

СОВРЕМЕННАЯ АКТИВНОСТЬ ОПОЛЗНЕЙ ЮЖНОГО СКЛОНА ХРЕБТА ПСЕХАКО В БАССЕЙНЕ РЕКИ МЗЫМТА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

MODERN ACTIVITY OF LANDSLIDES ON THE SOUTHERN SLOPE OF THE PSEKHAKO RIDGE IN THE MZYMTA RIVER BASIN (THE NORTH-WEST CAUCASUS)

СЛЫШКИНА Е.С.

Ведущий инженер-геолог ГК «ПетроМоделинг», аспирант кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, elena.slyshkina@petromodeling.com

БЕРШОВ А.В.

Генеральный директор ГК «ПетроМоделинг», ассистент кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, alexey.bershov@petromodeling.com

БАРАНОВ А.А.

Заместитель начальника отдела камеральной обработки ГК «ПетроМоделинг», г. Москва, artem.baranov@petromodeling.com

САС И.Е.

Ведущий инженер-геолог ГК «ПетроМоделинг», инженер научной лаборатории неразрушающего контроля и диагностики Московского государственного горного университета, г. Москва, ivan.sas@petromodeling.com

ГАВРИЛОВ А.В.

Начальник отдела камеральной обработки ГК «ПетроМоделинг», аспирант кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, alexander.gavrilov@petromodeling.com

SLYSHKINA E.S.

Leading engineer-geologist of the "PetroModeling" group of companies, postgraduate student of the Geology Faculty of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, elena.slyshkina@petromodeling.com

BERSHOV A.V.

General director of the "PetroModeling" group of companies, assistant lecturer of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, alexey.bershov@petromodeling.com

BARANOV A.A.

Deputy head of the Office Processing Department of the "PetroModeling" group of companies, Moscow, artem.baranov@petromodeling.com

SAS I.E.

Leading engineer-geologist of the "PetroModeling" group of companies, engineer of the Research Laboratory of Nondestructive Inspection and Diagnostics of the Moscow State Mining University, Moscow, ivan.sas@petromodeling.com

GAVRILOV A.V.

Head of the Office Processing Department of the "PetroModeling" group of companies, postgraduate student of the Geology Faculty of Lomonosov Moscow State University, Moscow, alexander.gavrilov@petromodeling.com

Ключевые слова:

хребт Псехако; р. Мзымта; р. Ачипсе; г. Сочи; инженерно-геологические условия; оползневый склон; оползневые процессы.

Key words:

Psekhako Ridge; Mzymta River; Achipse River; Sochi City; engineering-geological conditions; landslide slope; landslide processes.

Аннотация

В статье проанализированы основные факторы и триггерные причины развития оползневых процессов на южном склоне хребта Псехако в долине реки Ачипсе (правого притока реки Мзымта) на Северо-Западном Кавказе и их современная динамика. Показано, что главную роль в их природной активизации играют увлажнение верхней части разреза за счет продолжительных дождей и снеготаяния и сильные сейсмические воздействия. Отмечена высокая вероятность возникновения или активизации оползней в осенне-зимне-весенний период, обусловленная выпадением экстремально большого количества атмосферных осадков. Систематизированы и описаны триггерные схемы развития оползневых деформаций на участке исследования.

Abstract

The article analyzes the main factors and trigger reasons of development of landslide processes on the southern slope of the Psekhako Ridge in the valley of the Achipse River (a right tributary of the Mzymta River) in the North-West Caucasus and their modern dynamics. It is shown that moistening the upper part of the section (due to long-lasting rains and snowmelt) and strong seismic motions play the main role in their natural activation. It is noted that there is high probability of formation or activation of landslides in the autumn-winter-spring period due to extremely large amount of atmospheric precipitation. Trigger schemes of development of landslide deformations in the surveyed area are systematized and described.

Введение

В последнее десятилетие в связи с интенсивным хозяйственным освоением горного кластера Адлерского района города Сочи Краснодарского края все большее значение приобретают инженерно-геологические исследования экзогенных геологических процессов (ЭГП), среди которых особое место занимают оползневые процессы и их современная динамика.

Оползневые процессы являются самыми распространенными и в то же время наиболее сложными, длительными и многофакторными ЭГП. Внезапность проявления, непредсказуемость, тесная связь с другими геологическими процессами и явлениями делают оползни серьезной проблемой, угрожающей различным хозяйственным и туристическим объектам.

В настоящее время выявлено, что динамика оползневых процессов определяется совокупностью взаимосвязанных факторов (спецификой геологического строения, тектоническими, геоморфологическими, климатическими, сейсмическими особенностями, палеогеографическими и неотектоническими условиями территории, растущей антропогенной нагрузкой). Все эти факторы обладают собственной динамикой и в разной степени оказывают влияние на активность оползней.

Актуальность изучения динамики этих процессов обуславливается в первую очередь их возможными катастрофическими проявлениями в зонах строительства и эксплуатации зданий и сооружений, в том числе туристических комплексов, гостиниц, канатных дорог, трасс для катания.

Оползневые процессы и их динамика рассматриваются в данной статье на примере участка южного склона хребта Псехако в долине реки Ачипсе (правого притока реки Мзымта) площадью 1,8 км² (рис. 1).

В пределах всего южного склона хребта Псехако на территории площадью 8,7 км² А.В. Гаврилов с соавторами [4] выявили 548 оползневых тел, которые впоследствии были разделены ими на пять типов:

- чрезвычайно большие, очень большие и большие инсеквентные оползни в неветрелых коренных породах (пораженность ими исследуемой территории в среднем составляет 15%);
- большие, средние и небольшие асеквентные оползни, развитые в элювиальных грунтах (34%);
- большие, средние и небольшие асеквентные вторичные оползни в телах оползней второго типа (3%);
- средние асеквентные оползни в грунтах невыясненного генезиса (предположительно делювиальных) (менее 1%);
- небольшие оползни-сплывы в техногенных грунтах (менее 1%).

Общая пораженность склона оползневыми процессами составляет 52%, однако на некоторых довольно обширных его участках она достигает 100% [4].

Цели данной статьи заключаются в установлении основных факторов и триггерных причин формирования или активизации оползней на южном склоне хребта Псехако и оценке их малоизученной динамики, по которой до сих пор имелись лишь данные нерегулярного геодезического контроля (при этом отсутствуют не только описательные и количественные, но и пространственно-временные характеристики оползней, которые могут быть восстановлены только на основании тщательного изучения их отложений).

Физико-географические и инженерно-геологические условия исследуемого района

Как уже указывалось, в ходе работ было проведено исследование участка, располагающегося на южном



Рис. 1. Расположение участка исследования. Совмещенный фрагмент двух топографических карт Главного управления геодезии и картографии (1978 и 1980 гг.) масштаб 1:100 000

склоне хребта Псехако в долине реки Ачипсе, являющейся правым притоком реки Мзымта (рис. 2).

Географическое положение рассматриваемой территории, система высоких хребтов Большого Кавказа [14] и близость Черного моря обусловили наличие здесь влажного теплого климата, значительно меняющегося в зависимости от высотной поясности и экспозиции склонов [7]. Экранирующее расположение горной системы на пути меридионального переноса влажных воздушных масс благоприятствует выпадению обильных атмосферных осадков [17].

В геоморфологическом отношении участок исследования расположен на эрозионно-денудационном левобережном склоне долины р. Ачипсе. С юга и севера он ограничен высотами 550–1 050 м над уровнем моря и имеет уклон поверхности 5–15°, местами углы наклона достигают 45–60°. Участок изрезан долинами левобережных притоков р. Ачипсе первого и второго порядков. Наиболее крупные ручьи протекают в его центральной части.

В строении верхней части разреза на исследуемом участке принимают участие отложения юрской и четвертичной систем [11].

Среди отложений четвертичной системы выделяются элювиальные (eQ(J1tr, J1bp)), разновозрастные оползневые (dpQIV, dpQIII-IV), делювиальные (dQIV) и аллювиальные (aQIV) отложения от дресвяных, щебенисто-глибовых до супесчано-суглинистых [18].

Терригенная формация юры представлена (сверху вниз) [12]:

- толщей дезинтегрированных рассланцованных аргиллитов с редкими прослойками алевролитов верхней подсвиты свиты реки Туровая (J1tr2);
- толщей аргиллитов с частыми прослойками сидеритов и горизонтами базальтовых порфиритов суммарной мощностью до 1 000 м нижней подсвиты свиты реки Туровая (J1tr1);

- аргиллитами с более редкими прослойками алевролитов и песчаников мощностью до 780 м и подстилающими их флишоидно переслаивающимися песчаниками, алевролитами и аргиллитами мощностью до 140 м бзепийской свиты (J1bp).

В тектоническом плане рассматриваемый участок располагается в западной части центрального сегмента мегасвода Большого Кавказа (который является областью интенсивных неотектонических процессов) [15] в пределах Мзымтинской шовной зоны — на сопряжении нескольких тектонических единиц различного порядка. Он находится в пределах Псехако-Березовской структурной единицы [5], характеризующейся дисгармоничной напряженной складчатостью пород [17] и разрывными нарушениями (Этосадокским разломом и его южными ветвями, Северо-Этосадокским разломом и южными ветвями Главного кавказского разлома). К зонам тектонических дислокаций приурочены крупные оползневые тела [3]. Они также сопровождаются интенсивным рассланцеванием пород.

Подземные воды на участке исследования распространены повсеместно в верхней части геологического разреза и представлены двумя водоносными горизонтами — порово-пластовыми водами четвертичных отложений и трещинными водами юрских отложений [6].

Проявления опасных геологических процессов в пределах исследуемой территории обусловлены сложными инженерно-геологическими условиями (сильной гипсометрической расчлененностью в сочетании с характером пород и климатом). Из экзогенных здесь широко распространены эрозионные и оползневые процессы, из эндогенных — повышенная сейсмическая активность и развитие тектонических деформаций по зонам разломов.

Сейсмичность территории оценивается величиной 8 баллов [9]. Основные сейсмогенерирующие струк-

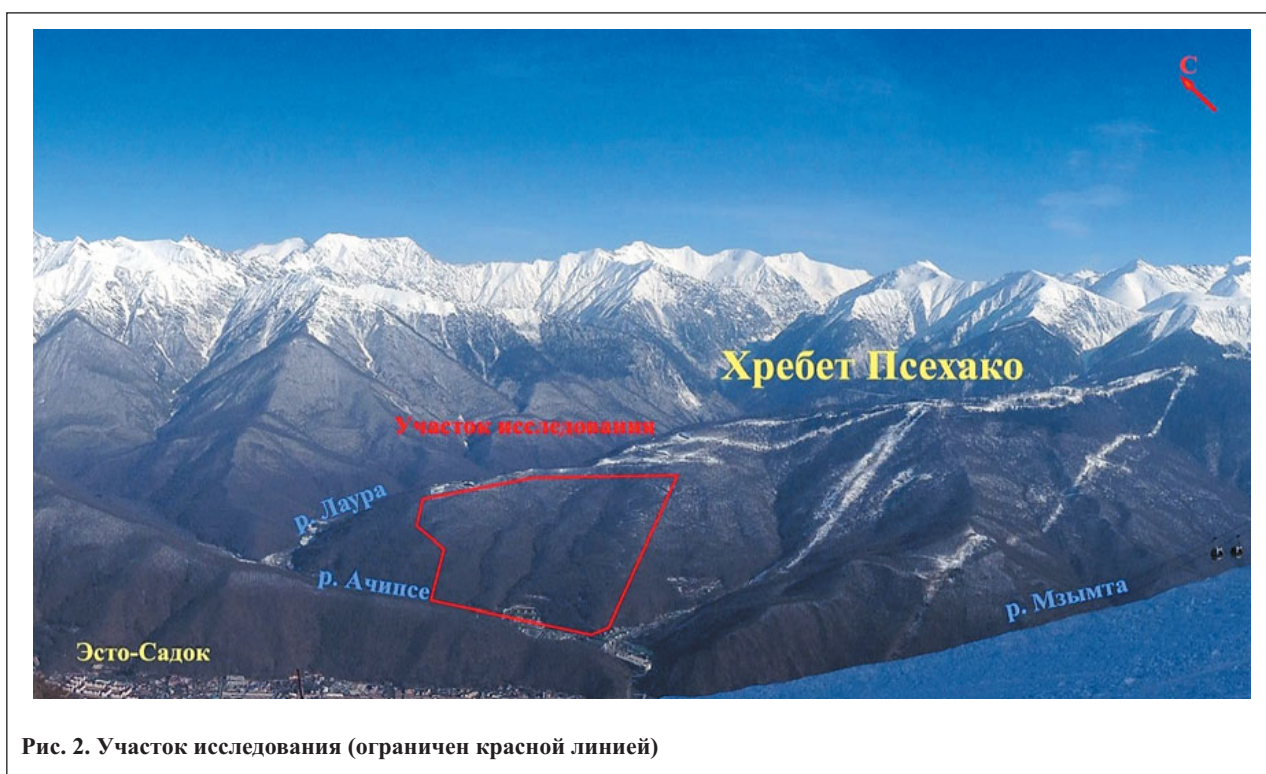


Рис. 2. Участок исследования (ограничен красной линией)

туры представлены глубинными разломами, которые выражены у кровли земной коры новейшими шовными зонами разных типов и с которыми связаны сильнейшие землетрясения (например, Рачинское 1991 года) с магнитудой около 7 и глубиной очага порядка 5 км [22]. В условиях отсутствия сильных сейсмических событий скорость вертикальных тектонических движений по разломным зонам по геодезическим данным составляет 8–9 мм в год [8].

Методика проведения работ

Первый этап исследований включал камеральные работы по обработке научно-технической литературы, фондовых материалов и дешифрированию космоснимков южного склона хребта Псехако. Исходя из полученных данных была оцифрована территория площадью 1,8 км² с широким развитием оползневых деформаций, на которой практически отсутствует антропогенное воздействие на природные системы и располагаются два безымянных притока р. Ачипсе с изменяющейся по склону глубиной эрозионного вреза.

На основе материалов лазерного сканирования [2] (цифровых моделей рельефа высокого уровня детализации) была построена карта уклонов исследуемого участка, выполнен анализ его геологического строения и выделены оползневые тела в его пределах (рис. 3).

Выделение оползневых тел осуществлялось на основе анализа морфологии склона. Участкам с кру-

тизной склона до 10–15° отвечают поверхности оползневых тел, образование которых происходило на более крутых и высоких склонах. Крутизна стенок отрыва как по маршрутным наблюдениям, так и по карте-схеме уклонов составляет 30–45°. Максимальные уклоны поверхности (60°) выявлены в основном на бортах притоков р. Ачипсе. В процессе формирования современного облика склона в результате оползневых смещений, процессов денудации и аккумуляции дисперсного материала происходило сглаживание рельефа и, как следствие, уменьшение его крутизны.

На основе этих данных были запланированы маршрутные наблюдения в нижней части участка исследования вдоль р. Ачипсе с последующим продвижением вверх по склону для обследования оползневых тел, эрозионных врез, стенок отрыва, природных обнажений.

Второй этап включал полевые работы с проведением детальных исследований русел двух безымянных притоков р. Ачипсе, пересекающих участок работ, и прилегающих к ним водоразделов, изучением геологических и геоморфологических особенностей оползневых тел и проведением морфологического и генетического анализа.

Третий этап исследований состоял из камеральной обработки материалов, собранных в период полевых работ, схематизации оползней, составления схем, анализа факторов и триггерных причин образования оползней и их современной динамики.

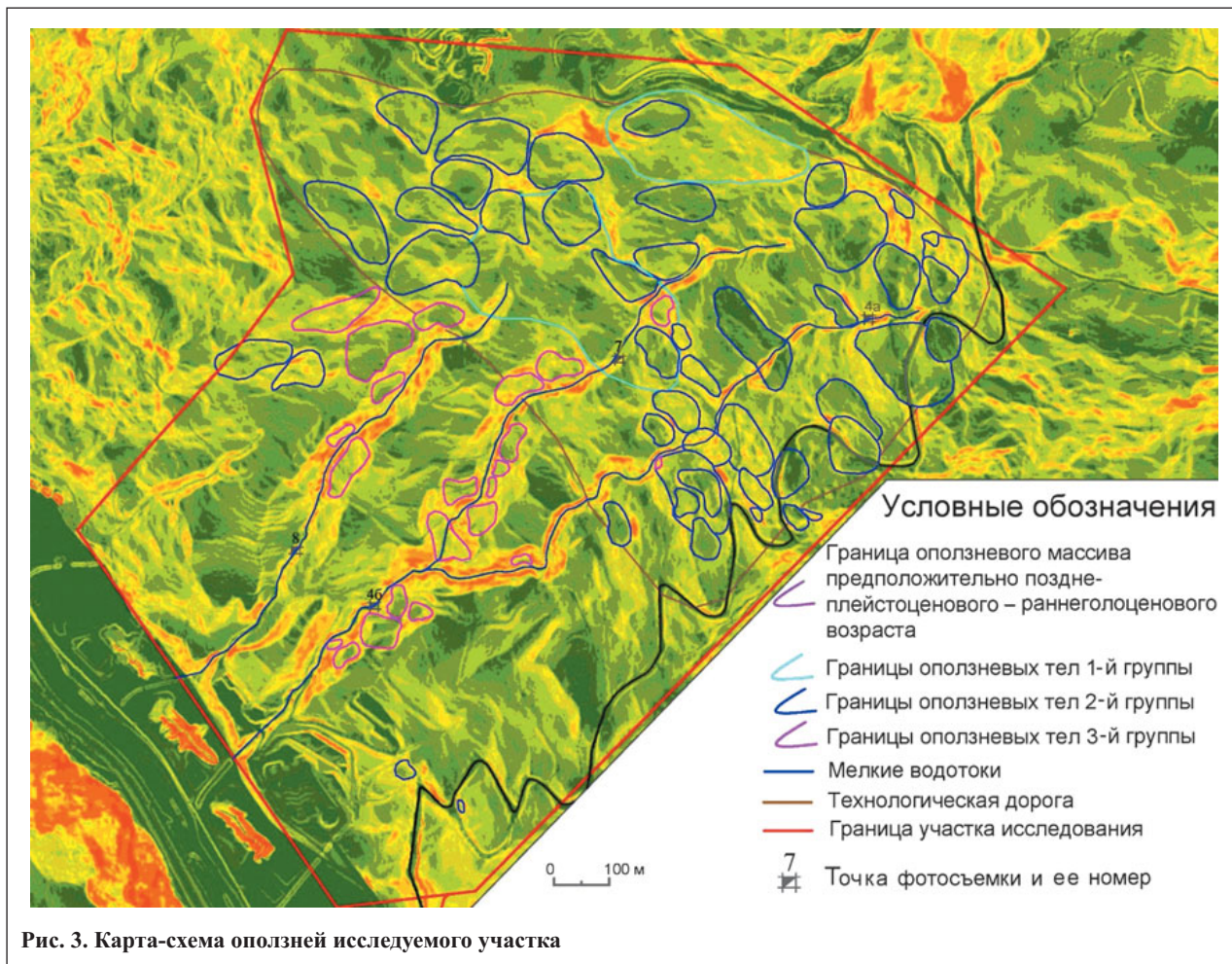


Рис. 3. Карта-схема оползней исследуемого участка

Современная оползневая ситуация

Понимание современной оползневой ситуации и выяснение причин оползнеобразования требовали достаточно большого объема полевых исследований, в состав которых входили:

- литолого-стратиграфическое изучение комплексов четвертичных отложений, так как в большинстве случаев средой развития оползневых деформаций являются четвертичные (делювиальные, элювиальные и древнеоползневые) накопления, определяющие механизмы развития различных типов оползней и их пространственные проявления;
- изучение непосредственно оползневых процессов;
- исследование других склоновых процессов (для рассматриваемого участка — эрозионных), прямо или косвенно оказывающих воздействие на формирование или активизацию оползней.

Как уже отмечалось, полевые работы начались с исследования долин двух постоянных водотоков — притоков р. Ачипсе, берущих начало в верхней части исследуемого участка в 50 м западнее технологической дороги (см. рис. 3). Они представлены хорошо выраженными линейно вытянутыми понижениями со слабоизвилистыми руслами. Абсолютные высоты их водосборного бассейна площадью около 26,7 га варьируют от 545 до 1 055 м. Поперечные сечения образующих ими эрозионных форм имеют V-образные крутосклонные очертания. Крутизна склона в значительной степени зависит от характера пород, слагающих его с поверхности. Глубина эрозионных врезов рассматриваемых притоков изменяется от 1–3 м в верховьях (рис. 4, а) до 12–15 м в устьевых частях (рис. 4, б), где было отмечено наибольшее распространение современных оползней-сплывов. Их ширина меняется от 2 до 10 м, средний уклон русел — от 7 до 43°, что в той или иной мере обуславливает развитие глубинной и боковой эрозии, а также интенсивность проявлений оползневых процессов.

Во время маршрутных исследований большое внимание уделялось изучению и описанию оползневых деформаций, которые наиболее широко распространены в пределах оползневого массива, расположенного в верхней части карты-схемы, представленной на рис. 3.

Оползневые тела на изучаемом участке формируются в основном на юрском субстрате с деформированием пород четвертичного возраста. Они различаются по генезису, морфологическим признакам, возрасту, механизму захвата грунтов, имеют различные объемы и характеризуются различной степенью активности.

По масштабности проявлений оползневых процессов в пределах исследуемого участка были выявлены склоновые деформации [20]:

- очень большие (с объемами вовлеченных в смещение горных пород в несколько миллионов кубических метров);
- большие (сотни тысяч кубических метров);
- средние (десятки тысяч кубических метров);
- небольшие (первые тысячи кубических метров).

Проводимые исследования позволили выделить три группы проявлений оползневых процессов исходя из возраста их формирования, базиса смещения и объема вовлеченных в смещения пород (см. рис. 3).

К первой группе было отнесено два очень больших оползневых тела, сформировавшихся предположительно в позднем плейстоцене — раннем голоцене, когда локальный базис эрозии исследуемого участка (р. Ачипсе) соответствовал, вероятно, современным абсолютным отметкам 740–760 м [15]. Они располагаются в верхней части рис. 3. Их объемы изменяются от 1,5 до 3,0 млн м³. По механизмам смещения это оползни сдвига [20], что по характеру развития деформаций подразумевает сдвиг с блоковым смещением тела и образование вогнутой криволинейной или плоской поверхности скольжения. Это инсеквентные (срезающие) оползни, которые харак-



Рис. 4. Русло безымянного притока р. Ачипсе в его верховье (а) и низовье (б)

теризуются отрывом и смещением блоков пород по вогнутой криволинейной поверхности с их одновременным запрокидыванием (рис. 5). Данные оползневые тела имеют протяженность по направлению смещения 160–250 м и ширину 370–450 м. Предполагаемая поверхность смещения находится в невыветрелых коренных породах, при этом мощность оползневых отложений изменяется от 8–12 м в верхней части участка исследования до примерно 20 м в зоне аккумуляции, в среднем составляя 15 м. Причиной формирования двух указанных оползней предположительно является увеличение крутизны склона за счет одновременного воздымания территории и активного врезания р. Ачипсе. При достижении критической крутизны и, вероятно, крупном сейсмическом событии произошло оползание масс грунта. Современная поверхность оползней залесена и осложнена многочисленными более поздними оползневыми деформациями. Наиболее крупное оползневое тело, расположенное на более высоких абсолютных отметках (см. рис. 3), пересекается эрозионным врезом, что свидетельствует о его достаточно длительной общей стабилизации. Признаков современной активности оползней первой группы во время проведения полевых работ не наблюдалось.

При более ранних обследованиях на сопряженных территориях также были выявлены чрезвычайно большие и очень большие инсеквентные и консеквентные оползни предположительно позднеплейстоценового – раннеголоценового возраста, формирование которых, вероятно, было спровоцировано эрозионным врезом р. Ачипсе и/или сейсмическими событиями.

Ко второй группе было отнесено 46 больших, средних и небольших оползневых тел, сформировавшихся предположительно в раннем и позднем голоцене и на современном этапе. Они располагаются преимущественно в верхней и средней части рис. 3. Оползневые деформации направлены в сторону р. Ачипсе, являющейся базисом смещения. Оползни этой группы развивались с захватом оползневых отложений первой группы и в делювиальных отложениях на ранее ненарушенных склонах, а также в элювиальных грунтах. Причем существуют два варианта образования поверхности скольжения — когда она

целиком находится в толще элювиальных грунтов (рис. 6) или когда имеет сложную форму и приурочена к условной границе между элювиальными и невыветрелыми отложениями. По механизмам смещения это оползни сдвига [20]. Они относятся к асеквентным (с отрывом и смещением блоков пород по вогнутой криволинейной поверхности с их одновременным запрокидыванием в однородных по своему строению толщах) и консеквентным (соскальзывающим, с отрывом и смещением блоков пород по поверхности раздела делювия и коренных пород) оползням. Оползневые тела данной группы имеют протяженность по оси смещения от 15 до 170 м, ширину от 15 до 300 м и объем примерно от 1,5 тыс. м³ (небольшие) до 70 тыс. м³ (средние) и 960 тыс. м³ (большие). Глубина залегания поверхности смещения изменяется от 4 до 20 м. Основными факторами, влияющими на формирование или активизацию этих оползней, служат атмосферные осадки. Их современная поверхность залесена, свежие трещины растяжения отсутствуют, что свидетельствует о стадии временной стабилизации деформаций. Однако в ходе полевых работ на поверхности оползневых тел наблюдались вторичные деформации в виде оползней небольших объемов.

К третьей группе (см. рис. 3) были отнесены 43 различных по масштабу (от больших и средних до небольших) оползневых тел, сформировавшихся в позднем голоцене и на современном этапе на ненарушенных склонах (в делювиальных грунтах), в том числе единичные оползни, образовавшиеся в пределах оползневых тел первой и второй групп, и современные вязкопластические оползни-сплывы на бортах безымянных ручьев, которые не выделены на рис. 3 из-за их незначительных размеров. На рисунке 3 оползни этой группы располагаются вдоль безымянных притоков р. Ачипсе, являющихся их базисом. Это асеквентные и консеквентные оползни сдвига [20]. Они имеют протяженность по оси смещения от 13 до 80 м, ширину от 20 до 140 м, глубину залегания поверхности смещения от 1 до 11 м, объем вовлеченных в смещение горных пород примерно от 0,1 до 100 тыс. м³. Основными факторами, влияющими на их формирование или активизацию, служат атмосферные осадки. В период проведения полевых работ часть оползневых тел находилась на стадии совре-

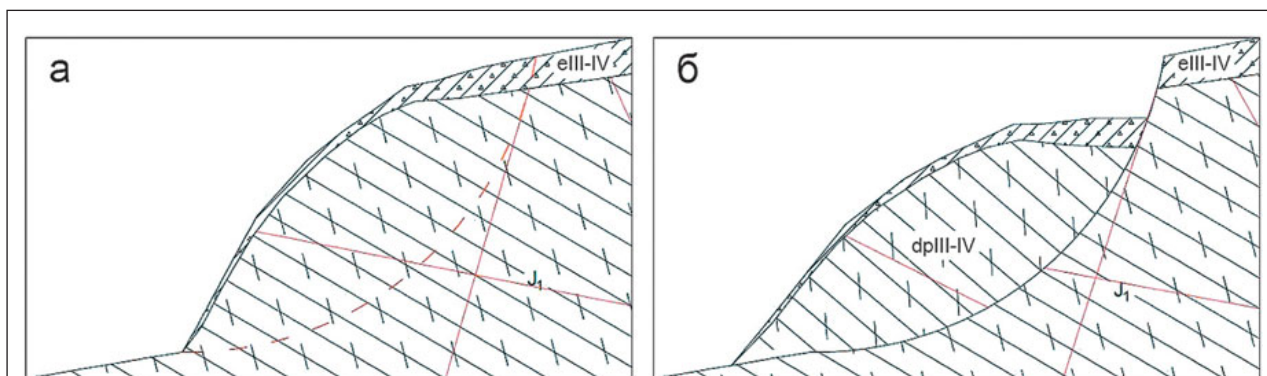


Рис. 5. Схема формирования инсеквентных оползней первой группы: а — образование крутого и высокого склона в результате активных эрозионных процессов р. Ачипсе; б — возникновение поверхности скольжения в коренном массиве нижнеюрских пород в результате эрозионного процесса или крупного сейсмического события. Красные линии — зоны трещиноватости

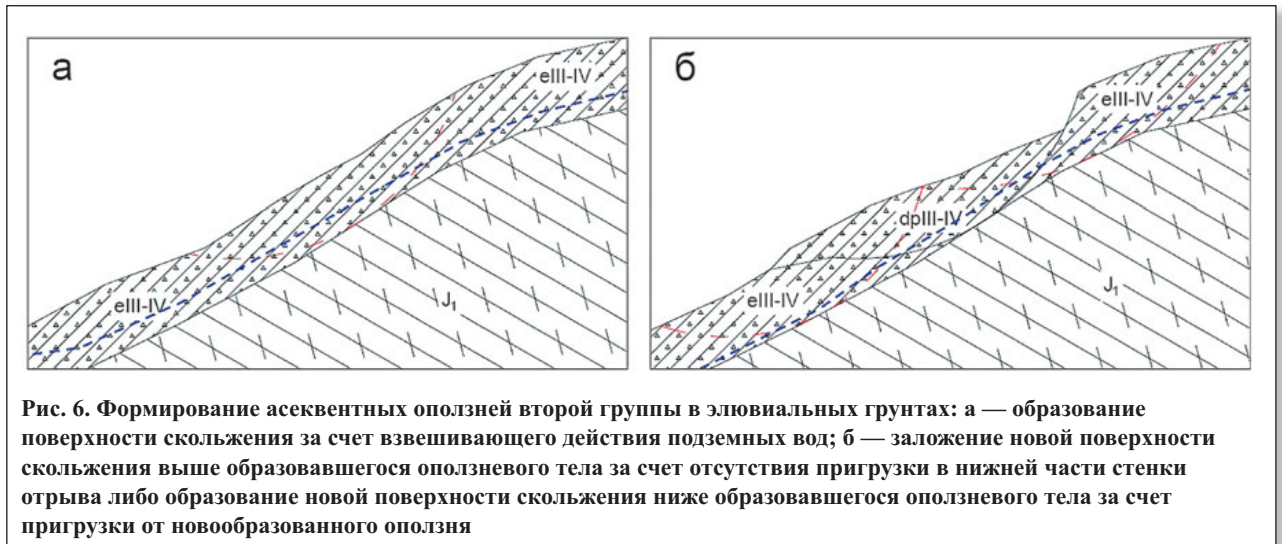


Рис. 6. Формирование асеквентных оползней второй группы в элювиальных грунтах: а — образование поверхности скольжения за счет взвешивающего действия подземных вод; б — заложение новой поверхности скольжения выше образовавшегося оползневого тела за счет отсутствия пригрузки в нижней части стенки отрыва либо образование новой поверхности скольжения ниже образовавшегося оползневого тела за счет пригрузки от новообразованного оползня

менной стабилизации, часть — на стадии основного смещения. При обследовании хорошо просматривались свежие трещины растяжения, оконтуривающие тела оползней, а также поверхности оседания с образованием западин, валы выпирания в основании склона и поваленные деревья (рис. 7, 8).

Полевые исследования также включали зачистку бортов эрозионных врезов и обнажений, литолого-стратиграфическое изучение комплексов четвертичных отложений, слагающих верхнюю часть разреза, и их подробное детальное описание, необходимое для определения приуроченности поверхности скольжения к тому или иному комплексу, что является одним из признаков отнесения оползневых тел к той или иной группе.

В верховьях безымянных притоков р. Ачипсе были вскрыты (сверху вниз):

- современная почва (мощностью 0,4 м);
- коричневые делювиальные дресвяно-щебенистые грунты с суглинистым заполнителем (1,4–2,3 м) или коричневые, серо-коричневые оползневые дресвяно-щебенистые грунты с суглинистым заполнителем, суглинками с дресвой и щебнем аргиллита;
- светло- и темно-серые элювиальные суглинки и глины (0,2–1,2 м);

- темно-серые и черные аргиллиты (вскрытой мощностью 1,2 м).

В одном из обнажений на правом борту притока после зачистки были обнаружены (сверху вниз):

- дресвяно-щебенистые грунты с суглинистым заполнителем (1,5–2,0 м) — предположительно перемятая оползневая толща;
- элювиальные отложения темно-серого цвета (0,8–1,0 м) — предположительно по поверхности смещения оползневого тела;
- коренные породы — аргиллиты (видимой мощностью 0,4 м).

Ниже по склону в зачистке была обнаружена граница раздела между вышележащей толщей серых суглинков с дресвой и щебнем аргиллита мощностью 0,25 м и нижележащей толщей дресвяно-щебенистого грунта с суглинистым заполнителем и обломками коричневого аргиллита.

На этом же гипсометрическом уровне на правом борту соседнего рукава притока после зачистки были обнаружены (сверху вниз):

- дресвяно-щебенистые грунты с суглинистым заполнителем и глыбами коренных пород (аргиллитов) (3,4 м) — предположительно перемятая оползневая толща;



Рис. 7. Мелкий оползень на левом борту безымянного притока р. Ачипсе. Красная линия оконтуривает оползневое тело, красная стрелка показывает направление смещения оползня



Рис. 8. Мелкий оползень на правом борту безымянного притока р. Ачипсе. Красная линия оконтуривает оползневое тело, красная стрелка показывает направление смещения оползня

- элювиальные отложения темно-серого цвета (0,7 м) — предположительно по поверхности смещения оползневого тела;
- коренные породы — аргиллиты (видимой мощностью 1,6 м).

В низовьях безымянных притоков р. Ачипсе были вскрыты (сверху вниз):

- современная почва (0,25 м);
- коричневые и серо-коричневые делювиальные дресвяно-щебенчатые грунты с суглинистым заполнителем, суглинками с дресвой и щебнем аргиллита (видимой мощностью 9,0–12,0 м).

Обсуждение результатов

Проведенные полевые исследования и анализ инженерно-геологических и гидрометеорологических условий показали, что на динамику оползневых процессов на исследуемом участке оказывает влияние большое количество различных факторов.

Значительную оползневую пораженность северной части исследуемого участка, сложенной дезинтегрированными аргиллитами с редкими прослойками алевролитов и сидеритов верхней подсвиты свиты реки Туровая, обуславливает геологическое строение территории.

Южная часть участка сложена аргиллитами с частым присутствием сидеритов и горизонтов базальтовых порфиритов нижней подсвиты свиты реки Туровая и образует структурные террасы, где наиболее прочные породы чередуются с отложениями, легко поддающимися выветриванию. Масштабных проявлений оползневых процессов за время проведения полевых работ здесь выявлено не было.

На развитие оползневых процессов влияет и их приуроченность к разломным структурам [1, 7]. Разрывные нарушения, имеющиеся вблизи участка исследования, формируют ослабленные зоны (зоны интенсивного расслабевания) [17] в массиве коренных пород, что приводит к дальнейшей дезинтеграции отложений с превращением их в рыхлые неустойчивые грунты и служит одним из факторов оползнеобразования.

Большое воздействие на динамику оползневых деформаций оказывает морфология исследуемого участка склона. Сильно расчлененный рельеф, значительные перепады высот на небольшой площади и существенная изрезанность гидрографической сетью создают благоприятные условия для развития здесь оползневых процессов.

Для возникновения или активизации опасных оползневых деформаций большое значение имеет интенсивное выветривание коренных пород [13]. Чередование увлажнения и высушивания, промерзания и оттаивания при значительных амплитудах их показателей приводит к усилению растрескивания и выветривания пород и, как следствие, к снижению их прочностных характеристик и возможному последующему оползанию.

Также велика роль режима увлажнения и температурного режима из-за наличия в разрезах исследуемого участка большого количества суглинистых и глинистых грунтов [13]. Изменения их свойств в значи-

тельной степени определяются колебаниями количества и вида атмосферных осадков. Резкие различия между дневным нагреванием и ночным охлаждением поверхности грунтов приводят к развитию физического и механического выветривания, особенно активно протекающего в глинистых породах (аргиллитах, глинистых сланцах) и проникающего в глубину до 10–20 м [21]. Все это подготавливает условия для формирования или активизации оползней.

Таким образом, факторами, обеспечивающими обширное распространение оползневых процессов на участке исследования, являются:

- широкое распространение выветриваемых аргиллитов и глинистых отложений;
- высокая степень расчлененности рельефа;
- наличие ослабленных зон вблизи тектонических нарушений;
- повсеместное распространение рассланцованных пород;
- изменение скорости современных тектонических движений;
- режим увлажнения территории;
- температурный режим.

Основными непосредственными причинами формирования или активизации оползней первой группы на участке исследования (рис. 9) являются увеличение крутизны склона и/или сейсмические события. В результате одновременного воздымания территории и врезания р. Ачипсе образовывался крутой и достаточно высокий склон. Когда в его нижней части действующие напряжения становились больше, чем прочностные параметры грунтов (при достижении критической крутизны склона), и/или, вероятно, при крупных сейсмических событиях склон терял устойчивость и в коренном невыветрелом массиве нижнеюрских пород образовывались поверхности скольжения. В период заложения оползневых тел первой группы (в позднем неоплейстоцене — раннем голоцене) локальный базис эрозии исследуемого участка (р. Ачипсе) соответствовал, вероятно, современным абсолютным отметкам 740–760 м [15]. Именно поэтому в настоящее время оползневые тела располагаются в верхней части исследуемого склона. В дальнейшем происходило изменение тектонического режима (уменьшалась скорость воздымания), в результате чего процессы поверхностного смыва стали преобладать над оползневыми и произошла стабилизация оползневых тел первой группы.

Триггерной причиной формирования или активизации оползней второй и третьей групп в районе работ являются атмосферные осадки (как жидкие, так и твердые) и снеготаяние (см. рис. 9, рис. 10). Вследствие избыточного увлажнения оползневых склонов (за счет таяния снежного покрова или затяжных моросящих дождей) происходит инфильтрация осадков через суглинистые горизонты. Далее развитие оползневых деформаций может продолжиться по двум сценариям. В первом случае это приводит к переувлажнению верхних горизонтов (преимущественно делювиальных, оползневых, реже элювиальных отложений) с образованием поверхностных оползней третьей группы и оползней-сплывов за счет снижения показателей физико-механических свойств грунтов. Во вто-



ром случае происходит подъем уровня грунтовых вод (расположенных преимущественно в оползневых и элювиальных отложениях), а также находящихся в коренных породах трещинных вод (до первых десятков

метров). Это приводит к образованию оползней второй группы (со сравнительно глубоко залегающей поверхностью скольжения) преимущественно в элювиальных грунтах за счет взвешивающего действия под-



земных вод, реже — в оползневых отложениях за счет водонасыщения.

Во время катастрофических ливней и сильных краткосрочных дождей происходит стекание осадков по поверхности суглинистого склона и активизация боковой и донной эрозии. В результате со временем изменяется местный базис эрозии и увеличиваются углы наклона склонов с последующим образованием неглубоких и сравнительно неглубоких оползней второй и третьей групп преимущественно в делювиальных и оползневых отложениях, реже — в элювиальных.

Таким образом, главными непосредственными причинами, вызывающими повсеместное развитие оползневых деформаций на исследуемом участке, являются атмосферные осадки, эрозионная деятельность ручьев и сейсмичность территории.

Все вышесказанное позволяет говорить о высокой вероятности возникновения или активизации на исследуемом участке оползневых процессов в осенне-зимне-весенний период в результате выпадения экстремально большого количества снега зимой или затяжных дождей в начале весны и в конце осени.

Современную динамику оползневых процессов на рассматриваемом участке можно охарактеризовать по нескольким критериям — активности, масштабности и времени возникновения их проявлений.

В пределах исследуемой территории можно выделить оползневые тела, активные в настоящее время (см. таблицу), о чем свидетельствуют новые смещения, деформации, свежие трещины растяжения и многочисленные поваленные деревья. Кроме этого можно выделить еще две группы оползней — временно стабилизировавшиеся (достигшие динамического равновесия) и длительно стабилизировавшиеся (когда оползневые тела значительно снивелированы, задержаны и слабо выражены в рельефе).

Степень пораженности участка исследования оползневыми процессами составляет 34%, при этом

7% территории поражено современными активными оползнями.

По масштабности проявления, времени образования и базису смещения среди оползней выделяются (см. таблицу):

- очень большие, предположительно образовавшиеся в позднем плейстоцене – раннем голоцене;
- большие и средние ранне- и позднеголоценовые и современные природные, связанные с эрозионной деятельностью р. Ачипсе;
- большие, средние и небольшие позднеголоценовые и современные природные, связанные с эрозионной деятельностью безымянных притоков р. Ачипсе.

Различия по времени образования, масштабности и активности проявлений оползневых процессов на рассматриваемом участке обусловлены, очевидно, разной степенью влияния на них основных причин оползнеобразования, в первую очередь сейсмических и климатических.

Проведенные исследования дали ответы на вопросы о факторах, триггерных причинах, механизмах и предполагаемом возрасте оползневых деформаций в пределах исследуемого участка. Для подтверждения и уточнения полученной информации, в том числе о возможности формирования и активизации, а также реактивизации на рассматриваемой территории опасных оползней в будущем, необходимо проведение дальнейших исследований с использованием методов радиоуглеродного датирования и построением возрастной модели оползневого склона.

Выводы

1. Проведенные детальные исследования на участке южного склона хребта Псехако показали, что наиболее крупные оползневые тела, отнесенные к первой и второй группам, не проявляли активности за последнее десятилетие.

Таблица


Классификация оползней исследуемого участка на южном склоне хребта Псехако в долине р. Ачипсе					
Группа	Размер (объем)	Тип	Время формирования	Современное состояние (активность)	
1	Очень большие (1,5–3,0 млн м ³)	Инсеквентные	Предположительно поздний плейстоцен — ранний голоцен	Общая длительная стабилизация, сверху — отложения более поздних склоновых процессов	
		Консеквентные			
2	Большие, средние и небольшие (1,5–960 тыс. м ³)	Консеквентные	Ранний голоцен	Временная стабилизация в условиях предельного равновесия или современная стабилизация	
			Поздний голоцен		
			Настоящее время		
		Асеквентные	Ранний голоцен		
			Поздний голоцен		
			Настоящее время		
3	Большие, средние, небольшие (0,1–100 тыс. м ³)	Консеквентные	Поздний голоцен	Современная стабилизация или стадия основного смещения	
			Настоящее время		
		Асеквентные	Поздний голоцен		
			Настоящее время		
		Оползни-сплывы			Настоящее время

2. Выявлено, что степень пораженности участка исследования оползевыми процессами составляет 34%. В современные смещения вовлечено 7% рассматриваемой территории.

3. Описаны триггерные механизмы формирования или активизации оползней на рассматриваемом участке.

4. Установлено, что основными триггерными причинами, влияющими на развитие оползней второй и третьей групп, являются атмосферные осадки (непосредственно воздействуют затяжные дожди и мощный снежный покров, косвенно — ливневые дожди, которые усиливают эрозионную деятельность ручьев).

5. Триггерными причинами возникновения или активизации оползней первой группы, вероятно, являются сейсмические события.

6. Оползневые тела на исследуемом участке систематизированы по типам склоновых деформаций и масштабы проявлений. Эта информация сведена в таблицу с указанием возраста и современной активности оползней. 

Авторы выражают искреннюю благодарность профессору географического и геологического факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова Ю.К. Васильчуку за ценные советы и замечания, сделанные при написании данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агатова А.Р., Владимиров В.Г., Высоцкий Е.М., Куйбида Я.В., Куйбида М.Л., Кармышева И.В. Тектоническая, структурная и климатическая обусловленность оползневых явлений в долине р. Мзымта (Северный Кавказ) // Теория геоморфологии и ее приложение в региональных и глобальных исследованиях: материалы Иркутского геоморфологического семинара. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2010. С. 139–140.
2. Бершов А.В., Томс Л.С. Концепция геотехнического мониторинга на территориях объектов, расположенных на хребтах Псежако и Аибга // Инженерные изыскания. 2013. № 14. С. 48–52.
3. Габдуллин Р.Р., Иванов А.В. Прикладная стратиграфия в инженерной и экологической геологии. М.: Изд-во Московского университета, 2013. 275 с.
4. Гаврилов А.В., Калинин Э.В., Бершов А.В. Типизация оползней на южном склоне хребта Псежако // Ломоносовские чтения: материалы научной конференции. Секция «Геология». М.: Изд-во МГУ, 2014. URL: http://geo.web.ru/pubd/2014/11/05/0001187684/gavrilov_et_al_2014.pdf.
5. Геология СССР. Том IX. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968. 760 с.
6. Гидрогеология СССР. Том IX. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968. 488 с.
7. Дрожжина К.В. Особенности природно-климатических условий бассейна реки Мзымта для целей рекреационной деятельности // Молодой ученый. 2013. № 5. С. 196–198.
8. Ефремов Ю.В., Шумакова А.А. Морфолитодинамические условия формирования селевых потоков на северо-западном и западном Кавказе // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 3. С. 158–168.
9. Инженерная геология России. Том 3. Инженерно-геологические структуры России: монография / под ред. В.Т. Трофимова, Т.И. Аверкиной. М.: КДУ, 2015. 710 с.
10. Крестин Б.М., Мальнева И.В. Активность оползневых и селевых процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века // Геоэкология. 2015. № 1. С. 21–29.
11. Лаврицев В.А., Пруцкий Н.И., Семенов В.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, лист К-37-V. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2002.
12. Лаврицев В.А., Пруцкий Н.И., Семенов В.М., Башкиров А.Н., Греков И.Н., Черных В.И., Прокуноров П.В., Сааков В.Г. Пояснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:200 000 (карта четвертичных отложений), лист К-37-V. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2000.
13. Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Сценарии развития опасных экзогенных процессов на территории Большого Сочи и Красной Поляны в соответствии с современными изменениями климата // Материалы 10-й Научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций, оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций». 2010. М.: Центр «Антистихия» МЧС России, 2011. С. 135–146.
14. Минина М.В., Королев В.А. Типизация оползней долины реки Мзымта с целью обоснования инженерной защиты // Инженерная геология. 2015. № 2. С. 28–40.
15. Несмеянов С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа (опережающие исследования для инженерных изысканий). М.: Недра, 1992. 254 с.
16. Рогожин Е.А. Оценка сейсмической опасности по геологическим и сейсмическим данным (на примере регионов Северного Кавказа) // Материалы Международной конференции, посвященной 50-летию Международного геофизического года и Электронному геофизическому году. СПб., 2007.
17. Романовская М.А. Активизация опасных экзогенных процессов при сооружении горнолыжного комплекса в Красной Поляне // Динамическая геология в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы всероссийской конференции. М.: Перо, 2013. С. 44–46.
18. Слышкина С.Е., Баранов А.А., Бершов А.В. Расчет устойчивости северного склона хребта Аибга в районе поселка Эсто-Садок (Сочи, Краснодарский край) // Инженерная геология. 2015. № 6. С. 62–70.
19. Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР / под ред. А.И. Шеко. М.: Недра, 1973. 220 с.
20. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: Госстрой России, 2000.
21. Толстых Е.А., Клюкин А.А. Современные геологические процессы на Черноморском побережье Кавказа. М.: Недра, 1976. С. 33–49.
22. Фоменко И.К., Захаров В.С., Самаркин-Джарский К.Г., Сироткина О.Н. Учет сейсмического воздействия при расчете устойчивости склонов (на примере Краснополянского геодинамического полигона) // Геориск. 2009. № 4. С. 50–55.