ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ – ОДНИ ИЗ ЯРКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

М.С. Достовалова
Горно-Алтайское отделение ГМСН Филиала «Сибирский региональный центр» ФБГУ «Гидроспецгеология», с. Майма

В последние годы все больше внимания уделяется последствиям изменений климата и рискам, связанным с климатическими изменениями на территориях активного хозяйственного освоения России. Наблюдаемые изменения глобального климата проявляются с наибольшей интенсивностью в арктических регионах и горных территориях страны. Согласно оценкам Росгидромета, на территории России потепление климата происходит примерно в 2,5 раза интенсивнее, чем в среднем по Земному шару: в период 1976-2016 гг. оно составило 0,45 °С за 10 лет [Доклад…, 2017]. Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно в Азиатской части России (АЧР). На территории Алтае-Саянского региона анализ изменений климатических параметров за период 2007-2016 гг. в сравнении с периодом 1955-1990 гг. показал, что средняя температура воздуха в целом выросла от 0,8 °С в Восточных Саянах, до 1,2°С в алтайской части АСР и на юге Республики Тыва [Анализ…, 2018]. Все без исключения современные климатические модели дают потепление климата России в XXI в., заметно превышающее среднее глобальное потепление.

Наиболее сильным откликом на процессы глобального потепления является сокращение зоны распространения многолетнемерзлых пород. Согласно экспертным оценкам, по мнению Оганесяна В.В., наиболее значимым риском для устойчивого функционирования инфраструктуры РФ следует считать последствия потепления климата для ускоренной деградации многолетней мерзлоты, которая занимает почти две трети территории страны [Оганесян, 2019]. Тенденция постепенного сокращения зоны многолетней мерзлоты в Арктике из-за роста среднегодовой температуры приземного воздуха и, в связи с этим, мерзлого слоя носит устойчивый характер: только за последние 30 лет температура многолетней мерзлоты в России увеличилась в среднем на 0,5-2,0 °С при значительном диапазоне изменений – от 0,004 до 0,05°С в год. При этом наблюдается значительная территориальная неравномерность рассматриваемого процесса. Наиболее интенсивное сокращение слоя и зоны многолетней мерзлоты и, соответственно, связанные с этим наиболее значимые риски устойчивости объектов строительства и инфраструктуры характерны для европейского Севера России, Западной Сибири, юга Республики Саха [Оганесян, 2019].

По мнению Переведенцева Ю.П., в период 1979-2019 гг. помимо устойчивого потепления климата наблюдается усиление трендов по годовым значениям сумм осадков на большей части территории России, за исключением центра и юга европейской части России [Переведенцев и др., 2021].

Глобальные изменения климата оказывают негативное влияние на состояние природной среды, в том числе вызывают активизацию опасных геологических процессов. Согласно «Методическим рекомендациям по оценке климатических рисков» [Приказ…, 2021], климатический (климатообусловленный) риск – совместная характеристика вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия на объект этого воздействия, которая выражается в величинах повторяемости и ущерба. Спектр климатических рисков весьма широк. В частности, к ним относятся природные процессы и явления, происходящие в гидросфере, криосфере и литосфере, в том числе наводнения, русловые деформации, оползни, сели, термоэрозия, термокарст, пучение грунтов, солифлюкция, наледеобразование, подтопление и т.п.

Климатические риски на территории Республики Алтай. Территория Республики Алтай (РА) в силу экстремальности орографии и разнообразия климатических условий от-

1. Обзор климатических рисков на территории Республики Алтай

Климатический фактор (КФ)	Вектор КФ	Климатические риски
Температура	Увеличение	Деградация многолетней мерзлоты; деградация ледников; увеличение стока горных рек; повышение риска селей, оползней, просадочных явлений. Смещение ландшафтных границ, расширение природных зон (в горных странах – в орографическом плане), смена растительных сообществ. Увеличение продолжительности пожароопасных сезонов, повышение пожароопасности.
Режим увлажнения	Увеличение	Увеличение поверхностного стока; рост числа наводнений, катастрофических дождевых паводков, селей; заболачивание и подтопление территорий.
	Снижение	Рост числа засух, аридизация; сокращение поверхностного стока; рост засоленности почв; снижение урожайности, повышение пожароопасности.

носится к чрезвычайно уязвимым к изменениям климата регионам. В частности, более половины ее территории относится к зонам распространения островной и прерывистой многолетней мерзлоты, а высокогорные территории Юго-Восточного Алтая – к участкам с островами многолетней мерзлоты сплошного характера.

В период 1995-2021 гг. на территории Республики Алтай отмечается повсеместный рост температуры как в годовом цикле, так и по сезонам года. Максимальные положительные отклонения характерны для зимнего (0,4-1,1 °С), весеннего (0,7-1,0 °С) и летнего периодов года (0,6-0,9 °С), минимальные отклонения – для осеннего сезона года (0,2-0,6 °С). В годовом цикле на большей части республики преобладает умеренное положительное отклонение от нормы – +0,4-0,6 °С. Более сильное положительное отклонение от нормы (+0,7-0,8°С) наблюдается на территории Майминского, Турочакского, Усть-Коксинского и Кош-Агачского районов.

Анализ режима увлажнения в период 1995-2021 гг. показал неоднозначный характер отклонений суммарного количества годовых осадков. В низкогорной зоне, на территории Майминского, Чойского и Турочакского районов, режим увлажнения сохраняется на уровне многолетних норм с незначительными тенденциями к уменьшению осадков (на 1-3,3 %). Аналогичные, но более интенсивные тенденции характерны для территории Улаганского

2. Критерии оценки оползневых процессов на территории Республики Алтай

Критерии оценки[6]	Параметр	Тенденции
Климатический риск – характеристика вероятности опасных проявлений климатического фактора	Оползневые процессы	Активизация процесса
Климатический фактор – параметр климатической системы, меняющийся под воздействием внутренней динамики климатической системы	Температура воздуха	Стабильный ростсреднегодовой температуры
Объекты воздействия – компоненты антропогенной или природной системы, функционирование которых зависит от фактора климата и климатического риска	Объекты транспорта и жилищно-коммунального хозяйства, земли различного назначения	Локальное разрушение, ухудшение свойств земель
Подверженность – степень нахождения объекта воздействия в контакте с опасным фактором	Степень пораженности	Рост пораженности объектов
Уязвимость – склонность или предрасположенность к неблагоприятному воздействию	Особенности конструкции объектов воздействия, их состояние	Рост уязвимости объектов
Оценка уровня опасности климатического риска по интенсивности, распространенности, продолжительности	Параметры проявлений природных процессов, являющихся климатическим риском	Градация от умеренно опасного до чрезвычайно опасного

3. Особенности современного оползнеобразования на территории Республики Алтай

Район	Число. оползней	Площадь оползней, м^2	Глубина захвата пород, м	Объекты поражения	Режимообразующие факторы
Кош-Агачский: в т.ч. сейсм. Оп	116	300-41000	1-15	Земли с/х назначения, дороги	Сейсмический, метеорологический
	1	645400	100	Земли с/х назначения	
Майминский	14	100-37500	1-8	Земли, дороги, объекты ЖКХ	Метеорологический
Онгудайский	3	до 32000	1-10	Дороги	Техногенный
Турочакский	1	3800	1-8	Дороги	Метеорологический
Чемальский	2	до 1500	1-5	Объекты ЖКХ, дороги	Метеорологический, техн.
Итого		до 645400	1-15-100	Земли, дороги, объекты ЖКХ	Сейсм., метеорол., техноген.

района, где снижение осадков составляет 9,6 % от нормы. На остальной территории РА отмечается незначительный рост годовых участков, отклонения от среднемноголетних норм составляют 4-12,4 %.

Климатические риски территории Республики Алтай, возникающие в связи с изменениями в температурном режиме и режиме увлажнения территории, зависят от вектора отклонений. Очевидно, что вектор определяет диаметрально противоположные тенденции в климатических рисках. Но в любом случае изменение климатических факторов ведет к нарушению экологического равновесия, в том числе к смене ландшафтных зон и вытеснению одних биологических видов другими видами. В упрощенном виде климатические риски показаны в таблице 1.

Наиболее явные климатические рискина территории Республики Алтай, обусловленные природными процессами и явлениями, представлены оползневыми, эрозионными и геокриологическими процессами. Более изученными из них в рамках государственного мониторинга ЭГП являются оползневые процессы и русловые деформации, вызванные комплексным воздействием эрозионных и гравитационных процессов. В данной статье рассматриваются особенности современного оползнеобразования на территории РА – одного из ярких и опасных представителей климатических рисков. Применительно к обзору оползневых процессов на территории Республики Алтай система оценки климатического риска представлена в таблице 2.

Оползневые процессы на территории Республики Алтай изучались в рамках государственного мониторинга экзогенных геологических процессов Горно-Алтайским отделением ГМСН на опорных участках государственной наблюдательной сети в период 2001-2021 гг., реже – при плановых и оперативных обследованиях локальных оползневых проявлений. В административном отношении наибольшее распространение современных оползней характерно для территории Кош-Агачского района, в значительно меньшей степени – для территории Майминского района. Единичные оползни наблюдались в Турочакском, Чемальском и Онгудайском районах (табл. 3).

Анализ особенностей распространения и развития оползней на территории Республики Алтай показал следующие закономерности современного оползнеобразования в высотных поясах региона.

Развитие единичных оползней в Турочакском и Чемальском районах республики обусловлено, в первую очередь, аномальными режимообразующими факторами (рис. 1). Локальные проявления на этих территориях относятся к мелким по размеру (1-5 тыс. м^2) и покровным по глубине захвата пород оползнями. По механизму смещения – это оползни, образованные комбинацией скольжения, оседания блоков и течения разрыхленных и разжиженных пород. Их образование в одном случае вызвано аномальным техногенным фактором,

Оползень на автодороге Иогач – кордон (2014 г.) перекрывал дорогу, достигая русла р. Иогач.

Оползень в пос. Толгоёк (2008 г.) образован из-за утечек воды из водонапорной башни.

Фронтальный оползень на автодороге в с. Инегень (2016 г.) разрушил участок дороги длиной 200 м.

Фронтальный оползень на автодороге Чемал – Куюс (2014 г.) разрушил участок дороги длиной 180 м.

Оползень № 28 в усадьбе по л. Черноплодная, 10, г. Горно-Алтайск (2010 г.) перекрыл угол дома.

Оползень № 31в борту р. Майма на окраине с. Кызыл-Озек (2014 г.) разрушил ограждения усадьбы.

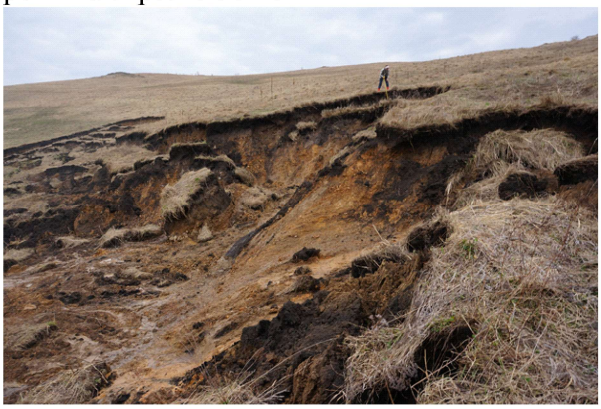
Рис. 1. Мелкие покровные оползни на территории Майминского, Турочакского, Чемальского и Онгудайского районов (в скобках – год образования).

связанным с утечками воды из водонапорной башни (с. Толгоёк Чемальского района), а в других случаях – с дождевым паводком в 2014 году, когда на территории Республики Алтай была зафиксирована чрезвычайная ситуация федерального характера.

Локальное развитие оползней на территории Онгудайского района приурочено к автодорогам и обусловлено техногенным фактором, а именно – строительством и эксплуатацией автодорог. Как правило, это оползни среднего размера (5-50 тыс. м^2), образованные комби-

Оползень № 35 на дороге Горно-Алтайск – Кызыл-Озек (2020 г.) разрушил часть дороги на отрезке 50 м.

Структурный оползень № 32 в окрестностях с. Майма (2017 г.) с мелким оползнем II порядка.



Стенка отрыва оползня № 32 достигает высоты 8 м, в подошве – пластовый выход подземных вод.

Структурный оползень в окрестностях с. Майма (2021 г.), высота стенки отрыва 5-6 м.

Рис. 2. Блоковые оползни на территории Майминского района (в скобках – год образования).

нацией скольжения и оседания блоков разрыхленных пород. Глубина захвата пород небольшая, до 1-3 м, но, предположительно, может достигать 10-20 м, до уровня грунтовых вод, водоупором которых служит коренной фундамент.

В отличие от вышеописанных единичных проявлений, оползни на территории Майминского и Кош-Агачского района имеют площадное распространение,типовую и пространственную унаследованность. Для участков развития современных оползней характерно наличие крупных древних голоценовых оползней, в пределах некоторых из них в настоящее время наблюдается активизация оползневых процессов в виде образования более мелких по размерам оползней II порядка. Как правило, современные оползни имеют широкий диапазон по размерам и глубине захвата пород, а также по механизмам смещения, варьируя от простых, образованных скольжением разрыхленных пород, до сложных комбинированных механизмов, включающих серию блоковых сдвигов с течением и скольжением разрыхленных и разжиженных пород.

И, как правило, к образованию оползней приводит не кратковременный аномальный режимообразующий фактор, а комплекс факторов, имеющих, скорее, долговременный многолетний характер. К ним относятся, в частности, температурный фактор, отражающий глобальное потепление, а также сейсмический фактор, отражающий сейсмическую активность территории, в том числе форшоковый и афтершоковый периоды крупных землетрясений, имевших место в анализируемый период на территории Алтае-Саянского региона.

Современные оползни на территории Майминского района развиваются, в основном, на полигенетических склонах в окрестностях агломерации Майма – Горно-Алтайск – Кы-

зыл-Озек, в редких случаях – непосредственно на селитебных территориях. Как правило, на территориях населенных пунктов современные оползни имеют мелкие размеры (100-1000 м^2) с глубиной захвата пород до 1-3 м, редко до 4-6 м. По механизму скольжения – это блоковые оползни с элементами течения разжиженных пород, в которых поверхность скольжения приурочена к кровле линз верховодки или горизонтов грунтовых вод (рис. 1).

В окрестностях агломерации вне населенных пунктов в последние годы наблюдается развитие довольно внушительных по размерам оползней площадью 15-37 тыс. м^2 с глубиной захвата пород до 7-9 м. Ввиду значительных размеров данные типы оползней представляют собой структурные формы, большая часть которых, за исключением стенок отрыва и фронтальных валов языка, сохраняет структуру склона, разбитого глубокими трещинами на блоки (рис. 2).

Основными режимообразующими факторами оползнеобразования в Майминском районе признаны метеорологические факторы, главную роль в которых играют режим увлажнения в зимний и весенний периоды, а также температурный режим в весенний период. Ранние приходы весны с активным оттаиванием промерзших грунтов и избыточным питанием горизонтов грунтовых вод способствуют активизации оползневых процессов. Важную роль в оползнеобразовании играет гидрогеологический фактор, о чем свидетельствуют многочисленные сосредоточенные и пластовые выходы грунтовых вод в подошвах стенок отрыва современных оползней.

На территории самого высокогорного Кош-Агачского района республики в последнее 20-летие зафиксировано максимальное развитие оползней, превышающее более чем в 8 раз количество современных оползней в Майминском районе. Такое доминирование говорит об особых режимообразующих факторах активизации оползневых процессов.

Современные оползни в Кош-Агачском районе приурочены к Чуйской сейсмоактивной зоне, охватывающей западную окраину Чуйской впадины, включая отроги Курайского хребта и Чаган-Узунского горста, и к эпицентру Чуйского землетрясения в междуречье рек Кускунур – Талтура – Чаган. Размеры оползней колеблются в широких диапазонах от первых сотен до десятков тысяч квадратных метров. Глубина захвата пород варьирует от 1-3 м в мелких структурах до 10-15 м в самых крупных оползнях. В подавляющем числе оползней в момент образования в стенках отрыва и лотках оползания вскрывались многолетнемерзлые породы и линзы льда. Наблюдения показывают, что практически во всех оползнях поверхность скольжения приурочена к кровле многолетнемерзлых пород. Именно поэтому подавляющее число оползней по механизму смещения представляют собой комбинацию скольжения, оседания блоков, течения разрыхленных и разжиженных пород с явными селеподобными потоками оттаявших грязевых масс (рис. 3).

Кроме того, совершенно отдельным явлением представляется гигантский сейсмогенный оползень, образованный на территории Кош-Агачского района в момент Чуйского землетрясения в правом борту р. Талтура (рис. 3). По параметрам он значительно превосходит все известные современные оползни республики, приближаясь по размерам и глубине захвата к древним голоценовым структурам. По механизму смещения данный оползень образован комбинацией блоковых сдвигов с глубиной захвата пород до 100 м, площадь оползня достигает 0,6454 км^2 (645400 м^2).

Триггерным режимообразующим фактором оползнеобразования на территории Кош-Агачского района признан сейсмический фактор, поскольку начало активизации оползневых процессов отмечено в форшоковый период подготовки крупного Чуйского землетрясения, высокий отклик на сейсмические события наблюдался в афтершоковый период, а отдельные современные оползни образовались непосредственно в периоды значимых землетрясений в пределах Чуйской сейсмоактивной зоны [Достовалова, Шитов, 2010; Шитов, Достовалова, 2013]. Весьма важным фактором активизации является температурный фактор, способствующий деградации многолетней мерзлоты и в некотором роде определяющий глубину захвата пород в оползневой процесс.

Общий вид самого крупного оползня (№ 115) на участке ГОНС Чуйский (2021 г.) площадью 41000 м^2.

Стенка отрыва одной из вершин оползня № 115, суммарная высота ступеней стенки более 15 м.

Транзитная аструктурная часть оползня № 115, общая длина оползня 575 м.

Фрагмент языка оползня № 115, высота уступов боковых валов достигает 5-6 м.

Надоползневый уступ оползня № 118 (2020 г.) в долине р. Кызыл-Чин, площадь оползня 35245 м^2.

Транзитная часть оползня № 118, общая длина оползня 412 м.

Сейсмогенный оползень в правом борту р. Талтура, площадь оползня 645400 м^2.

Надоползневый уступ сейсмогенного оползня преобразован обвально-осыпными процессами.

Рис. 3. Крупные оползни со сложным характером смещения на территории Кош-Агачского района.

Оценка уровня опасности оползневых процессов. Как известно, опасные природные воздействия могут приводить к изменению напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и/или оснований зданий либо сооружений, влияющих на безопасность объекта и приводящих к его разрушению или невозможности дальнейшей эксплуатации, а также влекущих негативные последствия, угрожающие жизни и здоровью людей-.Уровень опасности оползневых процессов рекомендуется оценивать, исходя из характеристик и параметров оползней, выявленных на исследуемой территории [Приказ…, 2021; Геофизика опасных…,2018].

Оценка уровня опасности оползневых процессов приведена по административным районам в привязке к объектам воздействия и исходя из параметров максимальных оползней, обследованных в период 2001-2021 гг. Наибольшую опасность оползневые процессы представляют для объектов сектора ЖКХ, транспортного сектора и земель различного назначения (сельскохозяйственные угодья, лесной фонд, природоохранные территории и т.д.). Уровень опасности оползневых процессов на территории Республики Алтай варьирует от умеренно опасных до чрезвычайно опасных (табл. 4).

Локальные проявления оползневых процессов на территориях Чемальского, Турочакского и Майминского районов, оказывающие воздействие на транспортные объекты и объекты ЖКХ, относятся к категории умеренно опасных оползней. Единичные оползни, развивающиеся на объектах транспорта в Онгудайском и Кош-Агачском районах, оцениваются категорией опасных оползней. Аналогичный уровень опасности имеют локальные проявления, развивающиеся на землях сельскохозяйственного назначения в Майминском районе. Весьма опасными признаны крупные по размерам оползни, развивающиеся на землях сельскохозяйственного назначения в пределах Кош-Агачского района. И, наконец, сейсмогенный оползень, образованный в момент Чуйского землетрясения в правом борту р. Талтура, относится к категории чрезвычайно опасных оползней. На территории Республики Алтай выделяется 2 площадных участка, в пределах которых отмечено массовое развитие как современных, так и древних оползней. В контурах площадного распространения оползневых процессов в 2001 г. организованы наблюдательные участки – Горно-Алтайский (Майминский район) и Чуйский (Кош-Агачский район). На площадных объектах, помимо оценки уровня опасности по оползням максимального размера, важной характеристикой уровня опасности становится площадная пораженность территории.

Горно-Алтайский наблюдательный участок охватывает агломерацию Майма – Горно-Алтайск – Кызыл-Озек и ее окрестности. В пределах выделенного участка выявлено 39 оползневых объектов современного (14) и голоценового (25) возраста. Площадная пораженность территории составляет 0,68 %, что соответствует категории умеренно опасных территорий.

Чуйский наблюдательный участок оконтурен по зоне беспрецедентной активизации склоновых процессов в пределах горного обрамления западной части Чуйской впадины, приуроченной к Чуйской сейсмоактивной зоне. В пределах участка зафиксировано 132 оползня различного возраста и размеров. В целом площадная пораженность территории в границах участка составляет 2,01 %, что соответствует категории опасных территорий. При этом, исходя из неравномерности распределения оползней по площади, выделяются отдельные зоны с пораженностью территории от 1,88 % до 17,03 %. К весьма опасным территориям относятся зона Курайского тектонического шва (10,48 %) и зона гипербазитового выступа над автодорогой Р-256 Чуйский тракт (17,03 %). К опасным территориям можно отнести левобережье р. Чуя до устья р. Чаган-Узун (пораженность 1,88 %).

Тенденции развития оползневых процессов в высокогорной зоне. С точки зрения оценки климатического риска, проявляющегося через активизацию оползневых процессов, наиболее опасными представляются оползни, развивающиеся на территории Кош-Агачского района. Для отражения многолетних тенденций оползнеобразования в высокогорной зоне Республики Алтай во временном разрезе период наблюдений 2001-2021 гг. условно разбит на 3 равных этапа: 2001-2007 гг., 2008-2014 гг., 2015-2021 гг. Первый этап поделен на два

4. Оценка уровня опасности оползневых процессов на объектах воздействия в пределах территории Республики Алтай

Объект воздействия	Общие сведения			Показатели, используемые при оценке уровня опасности / категория*					Оценка уровня опасности*
	Административная привязка,участок ГОНС, № максимального по размерам оползня / год образования	Макс. длина, м	Макс. ширина, м	Макс. площадь, км2	Макс. объем, тыс. м3	Макс. глубина захвата пород, м	Скорость смещения, м/сут.	Повторяемость, ед./год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кош-Агачский район									
Земли сельскохозяйственного назначения	В 9,2 км ЮЗ с. Бельтир. Уч. Арка-Узук. Сейсмогенный Оп / 2003	1134	727	0,6454 / ВО	32269 / ЧО	100 / ЧО	5 м/с / ЧО	менее 0,01 / ЧО	Чрезвычайно опасный
Земли сельскохозяйственного назначения	Левый- и правый борт р. Чуя от с. Чаган-Узун до с. Ортолык. Уч. Чуйский, Оползень № 115 / 2021	575	150	0,0410 / О	410 / ВО	15 / О	1-10 м/сут / О	0,1 / О	Весьма опасный
Земли сельскохозяйственного назначения	В 10 км ЮЗ с. Чаган-Узун, долина р. Кызыл-Чин. Оползень № 118/ 2021	412	155	0,0352 / О	352 / ВО	15 / О	1-10 м/сут / О	0,1 / О	Весьма опасный
Автодорога Р-256 Чуйский тракт	864-866 км. Правый борт р. Чуя. Уч. Чуйский тракт, Оп № 35-1 / 2017	230	130	0,0199 / О	99,5 / О	7 / УО	1-10 м/сут / О	0,1 / О	Опасный
Майминский район									
Земли сельскохозяйственного назначения	Майминский район, окрестности Майма-Горно-Алтайск. Уч. Горно-Алтайский, оползень № 32 / 2018	285	202	0,0375 / О	263 / ВО	9 / УО	1-10 м/сут / О	0,1 / О	Опасный
Объекты ЖКХ	г. Горно-Алтайск. Уч. Горно-Алтайский, оползень № 19 / 2001	25	57	0,0011 / УО	3,2 / УО	4 / УО	5-10 м/мес/УО	0,05-0,1 / УО	Умеренно опасный
Автодорога Р-256, Телецкий тракт	А/д Горно-Алтайск – Кызыл-Озек. Уч. Горно-Алтайский, № 35 / 2020	28	34	0,0007 / УО	2,0 / УО	6 / УО	1-2 м/с / УО	0,05-0,1 / УО	Умеренно опасный
Онгудайский район									
Автодороги в с. Инегень, Алт. подворье	19,5-20,05 км. Уч. А/д в Алтайское подворье. Оползень № 1/ 2017	200	230	0,0317 / О	317 / ВО	9-10 / УО	5-10 м/мес/УО	0,05-0,1 / УО	Опасный
Турочакский район									
Автодорога с грунтовым покрытием	Автодорога Иогач – кордон, 3,1 км. Оползень / 2014	100	55	0,0038 / УО	7,0 / УО	8 / УО	1-2 м/с / УО	0,05-0,1 / УО	Умеренно опасный
Чемальский район									
Объекты ЖКХ	Пос. Толгоёк.Оползень / 2008	75	22	0,0011 / УО	1,4 / УО	3,0 / УО	1-10 м/сут / О	0,05-0,1 / УО	Умеренно опасный
Автодорога Чемал – Куюс, грунтовая	78,6-78,85 км автодороги, правый борт р. Катунь. Оползень / 2014	30	180	0,0054 / УО	10,0 / УО	5 / УО	1-2 м/с / УО	0,05-0,1 / УО	Умеренно опасный

Примечание: Уровни опасности: ЧО – чрезвычайно опасный, ВО – весьма опасный, О – опасный, УО- умеренно опасный.

5. Тенденции в развитии оползневых процессов

Критерии оценки	2001-2007 гг.		2008-2014 гг.	2015-2021 гг.
	2001-2004	2005-2007		
Параметры оползней				
Число образовавшихся оползней в период	58	6	10	28
Диапазон площадей оползней, м^2	100-24200	250-1700	1280-5500	200-41000
Диапазон глубины захвата пород, м	2-7	1-3	1-6	2-15
Максимальная длина оползней по смещению, м	200	80	180	575
Максимальная энергия рельефа, м	125	15	45	175
Категория опасности максимального по размерам оползня по СП	опасные	умеренно опасные	умеренно опасные	весьма опасные
Режимообразующие факторы				
Средняя годовая температура в период, град.	-3,6		-4,1	-3,3
Средняя весенняя температура в период, град.	+4,0		+4,2	+4,8
Средняя летняя температура в период, град.	+14,0		+14,1	+14,4
Диапазон глубин промерзания на 01.01. в период, см	216-268		219-290	190-230
Средняя глубина промерзания на 01.01 в период, см	н.д.		255,7	211,0
Сейсмическая активность, кол-во событий в период	442	49	134	278
Число событий магнитудой более 5 в период	14	–	4	4
Число событий магнитудой более 4 в период	70	5	15	33

Примечание: Средние многолетние температуры: -4,3°С – годовая, +3,5°С – за весенний период, +13,1°С – за летний период.

коротких отрезка, включающих в себя время, охватывающее форшоковый и активный афтершоковый процессы Чуйского землетрясения (2001-2004 гг.) и период относительного затишья сейсмической деятельности (2005-2007 гг.). Характерные параметры оползней и параметры основных режимообразующих факторов по этапам отражены в таблице 5.

Сравнительный анализ параметров по этапам позволяет увидеть стойкую связь активизаций оползневых процессов с основными режимообразующими факторами, основные тенденции развития оползневых процессов, исходя из чего можно сделать определенные обобщения по вопросам особенностей развития и активизации оползневых процессов, которые сводятся к следующему.

1. Максимальное количество оползней образовалось в форшоковый и активный афтершоковый периоды Чуйского землетрясения (64). Минимальное количество оползней образовано во второй этап 2008-2014 гг. (10), который можно признать этапом относительного затишья как в сейсмической деятельности региона, так и в оползнеобразовании. Третий временной этап отличается как повышением сейсмической активности территории, так и увеличением числа новообразованных оползней (28).

2. В периоды относительного затишья оползневых процессов наблюдалось образование мелких по размерам оползней (до 5,5 тыс. м^2) с глубиной захвата пород до 1-6 м. В периоды повышенной активности оползневых процессов формировались более крупные оползни площадью до нескольких десятков тысяч квадратных метров. Причем в период подготовки, реализации и крупных афтершоков Чуйского землетрясения (2001-2004 гг.) площадь оползней достигала 24 тыс. м^2, глубина захвата пород – до 7 м. А в последний период (2015-2021 гг.) площади максимальных по размерам оползней составили 35-41 тыс. м^2, а глубина захвата – 15 м. Еще более контрастно выглядят параметры оползней в категории энергии рельефа и протяженности оползней по смещению.

3. Очевидно, что последний этап характеризуется качественно иными параметрами оползневых структур, что отражается и в оценке их уровня опасности. Если в периоды затишья развивались умеренно опасные оползни, в период Чуйского землетрясения – опасные оползни, то последний период 2015-2021 гг. характеризуется образованием весьма опасных оползней, развитие которых приходится на 2017-2021 гг.

Анализ режимообразующих факторов позволяет предположить, что на активизацию оползневых процессов в последний этап 2015-2021 гг., помимо сейсмической активности, большое влияние оказывает температурный фактор и связанные с ним процессы в зонах развития многолетней мерзлоты.

1. Температурные параметры в годовом цикле, в весеннее и летнее времена года показывают стойкие тенденции к повышению средних температур относительно средних многолетних значений. При этом отмечаются стойкие тенденции к росту этих отклонений в многолетнем плане. Наиболее контрастные отклонения зафиксированы в весеннее и летнее время в период 2015-2021 гг. (+1,3 °С) относительно многолетних норм (табл. 5). Рост средних температур весеннего периода 2015-2021 гг. относительно показателей 2001-2007 гг. составил +0,8 °С, рост средних температур летнего периода – 0,4 °С соответственно.

2. Очевидно, что температурный режим отражается на процессах, развивающихся в подошве деятельного слоя и в кровле многолетней мерзлоты. Глубины промерзания грунтов во временном разрезе 2001-2021 гг. заметно снизились. Для сохранения репрезентативности данных использовались параметры глубины промерзания по состоянию на 01.01 года. Такой выбор даты обусловлен тем, что глубина наблюдательной скважины на метеостанции «Кош-Агач» составляет всего 3 м, а максимальное промерзание грунтов – значительно больше этих значений, предельные значения промерзания 3 м обычно достигаются в первом – третьем кварталах января, а полное промерзание достигается в третьей декаде марта. Максимальные глубины промерзания по состоянию на 01.01 года в период 2001-2014 гг. составляли 268-290 см, в период 2015-2021 гг. – 230 см, средние глубины промерзания на 01.01. года – 255,7 см и 211 см соответственно. Даты полного оттаивания по мере снижения глубины промерзания также сместились со 2-3 декады июля к 3 декаде июня в последние годы.

3. Тенденции в температурном режиме территории провоцируют более интенсивное прогревание пород зоны аэрации и увеличивают временной период безморозного состояния пород зоны аэрации, тем самым усиливая деградацию многолетнемерзлых пород,

Выводы.

На примере активизаций оползневых процессов, в том числе в зоне со сплошным и островным характером развития многолетней мерзлоты, рассмотрены климатические риски, обусловленные глобальным потеплением приземной атмосферы. Сравнительный анализ тенденций развития оползневых процессов и режимообразующих факторов в высокогорных районах позволяет сделать следующие выводы

Активизация оползневых процессов в высокогорной зоне в период 2001-2021 гг., помимо триггерного фактора – сейсмичности территории, отражает также реакцию геологической среды на процессы глобального потепления. И в этом плане последняя активизация оползневых процессов в период 2015-2021 гг. вызывает глубокую озабоченность ввиду того, что произошел качественный скачок в увеличении параметров оползней и, следовательно, в уровне их опасности.

В более широком масштабе, охватывая всю территорию Республики Алтай, следует отметить, что именно в период 2015-2021 гг. зафиксировано развитие значительных по размерам оползней, уровень опасности которых оценивается категорией весьма опасных и опасных оползней, не только на территории Кош-Агачского района, но и в Майминском и Онгудайском районах. Причем часть из них развивается в непосредственной близости от дорог федерального и республиканского значения, либо в пределах объектов ЖКХ.

Оползни на территории Республики Алтай становятся разрушительной силой, способной нанести хозяйственным объектам невосполнимый урон. Уровень опасности локальных проявлений оползневых процессов в период 2001-2021 гг. увеличился с категории умеренно опасных оползней до весьма опасных оползней.

Наступающее глобальное потепление является важным климатическим фактором, который необходимо учитывать в широких сферах хозяйственной деятельности. Активизация оползневых процессов в ряду климатических рисков – лишь один из частных случаев, обус-

ловленных глобальным потеплением. И в этом отношении учет активных проявлений оползневых процессов, равно как и оценка уровня опасности территорий их развития, становятся более актуальными.

Следует особо подчеркнуть, что рост ущерба от природных процессов и явлений зависит не только от климатических факторов, но и от уязвимости инфраструктуры. Уязвимость жилищно-коммунальной и транспортной инфраструктуры складывается из нескольких составляющих, в том числе от степени ее износа, несоблюдения строительных норм и правил, освоения территорий, расположенных в зонах повышенного погодно-климатического риска.

С учетом вышеизложенного, все управленческие решения по отношению к использованию земельных ресурсов, строительству и эксплуатации объектов транспорта и ЖКХ должны приниматься сейчас с учетом климатического фактора и климатических рисков, связанных с ним. Общество вступает в борьбу с нарастающими вызовами наступающего глобального потепления, и этот факт требует от социума более слаженного сотрудничества во всех сферах жизни, более точного и комплексного информирования органов управления и лиц, принимающих решения на государственном уровне. Необходимо качественное расширение и совершенствование системы мониторинга как климатических факторов, так и климатических рисков, представленных природными процессами и явлениями.

Литература

Анализ и прогноз изменений климата в российской части Алтае-Саянского экорегиона и на приграничных территориях Казахстана и Монголии. – М: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. 289 с.

Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Под ред. доктора физико-математических наук В.М. Катцова. – Санкт-Петербург, 2017. 106 с.

Достовалова М.С., Шитов А.В. О влиянии геодинамической активизации на оползневую активность (на примере территории Горного Алтая) // Инженерная геология, 2010, июнь, с. 62-68.

Оганесян В.В. Климатические изменения как факторы риска для экономики России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2019, № 3 (373), с. 161-184.

Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М. и др. Изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории России в XX-XXI веках // В сб. Климатические риски и космическая погода. – Иркутск: издательство ИГУ, 2021, 93 с.

Приказ Минэкономразвития от 13.05.2021 № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». Часть 1. Методические рекомендации по оценке климатических рисков.

СП 115.13330.2016 *Геофизика опасных* природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95. – Москва: Стандартинформ, 2018.

Шитов А.В., Достовалова М.С. Анализ факторов, влияющих на некоторые экзогенные геологические процессы Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая, 2013, № 2 (17), с. 55–66.