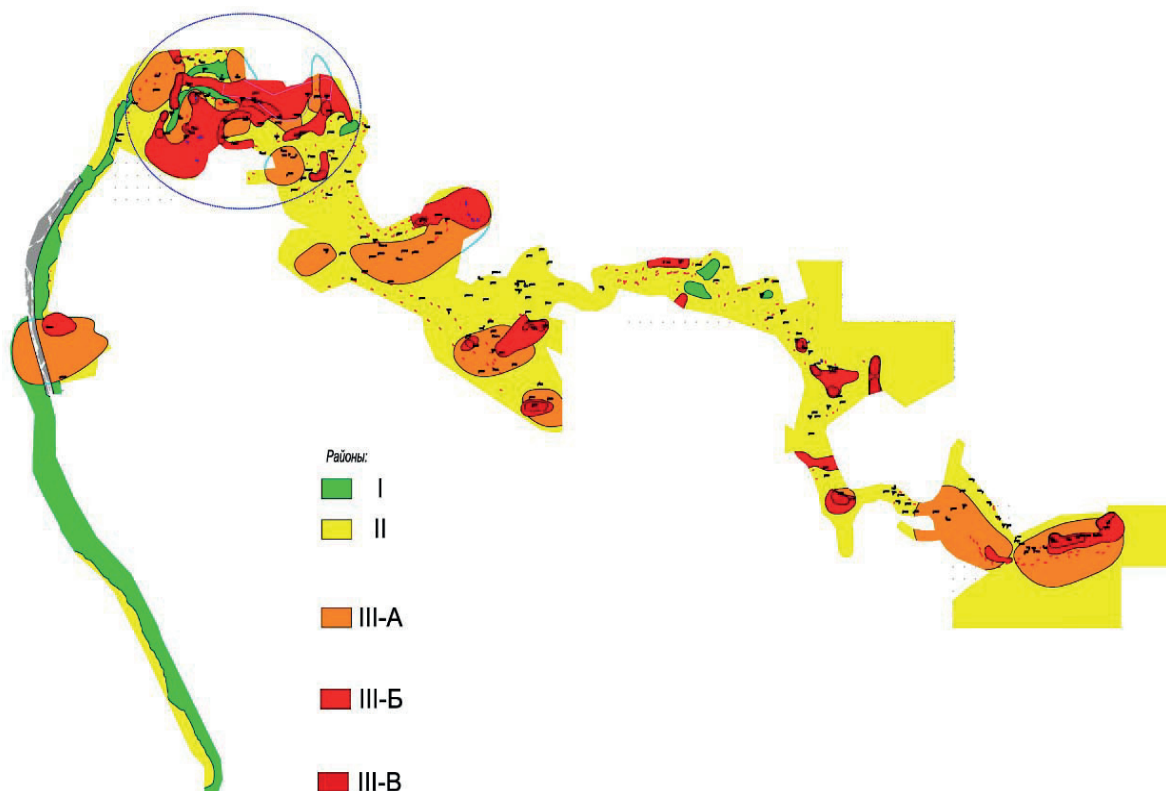


Рис. 2. Схема территории с районированием развития склоновых процессов по результатам инженерно-геологических изысканий [11]

Fig. 2. Scheme of the territory with zoning of slope process development on the results of engineering-geological surveys [11]

Гидрометеорологические изыскания

Изучаемая территория обладает контрастным сложным рельефом с близким расположением к побережью Черного моря, что определяет климатические особенности района. Наличие высоких горных хребтов с высотными отметками, превышающими 3000 м и более, и значительных падений высотных отметок до 200 м, территориальное распространение на границах региона Чёрного, Азовского, Каспийского морей обуславливают различные условия взаимодействия территории с вторжениями холодных и тёплых воздушных масс и соответственно резкую вариативность климата.

Горная система Большого Кавказа расположена на пути движения влажных воздушных масс с запада на восток, что благоприятствует выпадению на юго-западном склоне обильных атмосферных осадков, по количеству которых данный район намного превышает многие регионы Российской Федерации.

По условной классификации атмосферных процессов год делится на две характерные половины. Холодное полугодие (ноябрь–апрель) отличается активизацией циклонической деятельности, что способствует выпадению в это время до 60 % годового количества атмосферных осадков. В тёплое полугодие (май–октябрь) кратковременные, сильные ливни сменяются засушливыми периодами. Расположение исследуемой территории в относительно низких широтах обуславливает интенсивный приток солнечной радиации, в связи с этим характерной особенностью климата является обилие солнечного света.

Климатические условия Большого Кавказа и Черноморского побережья отличаются исключительно высокой пространственно-временной изменчивостью.

По климатическому районированию территория относится к следующим климатическим подрайонам:

- IV Б (приморская часть до высотной отметки 200 м по абсолютной системе высот);
- IV Б1 (интервал высотных отметок 200...400 м по абсолютной системе высот);
- III Б1 (интервал высотных отметок 400...600 м по абсолютной системе высот);
- II Б1 (интервал высотных отметок 600...1000 м по абсолютной системе высот);
- II Б (интервал высотных отметок 1000...1600 м по абсолютной системе высот);
- II В (интервал высотных отметок 1600...3000 м по абсолютной системе высот).

Для территории характерны проявления сильных ливневых дождей с количеством осадков 120 мм за интервал времени менее 12 часов. Наибольший зафиксированный суточный максимум наблюдался в июне 1956 г. и составил 298 мм.

Расчетная продолжительность количества дней с осадками для 600 м БС составляет 176 дней/год, а на высоте 1650 м по БС – 199 дней/год. Средняя суточная интенсивность выпадения атмосферных

осадков составит для высоты 600 м – 11,5 мм/сутки, а для высоты 1650 м БС – 15,0 мм/сутки.

Количество дней с осадками в холодный период года (XI–III) оценивается в среднем для высоты 600 м БС – 90 дней, для высоты 1880 м БС – 108 дней, при максимальном количестве на данных высотах соответственно 138 и 150 (т. е. каждый день осадки) дней.

Продолжительность дней с обильными осадками (более 30 мм/сутки) для высоты 600 м составляет 15 дней, для высоты 1650 м БС – 29 дней.

Осадки в период май–октябрь выпадают преимущественно в жидком виде в период ноябрь–апрель в твердой или смешанной фазе.

Развитие склоновых процессов часто активизируется при интенсивной инфильтрации атмосферных осадков, образовании поверхностных водосток и изменении естественного режима фильтрации подземных вод [15, 16]. Для оценки потенциальных мест развития склоновых процессов по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий выполняется районирование территории с отображением искусственных и природных выемок: логов, оврагов, ложбин и т. д. На рис. 3 приведена схема территории с районированием логов, с действующими водотоками, по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий. Как видно из схемы, наибольшая концентрация логов расположена в северо-западной части территории, которая, как было указано ранее, имеет наибольшие углы наклона рельефа.

Экологические (дендрологические или геоботанические) изыскания

Согласно дендрологическому (геоботаническому) обследованию территории, преобладающим видом древесно-кустарниковой растительности является бук восточный. На сухих склонах встречается дуб иберийский, каштан посевной, пихта кавказская, граб обыкновенный. На влажных и переувлажненных участках – ольха черная, тополь белый, ясень обыкновенный. Изредка среди аборигенной лесной растительности встречаются небольшие группы или одиночные экземпляры вишни птичьей (черешни) и высокогорного клёна. Расположение древесно-кустарниковой растительности на участке неравномерное при причине вырубки части лесного массива и подрезки природных склонов для строительства автомобильной подъездной дороги, поэтому лесная растительность произрастает только на межтрассовых участках.

Согласно многочисленным исследованиям, вырубка деревьев и подрезка природных склонов приводит к ослаблению прочности грунтового массива, нарушению естественных водосток и переувлажнению (или наоборот осушению) грунтового массива. Это в свою очередь активизирует опасные геологические процессы: оползни, эрозию, наклоны и падение деревьев и т. д. В данном случае на территории в результате неорганизованной вырубки деревьев, срезки растительного слоя

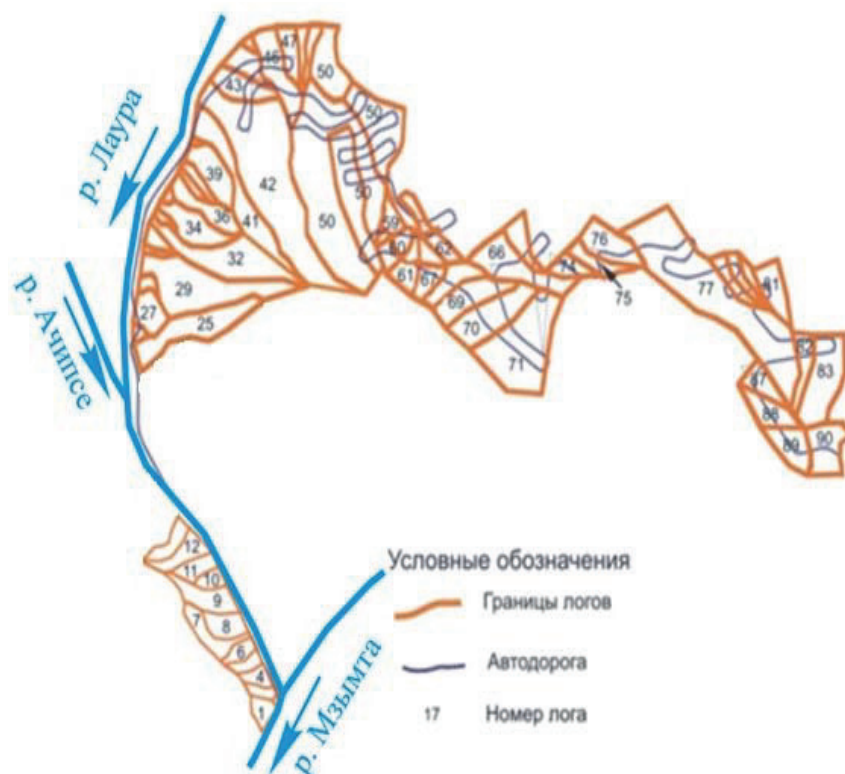


Рис. 3. Схема территории с районированием логов с действующими водотоками, по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий [11]

Fig. 3. Scheme of the territory with zoning of ravines with the existing watercourses by the results of engineering-hydrometeorological surveys [11]

и подрезки природных склонов произошла активизация склоновых процессов.

Склоновые процессы часто активизируются вследствие техногенного воздействия от строительства и эксплуатации. При освоении территорий на природную среду оказываются значительные воздействия при вырубке древесно-кустарниковой растительности, срезки почвенно-растительного слоя, изменения режима фильтрации поверхностных и подземных вод и т. д. В связи с этим в стандартную программу экологических изысканий рекомендуется включать исследования антропогенных изменений природной среды в процессе освоения, строительства и эксплуатации территорий и на основе этих работ выполнять районирование территории. На рис. 4 приведена схема территории с районированием мест интенсивной вырубки лесов, срезки почвенно-растительного слоя и изменения режима фильтрации поверхностных и подземных вод по результатам инженерно-экологических изысканий.

Геотехнические изыскания

Геотехнические изыскания заключаются в проведении мониторинга за деформациями зданий, сооружений, конструктивных элементов и грунтового массива [17–19]. По результатам анализа измерений выполняется районирование участков на

стабилизированное, условно стабилизированное и нестабилизированное состояния.

Как правило, в состав мониторинга входят следующие работы [20, 21]:

- определение устойчивости каркасной сети;
- определение координат и высот временных и постоянных опорных реперов;
- определение координат и высот элементов наблюдательной сети;
- измерение деформаций зданий, сооружений и грунтового массива;
- обработка и анализ результатов измерений;
- составление технических отчетов с выводами и рекомендациями.

Основными сложностями при производстве мониторинга являются:

- разнонаправленные деформации сооружений вследствие температурно-влажностных воздействий: промерзания–оттаивания–увлажнения–высушивания;
- развитие неравномерных деформаций грунтового основания, склонов и откосов из-за периодической либо постоянной активизации склоновых процессов;
- неизбежные погрешности проведения измерений в условиях горной местности с наличием различных аномальных особенностей климата и рельефа (резкие перепады высотных отметок,

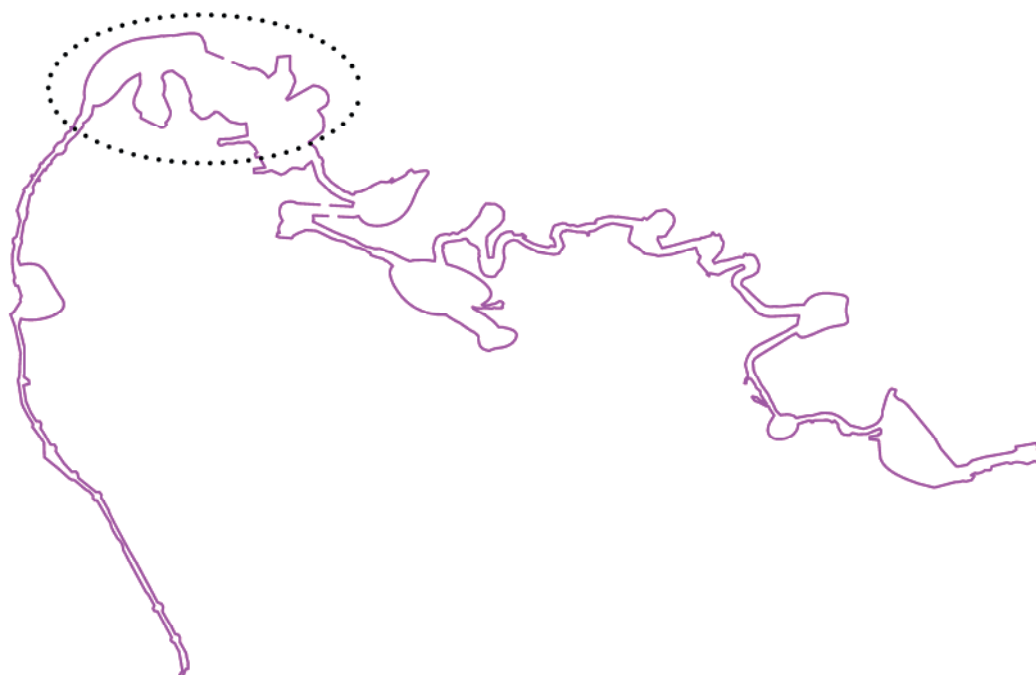


Рис. 4. Схема территории с районированием мест интенсивной вырубке лесов, срезки почвенно-растительного слоя и подрезки природных склонов по результатам экологических изысканий [11]

Fig. 4. Scheme of the territory with zoning the areas of intense deforestation, cutting of soil and vegetation and trimming of natural slopes by the results of ecological surveys [11]



	- измерения не проводилось
	- деформации менее 10 мм/год
	- деформации от 10 мм/год до 20 мм/год
	- деформации превышают 20 мм/год

Рис. 5. Схема территории с районированием и цветным отображением скорости развития деформаций по результатам геотехнических изысканий [11]

Fig. 5. Scheme of the territory with zoning and color display of deformation development rate according to the results of geotechnical investigations [11]

обильные дожди, снег, град, туман, метели, снежные лавины, сели и т. д.).

На рис. 5 приведена схема территории с районированием и цветовым отображением скорости развития деформаций по результатам геотехнических изысканий. В зависимости от скорости развития деформаций во времени интервалы цветовой шкалы составляют:

- стабилизированное состояние – менее 10 мм/год;
- условно стабилизированное состояние – 10...20 мм/год;
- нестабилизированное состояние – более 20 мм/год.

Как видно на рис. 5, выделенная пунктирной линией область, как и в результатах предыдущих изысканий, является наиболее опасной по степени активности проявления склоновых процессов.

Заключение

1. Инженерные изыскания рекомендуется разделять на стадии: предпроектная, проектная, рабочая и эксплуатационная. Это позволит опти-

мизировать состав и объемы изысканий в зависимости от требований, конкретизируемых на различных этапах исследований.

2. Результаты инженерных изысканий необходимо выполнять таким образом, чтобы они дополняли и подтверждали друг друга. При этом требуется обеспечение совместной работы различных специалистов на всех этапах изысканий.
3. Главными требованиями к инженерным изысканиям являются их достоверность и достаточность. Наиболее эффективным результатом служит районирование территории по различным признакам проявления склоновых процессов.
4. При проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений на территориях с развитием склоновых процессов необходимо выполнять комплексный анализ результатов инженерных изысканий, что позволит предотвратить излишние материальные затраты и в то же время обеспечит безопасность существующих и строящихся сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deformation and failure of the Xiaochatou Landslide under rapid drawdown of the reservoir water level based on centrifuge tests / Fan Lei, Zhang Guangheng, Li Bo, Tang Huiming // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. – 2017. – № 3. – P. 891–900.
2. Kaya Ayberk. Geotechnical assessment of a slope stability problem in the Citlakale residential area (Giresun, NE Turkey) // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. – 2017. – № 3. – P. 875–889.
3. Tang Huiming, Yong Rui, Ez Eldin M.A.M. Stability analysis of stratified rock slopes with spatially variable strength parameters: the case of Qianjiangping landslide // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. – 2017. – № 3. – P. 839–853.
4. Strokova L.A. Numerical model of surface subsidence during subway tunneling // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2009. – V. 46 (3). – P. 117–119.
5. Пургина Д.В., Строкова Л.А., Кузеванов К.И. Моделирование гидрогеологических условий для противооползневых измерений на участке набережной реки Кама в городе Перми // Известия Томского Политехнического Университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 1. – С. 116–127.
6. Monitoring and engineering geology analysis of the Zhangmu landslide in Tibet, China / Ma Fengshan, Li Zhanlu, Wang Jie, Ding Kuo // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. – 2017. – № 3. – P. 855–873.
7. Karst hazard assessment in the design of the main gas pipeline (South Yakutia) / L.A. Strokova, E.M. Dutova, A.V. Ermolaeva, I.N. Alimova, A.B. Strelnikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – V. 27. – No. article 012032.
8. Real time monitoring instrument designed for the deformation and sliding period of colluvial landslides / Y.B. Fan, S.W. Yang, L.K. Xu, C. Feng, B.F. Liang // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. – 2017. – № 3. – P. 829–838.
9. Безуглова Е.В., Маций С.И., Подтелков В.В. Оползневой риск транспортных природно-технических систем. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 238 с.
10. Influence of uncertainty in the initial groundwater table on long-term stability of reservoir landslides / Kun Song, Lu Gongda, Zhang Guodong, Liu Yiliang // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment. – 2017. – № 3. – P. 901–908.
11. Конюшков В.В. Инженерная защита территорий от склоновых процессов с учетом природных условий и техногенных воздействий // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2 (61). – С. 137–142.
12. Добров Э.М. Механика грунтов. – М.: ИЦ «Академия», 2013. – 266 с.
13. Современная активность оползней южного склона хребта Псе-хако в бассейне реки Мзымта / Е.С. Слышкина, А.В. Бершов, А.А. Баранов, И.Е. Сас, А.В. Гаврилов // Инженерные изыскания. – 2016. – № 13. – С. 68–78.
14. Ольховатенко В.Е. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2008. – 311 с.
15. Симонян В.В. Изучение оползневых процессов геодезическими методами. – М.: МГСУ, 2015. – 171 с.
16. Пендин В.В., Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. – М.: Ленанд, 2014. – 310 с.
17. Конюшков В.В., Веселов А.А., Белый А.А. Инженерное освоение и благоустройство территории на зольных грунтах для расширения контейнерного терминала морского порта в г. Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 3 (62). – С. 70–83.
18. Деревенец Ф.Н., Маций С.И. Оценка предельного сопротивления свай при взаимодействии с оползневым грунтом // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2016. – № 4. – С. 14–18.
19. Mangushev R.A., Konyushkov, V.V., D'yakonov I.P. Analysis of Practical Application of Screw-in Cast Piles // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2014. – V. 51. – Iss. 5. – P. 11–16.
20. Справочник геотехника. Глава 11. Расчет устойчивости откосов и склонов / В.А. Ильичев, Р.А. Мангушев, А.М. Караулов,

- А.Н. Богомолов, К.В. Королев, С.И. Маций. – М.: АСВ, 2016. – С. 588–651.
21. Мангушев Р.А., Конюшков В.В., Сапин Д.А. Инженерно-геотехнические изыскания при строительстве и реконструкции в

условиях плотной городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 5. – С. 47–54.

Поступила 23.10.2017 г.

Информация об авторах

Конюшков В.В., кандидат технических наук, доцент кафедры геотехники Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Веселов А.А., доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Кондратьева Л.Н., доктор технических наук, профессор кафедры геотехники Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

UDC 624.139.68

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF ENGINEERING SURVEYS FOR DESIGN, CONSTRUCTION AND EXPLOITATION OF STRUCTURES IN THE AREAS WITH LANDSLIDE PROCESSES

Vladimir V. Konyushkov¹,
v.konyushkov@mail.ru

Anatoliy A. Veselov¹,
gbk@spbgasu.ru

Lidiya N. Kondratyeva¹,
kondratjevaln@yandex.ru

¹ St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
5, Vtoraya Krasnoarmeyskaya street, St. Petersburg, 190005, Russia.

The relevance. Survey, design, construction and operation of various structures in regions with mountainous terrain are complex tasks. Areas with mountainous terrain are usually characterized by slope processes: landslides, taluses, erosions, etc. These processes can occur independently in natural conditions, and due to the impact of production activities of man. Specialists from different branches of production and industry are included in scientific studies of stability of slopes and escarpments: construction and operation of roads and railways, hydraulic engineering, quarrying deposits of minerals in mining industry, in development and improvement of new territories, etc. In the case of emergency from the effects of natural and anthropogenic factors, it is necessary to take timely compensatory measures to ensure slope stability. It is necessary to conduct quality and timely engineering surveys. Safe functioning of industries in difficult conditions of slopes should be accompanied by a comprehensive analysis of engineering survey results and a qualified design, construction and operation construction and existing buildings.

The main aim of the research is the comprehensive analysis of results of engineering survey of the territory with mountainous terrain to assess the activity of slope processes in the study area, the safe design, construction and operation of buildings.

Object of the researches is the area with complex terrain with signs of slope processes.

Method of the research is based on multivariate analysis, the results of engineering studies by identifying the main signs of the development of slope processes in the study area. According to the results of analysis the authors have performed zoning of the territory with indication of presence or absence of slope processes.

Research results: zoning of the site by the indices of slope processes by the results of various types of engineering surveys: geodetic, geological, hydrometeorological, environmental and geotechnical.

Key words:

Engineering surveying, slope processes, landfalls, avalanches, landslides, erosion, natural and anthropogenic impacts, geotechnical monitoring.

REFERENCES

1. Fan Lei, Zhang Guangheng, Li Bo, Tang Huiming. Deformation and failure of the Xiaochatou Landslide under rapid drawdown of the reservoir water level based on centrifuge tests. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, 2017, no. 3, pp. 891–900.
2. Kaya Ayberk. Geotechnical assessment of a slope stability problem in the Citlakale residential area (Giresun, NE Turkey). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, 2017, no. 3, pp. 875–889.
3. Tang Huiming, Yong Rui, Ez Eldin M.A.M. Stability analysis of stratified rock slopes with spatially variable strength parameters: the case of Qianjiangping landslide. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, 2017, no. 3, pp. 839–853.
4. Strokova L.A. Numerical model of surface subsidence during subway tunneling. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2009, vol. 46 (3), pp. 117–119.
5. Purgina D.V., Strokova L.A., Kuzevanov K.I. Modeling hydrogeological conditions for antilandslide measures justification on the plot of the Kama river embankment in Perm. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 1, pp. 116–127. In Rus.
6. Ma Fengshan, Li Zhanlu, Wang Jie, Ding Kuo. Monitoring and engineering geology analysis of the Zhangmu landslide in Tibet, China. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, 2017, no. 3, pp. 855–873.
7. Strokova L.A., Dutova E.M., Ermolaeva A.V., Alimova I.N., Strelnikova A.B. Karst hazard assessment in the design of the main gas pipeline (South Yakutia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2015, vol. 27, article no. 012032.
8. Fan Y.B., Yang S.W., Xu L.K., Feng C., Liang B.F. Real time monitoring instrument designed for the deformation and sliding period of colluvial landslides. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, 2017, no. 3, pp. 829–838.
9. Bezuglova E.V., Matsiy S.I., Podtelkov V.V. *Opolznevy risk transportnykh prirodno-tekhnicheskikh sistem* [Landslide risk of transport natural-technical systems]. Krasnodar, Kuban state agricultural University Press, 2015. 238 p.
10. Song Kun, Lu Gongda, Zhang Guodong, Liu Yiliang. Influence of uncertainty in the initial groundwater table on long-term stability of reservoir landslides. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*, 2017, no. 3, pp. 901–908.
11. Konyushkov V.V. Engineering protection of lands from erosion processes, taking into account natural conditions and anthropo-

- genic influences. *Bulletin of civil engineers*, 2017, no. 2 (61), pp. 137–142. In Rus.
12. Dobrov E.M. *Mekhanika gruntov* [Soil Mechanics]. Moscow, Akademiya Publ. center, 2013. 266 p.
 13. Slyshkina E.S., Bershov A.V., Baranov A.A., Sas I.E., Gavrilov A.V. Contemporary activity of landslides on the southern slopes of Psekhako ridge in the basin of Mzymta river. *Engineering surveying*, 2016, no. 13, pp. 68–78. In Rus.
 14. Olkhoverko V.E. *Osnovy inzhenernoy geologii i mekhaniki gruntov* [Fundamentals of engineering Geology and soil mechanics]. Tomsk, TGASU Publ., 2008. 311 p.
 15. Simonyan V.V. *Izucheniye opolznevykh protsessov geodezicheskimi metodami* [Study of landslide processes by geophysical methods]. Moscow, MGSU Publ., 2015. 171 p.
 16. Pendine V.V., Fomenko I.K. *Metodologiya otsenki i prognoza opolznevoy opasnosti* [Methodology for assessment and prediction of landslide hazard]. Moscow, Lenand Publ., 2014. 310 p.
 17. Konyushkov V.V., Veselov A.A., Beliy A.A. Engineering development and landscaping on the ash soils for the expansion of the container terminal of sea port of St. Petersburg. *Bulletin of civil engineers*, 2017, no. 3 (62), pp. 70–83. In Rus.
 18. Derevenets F.N., Matsiy S.I. Estimation of the ultimate resistance of piles in interaction with landslide ground. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2016, no. 4, pp. 14–18. In Rus.
 19. Mangushev R.A., Konyushkov, V.V., D'yakonov I.P. Analysis of Practical Application of Screw-in Cast Piles. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2014, vol. 51, no. 5, pp. 11–16.
 20. Ilichev V.A. Mangushev R.A., Karaulov A.M., Bogomolov A.N., Korolev K.V., Matsiy S.I. *Spravochnik geotekhnika. Glava 11. Raschet ustoychivosti otkosov i sklonov* [Handbook of geotechnical engineering. Chapter 11. Calculation of stability of slopes]. Moscow, ASV Publ., 2016. pp. 588–651.
 21. Mangushev R.A., Konyushkov V.V., Sapin D.A. Engineering and geotechnical investigations for construction and reconstruction in dense urban. *Industrial and civil construction*, 2016, no. 5, pp. 47–54. In Rus.

Received: 23 October 2017.

Information about the authors

Vladimir V. Konyushkov, Cand. Sc., associate professor, St.Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

Anatoliy A. Veselov, Dr. Sc., professor, St.Petersburg state University of Architecture and Civil Engineering.

Lidiya N. Kondratyeva, Dr. Sc., professor, St.Petersburg state University of Architecture and Civil Engineering.