ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРЕДЕЛАХ АГЛОМЕРАЦИИ МАЙМА – ГОРНО-АЛТАЙСК – КЫЗЫЛ-ОЗЕК КАК ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ И ОСВОЕНИИ ЗЕМЕЛЬ

М.С. Достовалова
Акционерное общество «Геологическое предприятие «Алтай-Гео», с. Майма

По мере техногенного освоения земель рациональное использование территорий и знание негативных аспектов развития природных процессов становятся одной из важнейших задач общества. Современные экзогенные геологические процессы (ЭГП), формируя скульптурный облик планеты, несут в себе и определенный фактор риска для объектов человеческой деятельности – потенциальную энергию разрушения, заложенную в самой природе геологических процессов. Этот фактор риска особую роль играет на территориях горно-складчатых областей, где экзогенные геологические процессы протекают более активно, нежели на платформенных территориях.

В горных территориях экзогенные геологические процессы являются основополагающими ролевыми элементами в оценке экологического состояния территории, ибо контролируют и определяют в значительной степени ее хозяйственное освоение, эксплуатацию природных ресурсов и условия сохранения ландшафтов. Чем выше пораженность территории ЭГП, тем ниже ее экологический статус. Тем не менее, являясь постоянным фактором активного воздействия на условия жизни человека, экзогенные геологические процессы еще не оцениваются в достаточной мере как фактор опасности.

Широкое развитие геологических процессов на территории Республики Алтай обусловлено, в первую очередь, орогидрографическими особенностями Горного Алтая и климатическими условиями рассматриваемой местности.Основную роль в негативном воздействии на объекты хозяйствования Республики Алтай играют процессы гравитационного, гидрогенного (эрозионного) и геокриологического классов. Их распространение и интенсивность регламентированы высотной поясностью территории, расчлененностью рельефа, высокой изменчивостью гидросети, режимом увлажнения и температурным режимом местности, геокриологическими и литологическими свойствами грунтов.

На территории Республики Алтай государственный мониторинг экзогенных геологических процессов осуществляет Территориальный центр «Алтайгеомониторинг», являющийся структурным подразделением АО «Алтай-Гео». Одна из задач Территориального центра – оценка региональной активности и динамики отдельных проявлений оползневых процессов [Методические рекомендации…, 1997]. На территории Республики Алтай организовано несколько наблюдательных участков государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС ЭГП), на которых проводится ежегодный мониторинг за динамикой оползней, в частности, в пределах агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек и ее окрестностях создан площадной участок Горно-Алтайский. В течение 1998-2017 гг. на территории участка ежегодно изучались как современные, так и древние оползни, испытывающие активизацию.

Регулярные наблюдения ТЦ «Алтайгеомониторинг» за оползневыми процессами в черте агломерации, равно как и геологические работы, проводимые ранее в этом районе, подтверждают мнение о том, что склоны долин рр. Катунь и Майма и их притоков в окрестностях агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек относятся к оползнеопасным районам. Активноразвивающиеся оползни представляют собой факторы риска в освоении и эксплуатации новых земель.

Характеристика района исследований. В административном плане площадной оползневой участок «Горно-Алтайский» расположен в Майминском районе, охватывая территорию агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек и ее окрестности. В геоморфологическом отношении агломерация Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек, включая окрестные склоны, находится в северной части Горного Алтая, занимая в орографическом плане

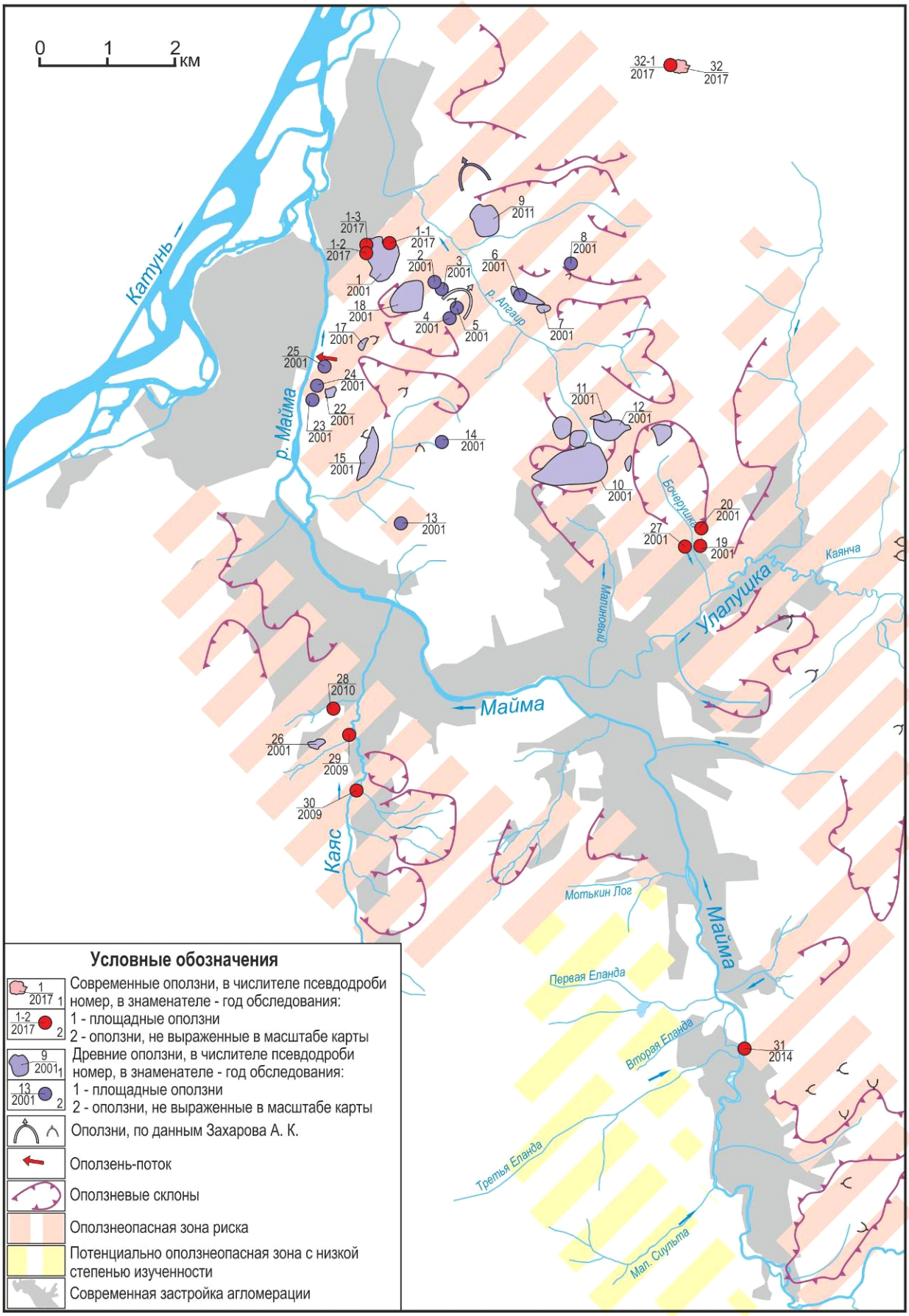

Рис. 1. Схема развития оползневых процессов на территории агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек и в ее окрестностях.

Таблица 1. Краткая характеристика оползней в пределах агломерации

№ п/п	Показатели	Голоценовые оползни	Современные оползни
1.	Основные деформирующие горизонты	отложения краснодубровской свиты (Q_{I-II}krd), покровный комплекс (sa Q_{III-IV}), полигенетический комплекс (Q_{IV})	
2.	Площадь оползней	10000 – 1 000 000 м^2	100-50000 м^2
3.	Глубина захвата толщ горных пород	до 50-100 м	до 1-10 м
4.	Объем сместившихся пород	до 100 млн. м^3	до 500 000 м^3

предгорные и низкогорные пространства горной страны, локализуясь на склонах долин рек Катунь, Майма и их притоков. Оползневые процессы на территории агломерации имеют достаточно широкое распространение и интенсивность не только на территориях экстенсивного развития хозяйства, но и на территориях активного хозяйственного освоения, непосредственно в пределах селитебной зоны (рис. 1).

В геологическом отношении оползневые структуры района приурочены к полям распространения четвертичных отложений, представленных краснодубровской свитой (Q_{I-II}krd), породами покровного комплекса (saQ_{III-IV}) и современного полигенетического комплекса (Q_{IV}). Отложения краснодубровской свиты мощностью около 25 м [Захаров и др., 1973а, 1973б] вскрыты картировочными скважинами, либо обнажаются на дневной поверхности в бортах ручьев и мелких речек. Свита сложена глинами и алевритистыми глинами с подчиненными по отношению к ним линзовидными прослоями суглинков, глин песчанистых, супесей. Глины иловатые (лессовидные) в верхней части разреза и более плотные в нижней части, имеют постепенные переходы к нижележащим осадкам, либо лежат на коренном фундаменте. Покровные субаэральные отложения мощностью 2-15 м представлены светло-бурыми и светло-коричневыми лессовидными глинами, суглинками и супесями. Современный полигенетический комплекс представлен покровными, преимущественно суглинистыми и супесчаными с включениями обломочного материала, отложениями элювиально-делювиального, пролювиально-делювиального, делювиального и аллювиально-пролювиального генезиса. Мощность достигает 10-20 м.

Как известно, лессовидные отложения обладают весьма высокой просадочностью, способной при определенных условиях вызывать образование оползневых деформаций. На склонах, сложенных покровными лессовидными отложениями и осадками краснодубровской свиты, широкое развитие получили оползни голоценового возраста.

Особенности развития оползневых процессов, типизация оползней. В пределах площади, охватывающей агломерацию Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек и близлежащие населенные пункты Майминского района (Подгорное, Верх-Карагуж, Дубровка, Карлушка), расположено около 100 оползневых объектов голоценового возраста – оползней и оползнеопасных склонов. Непосредственно в пределах агломерации выявлено более 30 древних и современных оползней, в том числе более 10 гигантских древних оползней циркообразного типа размером до 1 км в диаметре и оползней фронтального типа длиной до 3-4 км по уступу [Природные комплексы…, 2006]. Основными деформирующимися горизонтами в большей части как древних, так и современных оползней, являются породы краснодубровской свиты и отложения покровного комплекса. Краткая характеристика оползней в пределах агломерации приведена в таблице1, типизация оползней – в таблице 2.

Типизация оползней по параметрам проведена на основе геоморфологических особенностей оползней и механизмов их образования. По времени образования все оползни в агломерации и ее окрестностях делятся на две категории: древние, формирование которых произошло в позднем голоцене (1-5 тыс. лет назад); современные, образовавшиеся условно 1-20 лет назад.

По механизму смещения оползневые массивы весьма разнообразны, преобладают комбинированные по механизму смещения оползни. Современные оползни зачастую образова-

Таблица 2. Типизация оползней в районе агломерации г. Горно-Алтайска

Типы оползней	Механизмы смещения	Режимообразующие факторы	Активность ЭГП	Площадь, $м^2$	Геоморфологическая привязка
Древние (1-5 тыс. лет назад)					
Оползни циркообразные	комбинация блокового сдвига, оседания блоков, скольжения и течения разрыхленных и разжиженных пород	метеоролог. (О), геологические	низкая	100000 – 600000	склоны в окрестностях агломерации
Оползни фронтальные	оползни вязко-пластичного течения без видимого нарушения пород	метеоролог. (О), геологические	крайне низкая	100000 - 1000000	склоны долин ручьев и малых рек в окрестностях агломерации
Современные (1-20 лет назад)					
Оползни современные покровные	комбинация течения и скольжения разрыхленных и разжиженных пород	метеоролог. (О), геологические, техногенные	средняя	100 - 1000	долины ручьев, ложки, распадки: агломерация и ее окрестности
Оползни современные блоковые	комбинация скольжения, оседания блоков и течения разрыхленных и разжиженных пород	метеоролог. (О), геологические, техногенные	средняя, высокая	500 – 50000	долины ручьев, лога, распадки: агломерация и окрестности
Оползни - потоки современные	течение разжиженных пород	метеоролог. (О)	низкая	100 - 1000	крутой склон на объездной а/д в Горно-Алтайск

Примечание. О – осадки, Т – температура.

ны комбинацией скольжения, оседания блоков и течения разрыхленных и разжиженных пород (Табл. 2).

Древние оползни зачастую представляют собой оползни вязко-пластичного течения без видимого нарушения пород (фронтальные оползни), либо блоковые оползни (циркообразные оползни). В частности, в долине р. Каяс выявлены древние оползни голоценового возраста, образованные вязко-пластичным течением без видимого нарушения сплошности пород, так называемым «медленным» течением. Оползневые цирки расположены на восточном склоне долины реки. Смещенные оползневые массы образуют террасоувалы, подпирающие современное русло р. Каяс. «Медленное» течение, характерное для данного механизма оползнеобразования, подразумевает отсутствие характерных элементов оползневого рельефа, присущих классическим формам оползней, а в стратиграфо-литологическом строении толщ отсутствуют признаки оползневых отложений.

По морфологии доминируют циркообразные оползни (около 60 %), значительно меньше фронтальных (около 30 %) и глетчерообразных оползней.

В геоморфологическом отношении оползневые процессы рассматриваются с точки зрения крутизны склонов, которые условно подразделены на крутые (>20°), средней крутизны (10-20°) и пологие (<10°) склоны. Критическим уклоном, по литературным источникам, при образовании оползней скольжения принят уклон 15-20°, а при образовании оползней течения – 10-18°. В пределах Майминского района подавляющее большинство оползней приурочено к склонам средней крутизны, значительно меньшее число – к крутым склонам. Наименьшие углы наклона наблюдаются на оползневых склонах, осложненных выходами грунтовых вод.

Анализ развития оползневых структур в совокупности с режимообразующими факторами их активизации выявил следующие закономерности оползнеобразования в условиях низкогорного рельефа на территории агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек:

- приуроченность оползневых массивов к полям развития отложений краснодубровской свиты и к образованиям покровного склонового комплекса;

- унаследованный характер образования современных оползней, как в пространственном отношении, так и по морфологии и механизмам смещения;

- связь образования современных оползней и активизации древних оползней с зонами разгрузки грунтовых вод;

- триггерная роль метеогенных факторов (снеготаяние и режим увлажнения) в образовании современных оползней.

Режимообразующие факторы оползневых процессов. Как известно, древние оползневые структуры представляют собой потенциально опасные участки, в пределах которых возможна активизация оползневых процессов, вызванная как техногенными, так и природными факторами. Любая оползневая структура имеет пульсационный характер развития, нередко медленное скольжение оползневых масс при определенных условиях переходит в стремительное соскальзывание значительных участков склона. С точки зрения режимообразующих факторов, обуславливающих активизацию оползневых процессов, следует выделить, в первую очередь, факторы природного характера, основными из которых являются геологические и метеорологические особенности территории. Среди геологических факторов доминирующую роль играют следующие условия. В окрестностях г. Горно-Алтайска широко развиты лессовидные отложения, обладающие высокой просадочностью (литологический фактор). В районе агломерации наблюдается значительное количество древних разломов различной генерации (тектонический фактор), к которым нередко приурочены надоползневые уступы древних структур и выходы грунтовых вод (гидрогеологический фактор) в виде родников и пластовых источников. Недавние крупные сейсмические события (М = 7,0-7,3) и регулярные современные малоамплитудные события (М = 1,5-4,0) подтверждают мнение о том, что регион относится к территориям с повышенной сейсмической опасностью (сейсмический фактор).

К метеорологическим факторам, играющим значительную, а зачастую и триггерную роль в активизации оползневых процессов, несомненно относится режим увлажнения местности. Территория Майминского района относится к областям умеренного увлажнения, среднее количество осадков за многолетний период по данным метеостанции «Кызыл-Озек» составляет 781 мм/год при вариациях от 500 до 885 мм/год [Природные комплексы…, 2006]. Основные быстроизменяющиеся факторы активизации оползневых процессов – значительное увеличение атмосферных осадков в зимний период, что влияет на запасы влаги в почвах и грунтах. К этой же категории относится интенсивность потепления в период снеготаяния. Продолжительные ливневые осадки в завершающую фазу снеготаяния могут вызвать переувлажнение покровных образований и активизацию оползневых процессов.

При решающей роли метеорологических факторов развития и активизации оползневых процессов непосредственно на территории агломерации важную роль играет также и техногенный фактор. В роли техногенного фактора может быть подрезка склона, строительство сооружений, нарушение подземного стока грунтовых вод, утечки воды из систем водоснабжения и канализационных стоков и т.д.

Спусковым механизмом для катастрофического развития оползневых деформаций могут служить:

- резкий подъем уровня грунтовых вод, вызывающий изменения консистенции суглинков и глин вплоть до текучепластичного состояния;

- длительные ливневые осадки, вызывающие обводнение оползневого массива и аналогичные изменения консистенции;

- новейшее развитие деформаций, в том числе разрывных нарушений, способствующих отрыву и смещению массива по ослабленным зонам;

- сейсмические события слабой интенсивности.

Следует отметить, что во всех активизировавшихся в последние 20 лет оползневых массивах, как древних, так и современных, присутствует гидрогеологический фактор активизации, который заключается в наличии в пределах оползневых массивов сосредоточенных или пластовых выходов грунтовых вод в виде родников, либо мочажинного заболачивания. Нередко в подошвах стенок отрыва вскрываются пластовые выходы подземных вод.

Активность оползневых процессов. Периоды активизации. Активность оползней весьма разнообразна и зависит от многих факторов. Наибольшую активность проявляют современные оползни, образованные в последние 20 лет. Древние оползневые структуры, как правило, в настоящее время не активны и не представляют опасности, однако в пределах некоторых из них иногда развиваются современные оползневые деформации, угрожающие инженерно-хозяйственным объектам и жилым усадьбам. Примером такой активизации является Майминский оползень, развитый на восточной окраине с. Майма [Достовалова, 2000].

Анализ параметров современных оползневых структур говорит, в первую очередь, о том, что оползнеобразование в настоящее время имеет значительно меньшие масштабы в сравнении с позднеголоценовым периодом, как в пространственном отношении, так и по степени опасности. При этом настораживают факты образования современных мелких оползней в черте города Горно-Алтайска, в непосредственной близости от хозяйственных объектов и жилых домов, а также образование крупных по размерам оползней в окрестностях с. Майма.

В последние 20 лет наиболее активными в оползневой активизации признаны 2001, 2006, 2010 и 2017 годы. При этом следует уточнить, что в первых трех случаях фиксировалась активизация мелких оползневых структур площадью не более 100-1000 м^2 с глубиной захвата пород не более 1-3 м, а в 2017 году впервые за весь период наблюдений зафиксировано образование новых оползней с глубиной захвата 5-10 м и площадью 8000-36000 м^2. Новый уровень масштабов оползнеобразования – тревожный признак возрастания оползневой опасности.

Примером развития мелких оползневых деформаций служит долина руч. Бочеркушка, где в 1998-2001 гг. на территории усадьбы по ул. Гагарина, 45 образовался оползень, оказавший негативное воздействие на постройки, в результате чего было принято решение о переселении жильцов. В течение 2001-2011 гг. оползень суффозионно-консистентного типа активно развивался регрессивно, вверх по склону, в результате чего был полностью разрушен жилой дом (рис. 2). В 2001 г. надоползневый уступ находился в 5 м от угла дома. За период 2001-2004 гг. оползень в вершинной части приблизился к жилому дому примерно на 1-2 метра, средняя скорость регрессивного движения оползня составила 0,3-0,7 м/год. В момент обследования в 2004 г. угол дома находился в 3 м от вертикального уступа, но поверхность между ними была террасирована, что свидетельствовало о зарождении нового уступа оползня в 1,3-1,5 м от угла дома. В 2005-2011 гг. вершинная часть оползня продвинулась вверх по склону примерно на 2-3 м, захватив в процесс оползания часть дома, скорость регрессивного движения оползня составила в среднем 0,3-0,4 м/год. В результате оползневых подвижек дом был окончательно разрушен.

Примером крупных оползневых деформаций может служить современный оползень, образованный в апреле 2017 г. на склоне Стамового хребта в 3,5 км северо-восточнее с. Майма. Скорость смещения данного оползня определена достаточно условно, поскольку оползень был зафиксирован 24 апреля 2017 г. на участке склона, ранее не имевшем видимых оползневых структур. Ретроспективный анализ космоснимков в интернет-ресурсе GoogleEarth по состоянию на 25.04.2016 г. показал на участке развития будущего оползня наличие дугообразных трещин растяжения, фиксирующих формирование будущего надоползневого уступа (рис. 3). Очевидно, что образование оползня произошло в процессоопасный период снеготаяния, в марте – апреле 2017 г., по ослабленной трещинами зоне оползания. Скорость смещения оценивается как высокая, до 1,5 м/год.

Оползень образован комбинацией скольжения, оседания блоков и течения разрыхленных и разжиженных пород. Стенка отрыва – вертикальная, высотой до 5-9 м, в подошве –

Рис. 2. Разрушенный в результате оползня дом по ул. Гагарина, 45.

пластовые выходы грунтовых вод (рис. 4, 5). Оползень структурный, аструктурная часть оползня присуща только присклоновой западине и оползню II порядка площадью 530 м^2, образованному во фронтальном уступе языка крупного оползня (рис. 6). Площадь оползня

Рис. 3. Трещина растяжения в зоне формирования надоползневого уступа по состоянию на 4.05.2016 г.

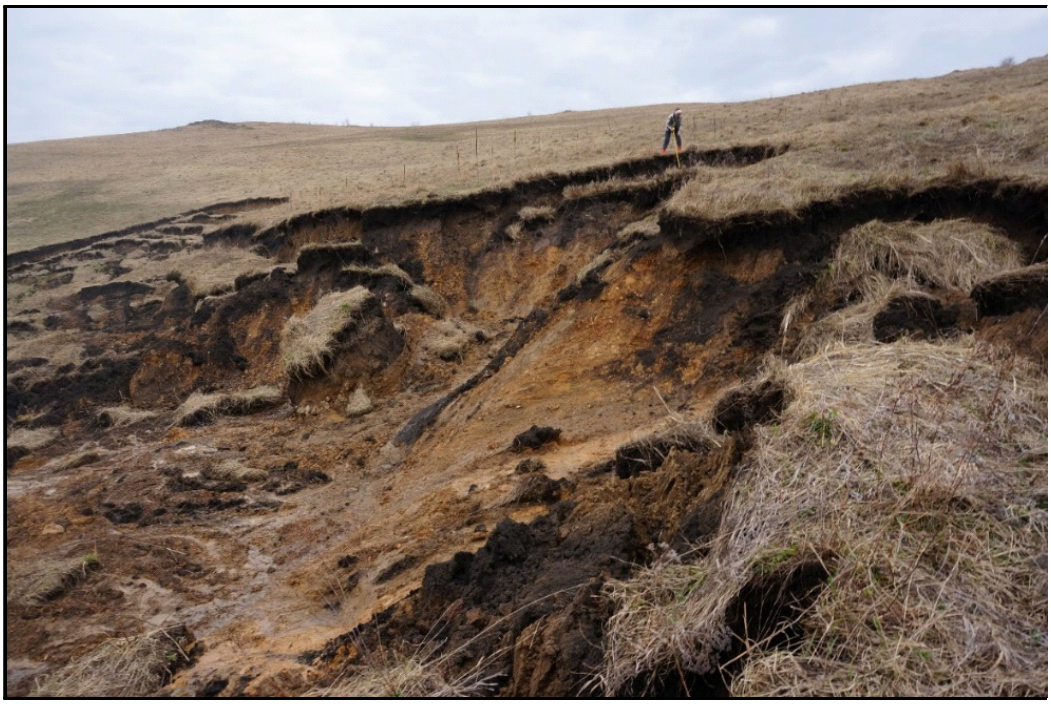

Рис. 4. Надоползневой уступ крупного оползня, образованного в апреле 2017 г. Площадь оползня 36220 м^2.

Рис. 5. Стенка отрыва оползня и присклоновая западина, разбитая на блоки и гряды.

36220 м^2, размеры 190-220*170-190 м. Оползень имеет участки с рассредоточенными выходами пластовых грунтовых вод и мочажинно-озерковым заболачиванием.

В геолого-геоморфологическом отношении оползень образован на склоне средней крутизны, осложненном слабовыраженными ложбинами метеогенного стока, в оползание вовлечены суглинистые осадки покровного комплекса, суглинки с дресвой и щебнем краснодубровской свиты, плоскостью оползания являются разрушенные коренные выходы кварцитов, к кровле которых приурочен слабоводоносный горизонт грунтовых вод. Гидрогеологические объекты вскрыты надоползневым уступом, трещинами сдвига и растяжения. Оползень в настоящее время в стадии движущегося объекта с высокой активностью.

Рис. 6. Общий вид мелкого оползня II порядка площадью 530 м^2 в языке нового крупного оползня.

Проблемы градостроительства. В пределах агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек в настоящее время остро стоит проблема расширения жилого фонда, в связи с чем актуальными становятся вопросы защиты селитебных территорий и инженерно-хозяйственных объектов.

Активное строительство жилых домов на окраинах города Горно-Алтайска, как правило, идет в пределах склонов широких логов и долин ручьев и малых речек – притоков рек Майма, Каяс, Улалушка. Вышеперечисленные земли со склоновыми ландшафтами являются экологически не оптимальными с точки зрения потенциальной опасности ЭГП, поскольку склоновые окрестности агломерации осложнены древними и современными оползнями.

Превентивные мероприятия, направленные на защиту территорий от последствий оползневых процессов, значительно сложнее, нежели противоэрозионные мероприятия. Противооползневые мероприятия, как правило, дорогостоящи и далеко не всегда дают желаемый результат. В настоящее время известны лишь крайне редкие и локальные противооползневые сооружения защиты, реализованные административными и другими организациями города. В усадьбе по ул. Черноплодная построена подпорная стенка перед домом и водоотводная канава от родника. На участках автодорог в районах развития древних оползней и оползневых склонов защитную роль играют глубокие кюветы, служащие для разгрузки грунтовых вод.

Да, большинство современных оползней развивается в окрестностях агломерации, на землях сельскохозяйственного назначения, что, естественно, минимизирует негативное воздействие оползневых процессов. Территория агломерации практически окольцована зонами риска с высокой вероятностью активизации оползневых процессов (рис. 1). Реальные факты образования оползней за последние 20 лет как в черте агломерации, так и в ее окрестностях, говорят о возможности повторения событий такого же масштаба и на селитебных территориях.

Выводы. Мониторинговые исследования ТЦ «Алтайгеомонитринг» позволили сделать следующие выводы.

1. Территория агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек, включая ее окрестности, относится к оползнеопасным территориям с широко развитыми на склонах древ-

ними и современными оползнями. Оползни разнообразны по возрасту, своим размерам, механизмам смещения, геоморфологическим типам, активности.

2. В последние годы периодически наблюдается локальная активизация оползневых процессов на уровне отдельных проявлений (оползней), в основном мелких по размерам (до 1000 м^2) и глубине захвата пород (до 1-3 м).

3. В 2017 г. впервые за последние 20 лет активизация оползней выразилась в образовании крупного по размерам оползня (36 тыс. м^2) и глубине захвата (до 10 м).

4. Триггерными режимообразующими факторами признаны метеорологические факторы (режим увлажнения территории) и гидрогеологический фактор (наличие источников грунтовых вод в виде родников и пластовых выходов).

5. При анализе эпизодических наблюдений развития оползня на ул. Гагарина в 2001-2011 годах получен важный результат: даже очень медленные по скорости оползневые процессы (до 0,3-0,7 м/год) приводят в многолетнем плане к разрушительным последствиям. Учитывая преобладание мелких оползневых объектов на современном этапе, можно предположить, что данный ряд эпизодических наблюдений в целом отражает скорости, временные параметры, масштабы и последствия оползневых процессов в жилой зоне агломерации.

6. Образование крупного оползня площадью более 36 тыс. м^2 позволяет говорить о потенциальной опасности активизации оползневых процессов и больших рисках при строительстве жилых и хозяйственных объектов на окраинах агломерации, приуроченных к склоновым ландшафтам низкогорного рельефа. Рассматриваемый оползень образован на землях сельскохозяйственного назначения, используемых в качестве пастбищ и сенокосов, но сам факт его образования говорит о том, что подобное явление могло произойти на окраине агломерации, осваиваемой под строительство селитебных зон.

7. Изученность территории агломерации с точки зрения оползневой опасности в настоящее время недостаточная. Учитывая актуальность вопросов экологической безопасности, необходима превентивная оценка перспективных районов застройки в черте Горно-Алтайска и сел-спутников Майма и Кызыл-Озек с целью выявления потенциально опасных оползневых склонов и районирования этих территорий по степени пораженности оползневыми процессами. Это позволит избежать в дальнейшем повторения чрезвычайных ситуаций, вызванных оползнями, а также значительно облегчит задачи административных органов по планированию перспективного строительства и рационального экономического освоения новых территорий. Превентивные мероприятия, нейтрализующие или минимизирующие негативное воздействие оползневых процессов, – залог успешного освоения новых территорий.

Литература

Достовалова М.С. Геоморфологические особенности Майминского оползня. Сборник 300 лет горно-геологической службе России: история горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая. - Материалы региональной научно-практической конференции, 14-15 апреля 2000 г. – Барнаул, 2000. - С. 237-240

Захаров А.К., Захарова И.А. Геологическое строение и полезные ископаемые листов N-45-136-Б, Г. Отчет Майминской партии о результатах глубинного геолого-геофизического изучения за 1968-1972 гг. – Майма. АГЭ. 1973.

Захаров А.К., Захарова И.А. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые листов М-45-3-Б (а, б), М-45-4-Б. Горный Алтай. Отчет Майминской партии АГЭ за 1968-1972 гг. – Майма. АГЭ. 1973.

Природные комплексы Майминского района Республики Алтай / Шитов А.В., Минаев А.И., Федоткина Н.В. и др. – Горно-Алтайск: РИО, 2006. – 200 с.

Методические рекомендации по организации и ведению государственного мониторинга экзогенных геологических процессов. Сост. А.И. Шеко, В.С. Круподеров, В.И. Дьяконова и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1997.