ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

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

Мониторинг экзогенных геологических процессов на территории Республики Алтай с 1998 г. осуществляет Территориальный центр «Алтайгеомониторинг», в настоящее время входящий в состав акционерного общества «Алтай-Гео». В рамках мониторинга ЭГП на территории организовано и действует на настоящий момент 23 участка государственной опорной наблюдательной сети за экзогенными геологическими процессами (ГОНС ЭГП), из которых на 8 наблюдательных объектах различного ранга осуществляются наблюдения за развитием оползневых процессов.

На территории Республики Алтай площадное развитие оползневых процессов, где на достаточно компактных площадях развиты как древние, так и современные оползни, локализовано в двух административных районах – в Майминском и в Кош-Агачском, в пределах которых выделены наблюдательные участки различного ранга. Несомненно, локальные проявления оползневых процессов наблюдаются и в других районах республики, но они уступают выделенным площадным участкам по таким характеристикам, как пораженность территории и плотность проявлений.

Наиболее крупный площадной наблюдательный объект на территории Кош-Агачского района – участок «Чуйский», в пределах которого зафиксировано более 125 оползневых структур, большинство из которых образовано 1-20 лет назад.

Характеристика района исследований. В административном плане участок обобщения находится в пределах Кош-Агачского административного района, в контуре участка находятся два крупных села – Чаган-Узун и Ортолык, автомагистраль федерального и международного значения Р-256 Новосибирск – Ташанта (Чуйский тракт), связывающая Россию с Монголией. Основная категория земель на участке – сельскохозяйственные угодья (пастбища). Основной инженерно-хозяйственный объект – Чуйский тракт (Р-256).

В геоморфологическом отношении участок расположен в долине р. Чуя,на западной окраине Чуйской межгорной впадины и охватывает отроги Курайского хребта по правому борту реки и горные пространства Чаган-Узунского блока (Сукорского выступа) – по левому борту р. Чуя (рис. 1).

В геологическом плане Чуйский участок расположен в пределах Чуйской сейсмоактивной зоны, в области влияния активных глубинных разломов Курайско-Саянского структурного шва и оперяющих его тектонических структур более низкого порядка [Рогожин, Платонова, 2002]. Известно, что сейсмоактивные зоны обладают повышенной сейсмичностью, которая вызывает, в частности, образование вторичных сейсмодислокаций, нередко оползневого характера. Именно на этом участке отмечалась форшоковая активизация оползневых процессов перед крупным Чуйским землетрясением, произошедшим в сентябре 2003 г., равно как и в дальнейшем именно на этом участке наиболее ярко проявилась афтершоковая активизация ЭГП.

По морфологии оползневых районов Чуйский участок наблюдений относится к области линейного распространения оползней, приуроченных к линейным зонам Курайско-Саянского тектонического шва с оперяющими тектоническими структурами. Подавляющее большинство тектонических структур ориентировано в субширотном направлении, в связи с чем в пределах Чуйского участка выделено три подучастка, соответствующих определенным геологическим структурам. Подучасток «Предгорный» расположен в отрогах Курайского хребта в зоне развития Курайского разлома, где процесс оползнеобразования охватывает орографический интервал 1885-2350 м.

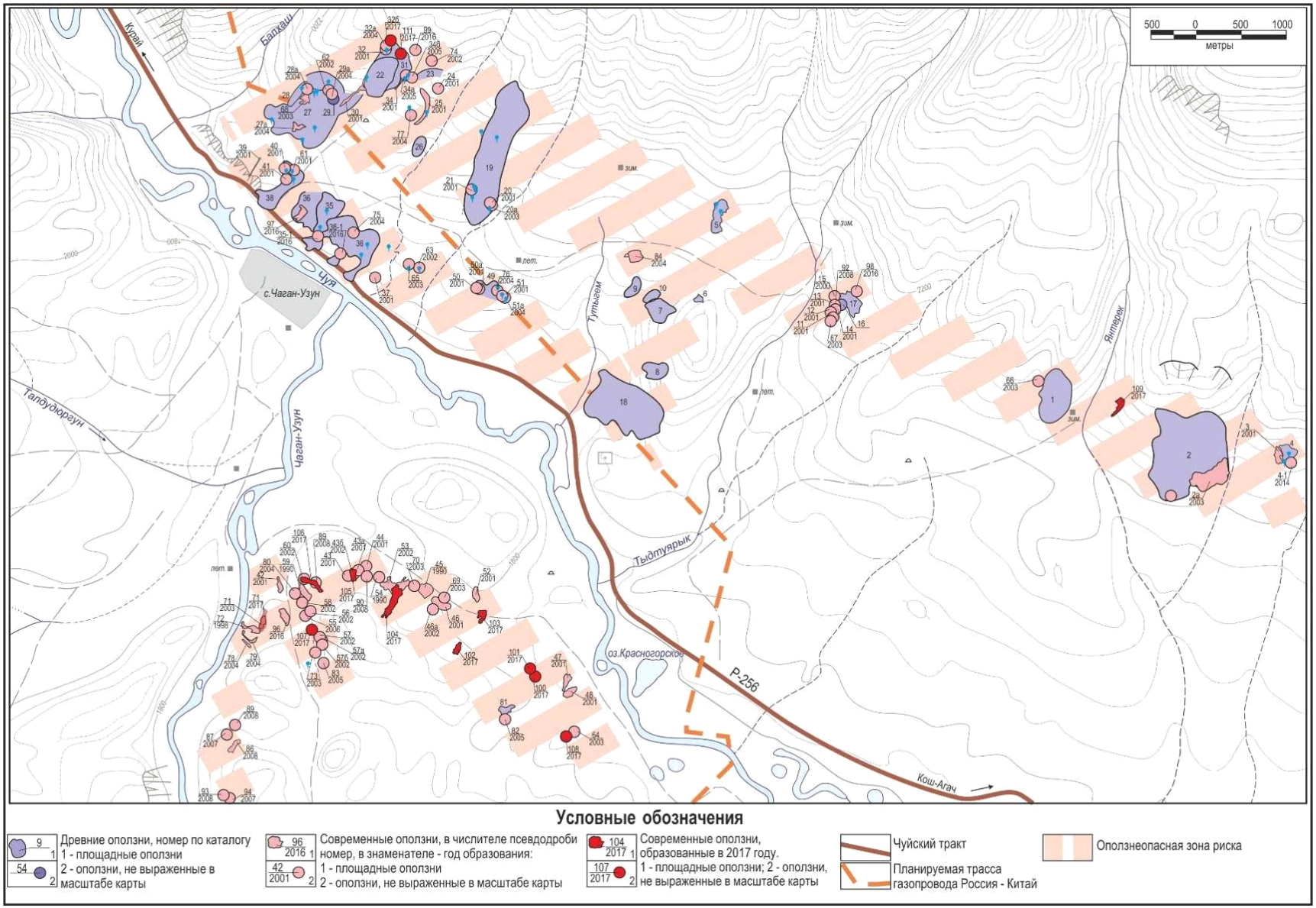

Рис. 1. Схема развития оползневых процессов на территории Чуйского наблюдательного участка ГОНС.

Подучасток «Чуйский тракт» приурочен к северной границе Чаган-Узунского горста, к структурно-тектоническому уступу, вытянутому вдоль Чуйского тракта. Процесс оползнеобразования охватывает орографический интервал 1710-1920 м. Подучасток «Чаган-Узун» находится в левом борту р. Чуя, юго-восточнее с. Чаган-Узун и приурочен к Сукорскому (Чаган-Узунскому горсту) тектоническому выступу. Процесс оползнеобразования охватывает орографический интервал 1750-1870 м.

Оползневые структуры на Чуйском участке приурочены к полям распространения палеоген-неогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, представленных карачумской, кошагачской, туерыкской, бекенской, кубадрино-башкаусской свитами, субаэрально-субаквальными осадками квартера и ледникового комплекса, современным полигенетическим комплексом [Гусев и др., 1991]. Следует отметить, что основными деформирующимися горизонтами в большей части как активизировавшихся древних, так и образовавшихся оползней являются отложения кошагачской свиты в сочетании с неогеновыми и четвертичными осадками. Комплекс осадков кошагачской свиты, как правило, расположен в тектонических блоках, приуроченных к основным разломным структурам Курайской шовной зоны. Благодаря этому, отложения кошагачской свиты наиболее подвержены воздействию сейсмических и неотектонических событий малой амплитуды. Этот факт подтверждается широким развитием в этих блоках тектонических брекчий и травертинов, а также широким развитием вторичных сейсмодислокаций, в том числе современных, образованных в последние годы. Нередко отложения кошагачской свиты в процессе оползнеобразования выдавливаются на дневную поверхность.

В климатическом отношении район участка относится к высокогорному району с недостаточным режимом увлажнения (116 мм/год). Ближайшая метеостанция расположена в 20 км от участка наблюдений, в р.ц. Кош-Агач. Район участка относится к территориям с развитием вечной мерзлоты сплошного и островного характера [Достовалова, 2006]. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 40-70 м. Кровля многолетнемерзлых пород залегает на глубине 1-3 м, редко более. В большинстве оползневых тел присутствуют признаки вечной мерзлоты, в том числе вечномерзлые породы вскрываются в стенке отрыва оползней, либо фиксируются на дне трещин. О наличии вечномерзлых пород говорят субнапорные источники в виде суспензии, как правило, кратковременного действия, оставляющие после себя глетчерообразные потоки, либо глинистые поля в замкнутых понижениях.

Особенности развития оползневых процессов в высокогорье, типизация оползней. В период 2001-2017 гг. на территории Чуйского участка обследовано более 125 оползневых массивов общей площадью 4,73 км^2, площадная пораженность участка составила 2,0 %, что характеризует территорию в целом как пораженную ЭГП в средней степени. Однако в пределах подучастков, приуроченных к определенным линейным зонам, площадная пораженность весьма различна. Так, на подучастке «Чаган-Узун» она составляет 1,8 %, а на подучастках «Предгорный» и «Чуйский тракт» 10,1 % и 17,1 % соответственно, что говорит о сильной и очень сильной пораженности отдельных линейных зон. Частотная (плотностная) пораженность как в целом на участке, так и на подучастках достаточно высокая – 0,53 ед./км^2, при вариациях на подучастках от 1,7 до 2,7 ед./км^2. Максимальная частотная пораженность характерна для участков «Чаган-Узун» (2,7) и «Чуйский тракт» (2,6), минимальная – для участка «Предгорный» – 1,7 %.

По времени образования все обследованные оползни делятся на две категории: древние, формирование которых произошло в позднем голоцене (33 оползня), и современные, образовавшиеся 1-20 лет назад (92 оползня). Максимальное количество современных оползней приурочено к форшоковому периоду активизации оползневых процессов (условно принят период наблюдений 2001-2003 гг.), когда образовалось 50 оползневых структур. В афтершоковый период (условно 2004-2017 гг.) образовано 42 покровных оползня, причем в их развитии четко выделяются периоды активизации – 2004, 2008, 2016, 2017 годы и имеется период затишья 2010-2015 гг., когда образование новых оползней не зафиксировано.

Абсолютные отметки поверхности на Чуйском участке колеблются в пределах 1700-3000 м. В гипсометрическом отношении оползневые процессы приурочены к орографическому интервалу 1700-2350 м. Критическим уклоном в процессе образования оползней скольжения, согласно литературным источникам, принят уклон 15-20°, а при образовании оползней течения – 10-18°. На Чуйском участке оползни развиты на склонах с широким диапазоном уклонов. Наибольший интерес вызывают оползни, развивающиеся на пологих склонах, с уклоном 6-10°. Как правило, эти уклоны поверхности не являются критическими для оползневых процессов, и, следовательно, факторы оползнеобразования заключаются не столько в метеорологических и геоморфологических аспектах, сколько в тектоническом или сейсмическом эффекте территории, либо в геокриологических особенностях местности.

Гидрогеологические особенности местности выражаются в устойчивой приуроченности повышенного обводнения пород в виде заболоченности и родников различного дебита к подошвам тектонических уступов и линейным понижениям в рельефе. В пределах участка развито несколько высокодебитных родников, часть из которых используется в рекреационных и хозяйственно-бытовых целях (Чаган-Узунский родник – памятник природы республиканского значения) и множество малодебитных выходов подземных вод.

Материалы об особенностях развития оползневых процессов как в древности, так и в современное время, полученные при визуальном обследовании оползневых структур, подтверждаются и локальными геофизическими исследованиями, проведенными В.В. Оленченко [Достовалова, Оленченко, 2017] на оползневых массивах № 86 (современный оползень, образован в 2008 г.) и № 35 (древний оползень, испытывающий активизацию с 2000 г.). По данным электротомографии, подтверждается факт тектонического контроля в образовании оползней. Геофизические исследования в зоне оползня № 86 и оползня № 35 (участок «Цокольный») показали, что надоползневые уступы (стенки отрыва) и присклоновые западины оползней приурочены к тектоническим разломам, которые фиксируются в геоэлектрическом разрезе аномалиями низкого УЭС. Современное положение кровли многолетнемерзлых пород наблюдается на глубине от 1,5-3 м до 6-8 м. Поверхность кровли многолетнемерзлых пород является той плоскостью, по которой происходит первоначальное оползание пород.

Типизация оползней по параметрам проведена на основе геоморфологических особенностей оползней и механизмов их образования. По механизму смещения оползневые массивы весьма разнообразны, преобладают комбинированные по механизму смещения оползни. Большинство древних оползней образованы комбинацией скольжения, оседания блоков, течения разрыхленных и разжиженных пород, либо просто скольжением блоков по плоскости. Современные оползни, как правило, покровные и образованы зачастую комбинацией течения и скольжения разрыхленных и разжиженных пород, либо вращательным скольжением блоков. По морфологии доминируют циркообразные оползни, значительно меньше глетчерообразных и фронтальных оползней.

По размерам оползни весьма разнообразны. Естественно, что древние оползни, как правило, имеют крупные и гигантские размеры (иные просто не сохранились в рельефе). Их площадь варьирует от 50000 м^2 до 700000 м^2 и более. Современные оползни имеют меньшие масштабы. Преобладают очень мелкие оползни площадью 1000-5000 м^2 (48,5 %), при равномерном распределении крайне мелких оползней (менее 1000 м^2 – 16,5 %), мелких (5000-10000 м^2 – 19,6 %) и средних (10000-100000 м^2 – 15,4 %) оползней.

По глубине захвата современные оползни условно разделены на покровные структуры, с глубиной захвата 1-3 м, и блоковые, с глубиной захвата до 5-8 м. В первом случае оползни, как правило, смещаются по кровле многолетнемерзлых пород, либо по границе сезонного оттаивания. Во втором случае в процесс смещения вовлечены не только породы деятельного слоя, но и частично многолетнемерзлые пласты, о чем говорят линзы многолетнемерзлых пород, вскрывающиеся в стенках отрыва.

Анализ мониторинговых исследований оползневых процессов в пределах Чуйского наблюдательного участка позволил выявить следующие закономерности современного оползнеобразования в условиях высокогорной эпицентральной зоны:

- приуроченность оползневых тел к тектоническим структурам Курайско-Саянской шовной зоны, причем сейсмоактивные разломы являются активным перманентно действующим фактором образования оползней;

- унаследованный характер образования новых оползней в пространственном отношении, по механизмам образования и морфологии тел;

- основной деформирующийся горизонт – комплекс осадков кошагачской свиты и четвертичные отложения, пространственно сопряженные с ними;

- наличие зон разгрузки подземных вод в подошвах структурно-тектонических уступовв виде пластовых выходов, сосредоточенных родников, либо мочажинного заболачивания. Они вызывают обводнение оползневого массива, увеличение массы оползня и изменение консистенции пород;

- наличие в стенках отрыва некоторых современных оползней линз многолетнемерзлых пород и погребенного льда, а в подошве надоползневых уступов и в дне лотков оползания - малодебитных субнапорных источников подземных вод или глинистой суспензии;

- геокриологический контроль оползней, плоскость оползания большинства покровных оползней – кровля многолетнемерзлых пород;

- тектонический контроль оползней, в том числе приуроченность стенок отрыва к тектоническим разломам и ориентированность трещин растяжения и сдвига, рвов растяжения молодых оползней субпараллельно разрывным структурам, либо близко к ориентации структурных швов;

- широкий диапазон «критических» уклонов поверхности, вызывающих образование оползней – от 6-10° до 20-35°, причем на пологих склонах (до 10°) образовано около половины современных оползней;

- преобладание по морфологии оползневых тел циркообразных оползней, а по механизму смещения – оползней комбинированных типов смещения, что вполне характерно для горных стран;

- преобладание среди современных оползней очень мелких и мелких по размерам оползневых структур площадью 1000-10000 м^2 (до 65 %) при вариациях 100-100000 м^2;

- неравномерный временной ход современного оползнеобразования с периодами активизации и затишья, в том числе форшоковая активизация в 2001-2003 гг., афтершоковая активизация в 2004, 2008, 2016-2017 гг., период затишья – в 2010-2015 гг.;

- триггерная роль сейсмических событий в современном оползнеобразовании, как при подготовке крупного сейсмического события – Чуйского землетрясения в сентябре 2003 г., так и при среднемагнитудных событиях афтершокового периода и последних лет.

Режимообразующие факторы. Проведенными ранее исследованиями [Достовалова, Шитов, 2010, 2013] установлено, что высокая корреляционная связь отмечается между температурным режимом, сейсмичностью территории Республики Алтай и активностью оползневых процессов в Чуйской сейсмоактивной зоне. Ряд триггерных факторов активизации оползневых процессов по убыванию представляет собой следующий вид: термовлажностный режим (0,67-0,86) > сейсмичность (0,41-0,77) > солнечная активность (0,51-0,70). Солнечная активность – это фактор планетарного масштаба, а сейсмичность и термовлажностные характеристики грунтов – факторы региональные, от которых реально зависит активность и развитие оползней в высокогорной части Республики Алтай.

Установлена прямая связь образования новых оползневых структур со среднемагнитудными сейсмическими событиями. Так, 9 августа 2016 г. 4 землетрясения магнитудой 2,9, 3,0, 4,0 и 4,3 (3 события в Кош-Агачском, 1 событие – в Онгудайском районе) обусловили активизацию оползневых процессов и образование оползней II порядка на древних оползневых структурах №№ 35, 36. В этот же день местными жителями на высокогорных пиках

Таблица 1. Параметры высокоактивных и новых оползней в пределах Чуйского участка в 2017 г.

№ п/кат.	Год образования	Подучасток	Механизм смещения/ состояние оползня	Глубина захвата, м	Площадь, $м^2$	Прирост площади, $м^2$	Деградация стенки отрыва, м
2а	2003	Предгорный	скольжение 1 / С	25-50	84253	1915	1-2
32б	2016	Предгорный	скольжение 1 / С	2,0	1616	н.д.	н.д.
98	2016	Предгорный	скольжение 2 / А	2,5	716	51	н.д.
99	2016	Предгорный	скольжение 1 / С	1,5	1160	365	н.д.
109	2017	Предгорный	скольжение 1 / С	2,6	10838	–	н.д.
111	2017	Предгорный	скольжение 1 / С	1,5	1245	–	н.д.
35-1	2016	Чуйский тракт	комбинация 1 / А	5,0	3160	470	н.д.
36-1	2016	Чуйский тракт	комбинация 1 / А	4,5	1717	137	н.д.
97	2016	Чуйский тракт	скольжение 1 / С	2,0	7981	3276	н.д.
71	2003	Чаган-Узун	комбинация 1 / А	5,0	12200	7010	5**
96	2016	Чаган-Узун	скольжение 1 / С	2,0	12280	260	н.д.
100	2017	Чаган-Узун	скольжение 1 / С	2,0	3766	25**	1-3**
101	2017	Чаган-Узун	скольжение 1 / С	2,5	3668	36**	1-2**
102	2017	Чаган-Узун	комбинация 2 / С	3,2	7131	201**	1-4**
103	2017	Чаган-Узун	комбинация 2 / С	2,8	9100	–	1-2**
104	2017	Чаган-Узун	комбинация 1 / А	6,0	28312	–	3,5**
105	2017	Чаган-Узун	комбинация 2 / С	2,7	7888	68**	1-4**
106	2017	Чаган-Узун	комбинация 2 / А	4,0	13229	982**	2,5**
107	2017	Чаган-Узун	скольжение 1 / С	2,5	9311	–	н.д.
108	2017	Чаган-Узун	скольжение 1 / С	2,0	4702	–	н.д.
110	2017	Чаган-Узун	скольжение 1 / С	2,0	1000	–	н.д.

Примечания. * - оползни, образованные в 2017 г. ** - прирост площади (деградации уступа) за июль – август 2017 г., в остальных оползнях – за 2016-2017 гг. Механизмы смещения: скольжение 1 – скольжение блоков по плоскости, скольжение 2 – скольжение разрыхленных пород, комбинация 1 – комбинация скольжения, оседания блоков, течения разрыхленных и разжиженных пород, комбинация 2 – комбинация течения и скольжения разрыхленных и разжиженных пород. Состояние оползневого тела: А – аструктурное, С - структурное

левого борта р. Мажой в момент землетрясения наблюдался мощный ледопад, часть висячего ледника в каре сорвалась и с грохотом упала вниз.

Предположительно, результатом землетрясения 20.09.2016 г. стало образование новых покровных оползней на подучастке Чаган-Узун. Некоторые оползни обнаружены в феврале 2017 г., обследование проведено в летний период 2017 г. Выявлено 12 новых оползневых структур различных по масштабу и типам смещения, а также несколько оползней, которые весьма увеличили свою активность.

По данным метеостанции в р.ц. Кош-Агач, за последние 60 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась с –6,1 до –3,2 ^{0}С. В последние десятилетия отмечается стойкое превышение среднегодовых температур воздуха, отражающее процессы глобального потепления, что вызывает деградацию вечной мерзлоты и активизирует процессы на границе оттаивания-промерзания.Очевидно, что термовлажностный режим пород на границе промерзания-оттаивания имеет прямую связь с температурным режимом территории, в частности, глубина промерзания грунтов и скорость оттаивания их в весенне-летний период находятся в прямой зависимости от положительных аномалий температуры воздуха. Термовлажностный режим сезонно-талого слоя, деградация многолетней мерзлоты и процессы на границе сезонного промерзания-оттаивания определяют глубину воздействия оползневого процесса на породы. Большинство современных, образованных 1-20 лет назад, оползней по глубине захвата основных деформирующихся толщ относятся к покровному типу. Мощность оползневых слоев, как правило, составляет 1-3 м, редко 5-8 м.

Помимо быстродействующих факторов, развитие и активность оползневых процес-

сов контролируется геологическими факторами, доминирующую роль из которых играют тектонические условия участков наблюдений, литологические особенности пород ОДС, гидрогеологические и геокриологические условия местности. Геофизическими исследованиями, проведенными Оленченко В.В. на оползнях № 35 и 86, подтверждена приуроченность стенок отрыва оползней к тектоническим структурам различного ранга [Достовалова, Оленченко, 2017].

Активность оползневых процессов. Периоды активизации. Как упоминалось ранее, за весь период наблюдений во временном ходе современного оползнеобразования выделяются периоды активизации и периоды затишья, в том числе форшоковая активизация в 2001-2003 гг., афтершоковая активизация в 2004 и 2008 годах, период активизации с осени 2016 г. до осени 2017 г., период затишья в 2010-2015 гг.

Наибольший интерес в настоящее время вызывает последняя активизация оползневых процессов в 2016-2017 гг., которая соизмерима по масштабам и пространственной приуроченности к форшоковой активизации 2001-2003 гг. В пределах древних оползневых массивов №№ 35, 36, 2 в рассматриваемый активный период отмечается высокая активность оползней II порядка: на оползнях 35 и 36 в августе 2016 г. образовались, а в 2017 г. значительно расширились оползни 35-1 и 36-1; в пределах древнего оползня № 2 наблюдается расширение границ оползня 2А и образование оползней III порядка во фронтальном уступе его языка. Наибольшую активность в рассматриваемый период проявил оползень № 71, образованный в 2003 г. и увеличившийся вдвое в 2017 г. При этом предыдущий оползневый массив был практически погребен и поглощен новым оползневым телом (табл. 1).

Тахеометрическая съемка и инструментальные замеры на наблюдательных реперах и марках в пределах оползня № 35 (участок ГОНС «Цокольный») показали высокую активность в нижней, языковой части древней структуры. Образовавшийся в августе 2016 г. оползень II порядка значительно расширил свои границы, площадь оползня увеличилась с 2690 м^2 до 3160 м^2. По инструментальным замерам смещение наблюдательных реперов в относительно спокойной зоне участка «Цокольный» составило по латерали 0,28-0,68 м, по вертикали – 0,08-0,19 м. В активной части участка, в границах нового оползня II порядка смещение репера № 8 составило 10,0 м по латерали и 4,9 м по вертикали. Практически репер № 8 в результате перемещения не пригоден для дальнейших наблюдений, так как полностью вынесен на дневную поверхность.

Особой приметой рассматриваемой активизации является массовое образование покровных оползней. В период с осени 2016 г. по 2017 г. образовалось 12 новых оползней I порядка, в том числе 2 оползня на подучастке Предгорном, 10 оползней – на подучастке Чаган-Узун. Большая часть новых оползней, по предварительным данным, образована осенью 2016 г., но их активное развитие и движение наблюдалось в летний период 2017 г. (табл. 1).

На подучастке Предгорном новые оползни приурочены к Курайскому тектоническому разлому, выраженному в рельефе структурно-тектоническими уступами. Оползень № 109 структурного типа, покровный, с глубиной захвата пород до 3 м, по размерам – это средний объект, площадь оползня составляет 10838 м^2. Надоползневой уступ в вершине – 1,5-3 м, в боковых границах – до 1,7 м. Фронтальный уступ языка – до 3-4 м. Помимо этого, образовались 2 новых зоны оползания, в одной из которых зафиксирован мелкий структурный оползень № 111 площадью 1245 м^2, в другой – надоползневый уступ без выраженного в рельефе языка, который начал формирование в 2016 г. и предварительно определен как оползень 32Б размером 1616 м^2.

На подучастке Чуйский тракт из современных структур наибольшая активность наблюдалась на оползне № 97, образованном в 2016 г. Оползень структурный, с глубиной захвата до 2,5 м. Площадь оползня за отчетный период увеличилась на 3276 м^2: с 4705 м^2 в 2016 г. до 7981 м^2 в 2017 г.

В 2016-2017 гг. на территории подучастка Чаган-Узун образовано 10 новых оползней, мелких и средних по размерам, оползень № 71 увеличился вдвое по размерам, поглотив

Рис. 2. Линейная зона, в пределах которой в 2016-2017 гг. образовалось 10 оползней.

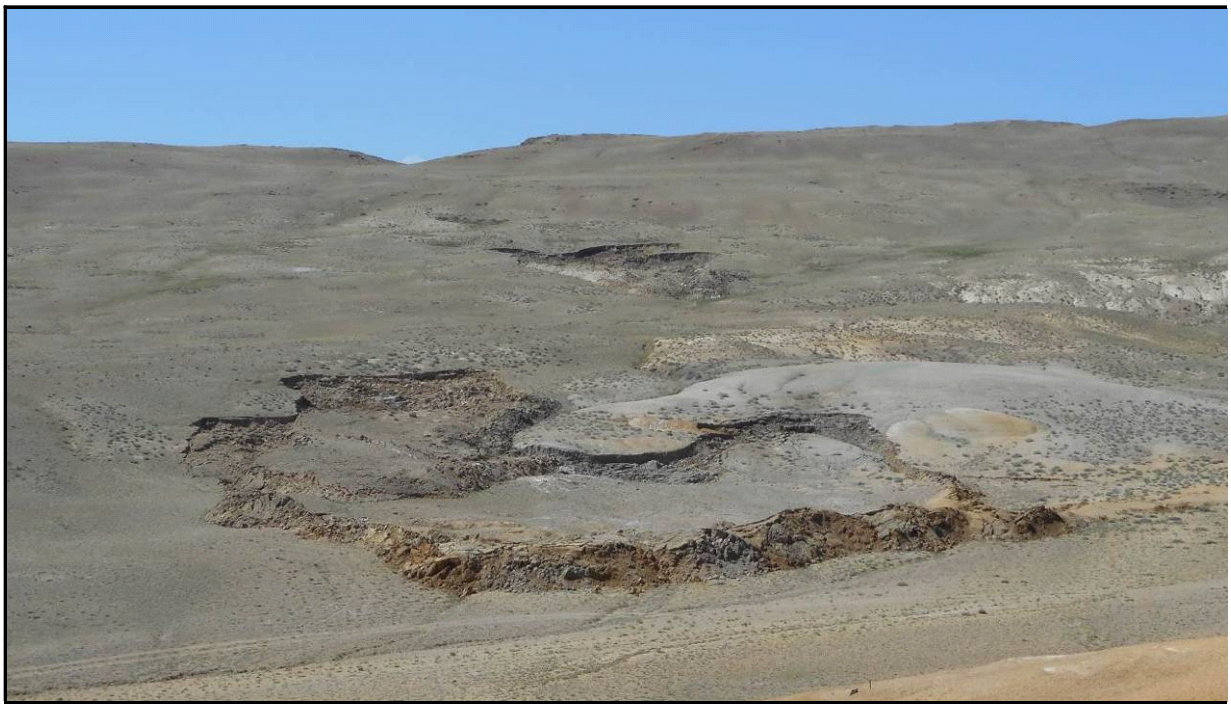

Рис. 3. Мелкие оползни структурного типа, образованные осенью 2016 г.

старую структуру (табл. 1). Из новых и активных структур 4 оползня образовались на месте старых оползней, поглотив их полностью или частично (№ 71, 104, 105, 106). Примечательно, что 8 из 10 оползней приурочены к линейной зоне в пределах подучастка Чаган-Узун и фиксируют, скорее всего, неотектоническую структуру (рис.2). Практически во всех оползнях вскрыты фрагментарно отложения кошагачской свиты олигоцен-миоценового возраста, представленные темно-серыми супесями с включениями углистого вещества и слойков бурых углей.

По размерам восемь оползней (№№ 100, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 110) относятся к категории мелких объектов с площадью менее 10000 м^2 (размеры в пределах 50-70 x 90-140 м), механизм смещения – скольжение блоков пород по плоскости. Два оползня (№№ 104, 106) – средние по размерам объекты (10000-100000 м^2), размеры средних оползней варьируют в пределах 250-405 x 70-130 м, механизм смещения – комбинация скольжения, оседания блоков, течения разрыхленных и разжиженных пород (табл. 1).

Все новые оползни покровные. По глубине захвата преобладают оползни с высотой надоползневого уступа до 2-3 м, в средних объектах глубина захвата достигает 5-6 м. В наиболее крупных по размерам оползнях в стенках отрыва и днищах лотков скольжения наблюдаются линзы льда и многолетних пород, в мелких оползнях зафиксированы влаж-

Рис. 4. Аструктурный оползень № 104 среднего размера (28312 м^2) с элементами течения.

Рис. 5. Озерко, образовавшееся в русле ручья в результате подпора языком оползня.

ные и переувлажненные породы в стенках отрыва и присклоновых западинах. По структурным особенностям мелкие оползни, как правило, структурные (рис. 3), средние по размерам оползни имеют, в основном, аструктурное оползневое тело с элементами потоков (рис. 4). Некоторые оползни перекрывают ложбины стока, образуя подпрудные озерки (рис. 5).

Мерзлотные проявления в виде субнапорных микроисточников, лужиц глинистой сус-

Рис. 6. Линзы льда в стенке отрыва оползня № 71, увеличившегося в 2017 г. в 2 раза.

Рис. 7. Линзы льда в днище лотков скольжения и течения (Оп № 71).

Рис. 8. Обводненность оползня № 71 в июле 2017 г.

пензии, линз многолетних пород и линз льда присутствуют практически во всех новых оползнях (рис. 6-8). Наибольшая обводненность характерна для средних по размерам оползней, в которых присутствуют лотки течения увлажненных и текучепластичных глинистых масс. На мелких объектах увлажненность характерна только для присклоновой западины.

Выводы. В результате многолетних наблюдений на Чуйском наблюдательном участке установлено следующее.

Высокогорная территория на западной окраине Чуйской межгорной впадины, условно выделенная в границах Чуйского наблюдательного участка, характеризуется в настоящее время как территория площадной активизации оползневых процессов, на которой выявлено более 125 оползней различного ранга и порядка. В пределах участка развиты как крупные древние структуры, так и современные – очень мелкие, мелкие и средние по размерам оползни. Оползни разнообразны по механизмам смещения, геоморфологическим типам, активности.

За наблюдаемый период 2000-2017 гг. в развитии и активизации оползневых процессов в пределах Чуйского участка наблюдались периоды форшоковой активизации (2001-2003 гг.), афтершоковой активизации (2004-

2009 гг.), период относительного затишья (2010-2015 гг.) и период новой активизации (2016-2017 гг.). Наиболее активными по новообразованным структурам признаны 2002 (12 новых оползней), 2003 (11), 2004 (8), 2008 (9), 2017 (12) годы, а в целом по совокупности визуальных признаков – период форшоковой активизации и последний период активизации.

Современные оползни, образованные за наблюдаемый период 2000-2017 гг., как правило, покровные с глубиной захвата пород от 1-3 м до 5-8 м. По размерам это очень мелкие, мелкие и средние объекты (от 100 до 30000 м^2); редкие крупные объекты (до 80000 м^2), как правило, представляют собой оползни II порядка в крупных древних оползнях.

Триггерным фактором активности оползневых процессов признан сейсмический фактор. Практически все периоды активизации обусловлены крупными сейсмическими событиями на территории Республики Алтай и сопредельных с ней территориях. Наблюдалась и прямая зависимость оползнеобразования с землетрясениями магнитудой 3-5 и более 5. Так, оползни II порядка 35-1 и 36-1 образованы после 4 событий 9 августа 2016 г. Большая часть обследованных в 2017 г. новых оползней образовалась в осенний период 2016 г., предположительно, после землетрясения магнитудой 5,1, свершившегося 20 сентября 2016 г. Эпицентр землетрясения находился южнее обследованной линейной зоны, в районе с. Бельтир.

Важными факторами развития, определяющими морфологические особенности оползней, являются наличие многолетнемерзлых пород и температурный режим местности.

Наблюдения за развитием современных оползней показали, что скорости смещения новообразованных оползней на первом этапе активизации (непосредственно после образования) варьируют в пределах 1-5 м/ месяц, что характеризует их как оползни умеренных скоростей, а на дальнейших этапах – 1-10 м/год, что соответствует медленным смещениям оползневых структур. На завершающем этапе развития движение оползня практически прекращается или становится исключительно медленным (менее 0,05 м/год). Период развития оползня от времени его образования до затухания составляет 6-10 лет, в зависимости от размеров и глубины захвата пород. Как правило, более крупные оползни имеют более длительный период затухания.

Последний период активизации оползневых процессов (2016-2017 гг.) соизмерим по новообразованиям с форшоковым периодом активизации 2002-2003 гг. В этот период наблюдалась прямая зависимость активизации оползневых процессов от мало- и среднеамплитудных сейсмических событий в ближнем радиусе воздействия, условно определенная автором в 50-100 км. Характерной особенностью в этот период активизации является унаследованность оползневых процессов в пространственном плане. Линейная зона, имевшая наибольшую активность перед Чуйским землетрясением, словно «проснулась» вновь, образовав в ее пределах 8 новых оползней. Причем часть новообразованных структур образовалась непосредственно на месте старых, более мелких, поглотив их, либо между старыми оползнями, соединив их в одну структуру. Также этот период активизации показал, что оползневые структуры, переживающие период затухания, могут стремительно активизироваться, увеличив свои размеры и углубившись по мощности деформирующегося слоя. Примерами таких активизаций может служить оползень № 71, увеличившийся почти вдвое, оползень № 106, поглотивший оползни № 60 и 89, оползень № 104, частично поглотивший оползень № 53, оползень № 105, образованный между оползнями 43 и 43А.

Таким образом, Чуйский наблюдательный участок является ключевым наблюдательным объектом, характеризующим зависимость оползнеобразования в высокогорных районах республики от триггерных режимообразующих факторов. Новый этап активизации, как и прежние этапы, обусловлен сейсмической активностью территории и положительными аномалиями среднелетних и среднегодовых температур воздуха. На основе полученных результатов наблюдений можно дать предварительный прогноз о развитии оползневых процессов в пределах Чуйского наблюдательного участка. Скорее всего, в ближайшие годы будет продолжаться активизация оползневых процессов на уровне 2001-2003 гг.

Учитывая вторичность оползневых деформаций в геологическом развитии территории, как деформаций, отражающих напряженность состояния недр, можно предполагать нарастающую сейсмическую активность территории Республики Алтай.

Литература

Гусев Н.И. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Курайской рудной зоны в Горном Алтае. Отчет Чуйской партии о результатах геологического доизучения в 1983-1991гг. –Новокузнецк: ГАГПЭ, 1991.

Достовалова М.С. Режимообразующие факторы криогенно-напорного подтопления территории села Кош-Агач // Бюлл. Природные ресурсы Горного Алтая, 2006, № 1, с. 85–89.

Достовалова М.С., Шитов А.В. О влиянии геодинамической активизации на оползневую активность (на примере территории Горного Алтая) // Инженерная геология, 2010, № 6, с. 62-68.

Достовалова М.С., Оленченко В.В. Строение и динамика развития сейсмогенного оползня в условиях криолитозоны Горного Алтая // Криосфера Земли, 2017, т. XXI, № 1, с. 26–35.

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.

Рогожин Е.А., Платонова С.Г. Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. – М: ОИФЗ РАН, 2002. 130 с.

Требования к унифицированным формам полевой, камеральной и технической документации по ведению государственного мониторинга состояния недр. – Москва: ФГБУ «Гидроспецгеология», 2017.

Шитов А.В., Достовалова М.С. Анализ факторов, влияющих на некоторые экзогенные геологические процессы Горного Алтая // Бюлл. Природные ресурсы Горного Алтая, 2013, № 2, с. 55–66.