

О ВЛИЯНИИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ НА РЕЖИМ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОГЕННЫХ НАЛЕДЕЙ ГОРНОГО АЛТАЯ

М.С. Достовалова, ¹А.В. Шитов

ОАО «Алтай–Гео», с. Майма

¹Горно–Алтайский государственный университет, г. Горно–Алтайск

Известно, что деформации, развивающиеся в верхних частях земной коры, оказывают влияние на давление и уровень подземных вод [Вартанян, Куликов, 1982]. В связи с блоковым строением земной коры пространственные характеристики этих гидрогеологических параметров обладают существенной неоднородностью и могут менять расход поверхностных источников. Преобладающие амплитуды изменения уровня (давления) подземных вод составляют в естественных условиях десятки сантиметров, под влиянием техногенных процессов – десятки метров, а в случае геодинамической активизации – сотни и тысячи метров водяного столба [Киссин, 2009]. В.П. Солоненко описывает многочисленные гидрогеологические эффекты после Гоби-Алтайского землетрясения, когда на обширной территории после землетрясения иссякли многие источники и колодцы, изменился дебит и качество воды, образовались новые источники [Гоби-Алтайское..., 1963].

Произошедшее 27 сентября 2003 г. в Горном Алтае Чуйское землетрясение ($M=7.3$) и его афтершоковый процесс привело к изменению состояния недр, в том числе к образованию мощной системы сейсмодислокаций [Гольдин и др., 2004; Сибгатулин и др., 2005]. В афтершоковый период в целом изменился – «разбавился» относительно фонового гидрохимический состав подземных вод в районе Чуйского землетрясения. Уменьшились концентрации практически всех макрокомпонентов за исключением кальция и магния, количество которых незначительно увеличилось. Возросла величина показателя рН, а содержание аммония и минерализация в целом уменьшились. Особенность всех опробованных подземных вод непосредственно после землетрясения – наличие высокой цветности ($62,0-117^{\circ}C$), значительная мутность ($4.3-72$ мг/дм³) и низкая прозрачность ($6-26$ см) [Достовалова, Кац, 2004; Шитов, Кац, Харькина, 2006; Кац, Шитов, Драчев, 2010]. Изменение состава подземных вод в районе исследований характерно для всех типов вод и носило региональный характер. При этом в радиусе 50 км от эпицентра землетрясения интенсивность увеличения органолептических показателей в подземных водах была наиболее высокой. Существенно активизировались оползневые процессы [Достовалова, Шитов, 2010].

Землетрясение и последовавший после него афтершоковый процесс вызвали в эпицентральной зоне изменения в гидродинамическом состоянии поверхностных и подземных вод, обусловив аномальное развитие наледных процессов в зимний период 2004 года, непосредственно следующий за основным сейсмическим событием – Чуйским землетрясением. Оно сопровождалось образованием многочисленных фонтанирующих источников, из которых изливались водно–грязевые массы. Фонтанирование продолжалось в течение нескольких часов после толчка, затем несколько дней шло спокойное излияние, усиливающееся во время повторных толчков. Как правило, грифоны были связаны с местами, где происходило таяние мерзлотных пород. Излияние вод из них связано со сжатием пород и одновре-

менным ослаблением приповерхностного грунта под действием толчков. По материалам ТЦ «Алтайгеомониторинг» ОАО «Алтай–Гео» [Достовалова, 2004а], наиболее сильно это проявилось в полосе сейсморазрывов в долине р. Чаган, где высота «фонтанов» достигала 5 м, а песчано–галечный конус выноса достигал диаметра около 60 м при мощности наносов до 0.8 м. В селах Бельтир и Ортолык высота некоторых фонтанов достигала 2 м. В результате выброса воды в долине р. Талтуры и на стадионе с. Бельтир образовались грязевые озера площадью 6–10 тыс. м². Фонтанирование воды и жидкой грязи через трещины наблюдалось в селах Курай, Кош–Агач, Чаган–Узун, Джазатор, а также на стоянке расположенной в 2 км от с. Мухор–Тархата. По сообщениям местных жителей, а также руководства правительства Республики Алтай, после основного толчка излившаяся вода и глина в грифонах, были теплыми (по оценкам очевидцев до 40°С).

Наледные процессы на территории Республики Алтай изучались Территориальным центром «Алтайгеомониторинг» в последнее десятилетие в рамках государственного мониторинга ЭГП и тематических работ [Достовалова, 2004а] в связи с существенными негативными последствиями для хозяйственной деятельности человека. Исследования наледных процессов носили, в основном, не систематический характер и проводились по мере возникновения чрезвычайных и близких к ним ситуаций, обусловленных аномальным развитием наледей в пределах населенных пунктов, либо инженерно-геологических объектов. Всего в течение последнего десятилетия на территории Республики Алтай было обследовано около 50 населенных пунктов, испытывающих негативное воздействие наледных процессов, а также ряд транспортных объектов в зоне наледного развития. В процессе обследования наледных процессов получен обширный материал по развитию, активизации и режимобразующим факторам наледообразования, что позволяет провести сравнительный анализ наледных активизаций в последнее десятилетие и выявить особенности развития наледей в активную фазу афтершокового периода, соответствующую времени с декабря 2003 г. по март 2004 г.

В пространственном отношении развитие и активизация наледей на территории Республики Алтай приурочено, в основном, к среднегорной и высокогорной территории Центрального и Юго-Восточного Алтая, административно связанных с Усть-Канским, Онгудайским, Усть-Коксинским, Улаганским, Кош-Агачским районами. Значительно реже наледные процессы развиваются в низкогорных районах республики. Как показывают ретроспективные данные за период 2000–2010 гг., наледные процессы занимают второе место по степени негативного воздействия на населенные пункты и хозяйственные объекты после процессов береговой эрозии и паводкового подтопления. Около 20% населенных пунктов республики испытывают периодически негативное воздействие наледных процессов, в 30 из них в последнее десятилетие возникали чрезвычайные ситуации локального масштаба, вызывающие нарушение жизнедеятельности людей (табл. 1).

Очевидно, что пораженность населенных пунктов не в полной мере отражает распространение и интенсивность наледных процессов на территории республики, но, тем не менее, позволяет выявить некоторые закономерности их развития и активизации.

Площадное развитие наледных процессов на уровне региональной активизации на территории Республики Алтай зафиксировано в последнее десятилетие трижды – в 2000, 2004, 2008 годах. В 2000 и 2004 годах площадная активизация наледей характерна для территории Юго-Восточного Алтая (Кош-Агачский административный район), в 2008 году наибольшее количество аномальных наледей зафиксировано в Центральном Алтае (Шебалинский, Онгудайский, Усть-Канский, Усть-Коксинский районы, центральная часть Улаганского района).

Особенности распространения и развития наледных процессов. В орографическом отношении наибольшее число наледей (75%) характерно для среднегорной зоны республики в орографическом интервале высот 800–2000 м. Значительно реже наледы развиваются в

1. Распределение событий в последнее десятилетие
по административным районам

Административный район	Число НП	Число НП с На воздействием	Число НП с ЧС	Пораженность района, %	Годы ЧС	Населенные пункты (орографический интервал)
Майминский	25	2	1	8 %	2010	Урлу-Аспак (650 м), Бирюля (450 м)
Чойский	17	2	1	11,7 %	2002, 2004	Чоя (300 м), Паспаул (350 м)
Турочакский	32	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Чемальский	19	2	1	10,5 %	2005	Чемал (450 м), Узнезя (400 м)
Шебалинский	24	11	7	45,8 %	2003, 2007, 2008	Каспа (960 м), Верх-Апшуйхта (770 м), Бешозек (1050 м), Шаргайта (1000 м), Барагаш (930 м), Камлак (400 м), Черга (470 м), Шебалино (850 м), Топучая (1120 м), Кумалыр (1000 м), Барлак (480 м)
Онгудайский	29	7	4	24,1 %	2007, 2008	Онгудай (850 м), Теньга (1000 м), Шибе (950 м), Шашикман (900 м), Нижняя Талда (920 м), Инегень (750 м), Ело (1070 м)
Усть-Коксинский	42	6	4	14,3 %	2008, 2010	Чендек (1100 м), Терехта (1070 м), Курунда (1070 м), Баштала (1030 м), Сугаш (1150 м), Карагай (1200 м)
Усть-Канский	24	4	3	16,7 %	2005, 2007, 2008	Мендур-Соккон (1160 м), Ябоган (1150 м), Усть-Кан (1020 м), Коргон (630 м)
Улаганский	13	5	3	38,5 %	2007, 2008	Улаган (1230 м), Балыктуюль (1400 м), Паспарта (1450 м), Саратан (1380 м), Кара-Кудюр (1200 м)
Кош-Агачский	16	9	6	56,3 %	2000, 2004, 2006, 2008	Кокоря (1870 м), Жана-Аул (1860 м), Тобелер (1800 м), Мухор-Тархата (1750 м), Кош-Агач (1750 м), Теленгит-Сортогой (1770 м), Чаган-Узун (1730 м), Бельтир (1950 м), Кызыл-Таш (1500 м)
Всего по РА	241	48	30	19,9 %		

низкогорной зоне в диапазоне высот 300-800 м и в высокогорном поясе в диапазоне высот 2000-2500 м. Как правило, распространение наледей ограничивается в орографическом отношении верхней границей леса.

Наледные явления – сезонное явление, приуроченное к зимнему периоду года. Рост наледей начинается в ноябре – декабре. Наиболее интенсивное развитие наледей связано с условиями их питания и происходит во второй половине зимы. Период максимальной активизации, зафиксированный на территории республики – январь – март. Процесс деградации наледи начинается в апреле и заканчивается в мае – июне. Наибольшая интенсивность таяния наблюдается в начальный период.

Подавляющее число наледей имеет гидрогенный генезис и приурочено к долинам малых рек с длиной водотока не более 50 км, редко 50-100 км. Ряд наледей образованы на участках выхода подземных вод, в том числе на участках развития криогенно-напорных источников сезонного характера и имеют типично геогенный генезис.

В геоморфологическом аспекте образование наледей связано с участками русел, где наблюдаются каменистые перекаты, резкие повороты и суженные участки, мелкие островки, разбивающие русло на систему узких протоков с малыми глубинами, скальные выступы, стесняющие русло с боков, порожистые участки, резкие уменьшения уклона дна, глыбовые

навалы и отдельные валуны. Зачастую наледы образуются в устьевых частях рек или местах слияния нескольких русел. Большинство наледей образовано на малых реках с расширенными многорукавными руслами, либо в пролювиальных дельтовидных конусах выноса с расщепленным веерообразным стоком. Подвержены наледеобразованию и низкие поймы с заболоченными ландшафтами и расщепленным стоком грунтовых вод.

Несмотря на приуроченность подавляющего большинства наледей к водным объектам, питание наледей, как правило, смешанное. Значительная часть наледей образована в местах выходов в русловой и подрусовой поток нисходящих и восходящих подземных вод, нередко со значительным напором. Свидетельством подземного питания гидрогенных наледей являются грифоны и наледные бугры в теле наледей. Нередко наледные тела приурочены к тектоническим зонам с повышенной разгрузкой подземных вод через разломы и трещины.

Важной характеристикой наледных процессов является их пространственная приуроченность и унаследованный характер режима наледы. Как правило, наледные тела образуются ежегодно на определенных участках поверхности, варьируют лишь масштабы наледей. Учитывая триггерные (метеорологические) факторы активизации и ряд эпизодических наблюдений, возможен среднесрочный прогноз наледных процессов с оценкой их негативно-го воздействия на населенные пункты и хозяйственные объекты.

В последнее десятилетие (2000-2010 гг.) масштабная активизация наледных процессов, близкая по уровню к региональной, на территории Республики Алтай наблюдалась трижды – в 2000, 2004 и в 2008 годах. Региональная активизация наледных процессов в 2000 и 2008 годах, равно как и локальная активизация наледей в остальные годы, обусловлена метеорологическими условиями зимнего периода. Триггерный фактор наледеобразования – аномально низкий относительно среднесезонных показателей температурный режим зимних месяцев в совокупности с благоприятным режимом увлажнения, в частности, с недостаточно высоким снежным покровом. Наиболее высокая активность наледей зафиксирована в 2008 году, который характеризовался пониженными температурами зимних месяцев в целом по республике и маломощным снежным покровом, высота которого не достигала среднесезонной нормы. Среднемесячные температуры в январе составили $-18,3^{\circ}$ – $-34,1^{\circ}$, что ниже на $5,6^{\circ}$ - $6,5^{\circ}$ относительно среднесезонных показателей. Уровень увлажнения в зимний период 2008 года на большей части республики составил 60-85 % от среднесезонной нормы, в некоторых районах – близко к норме. Отсутствие снежного покрова или его маломощный покров при аномально низких температурах зимних месяцев вызвал более интенсивное промерзание пород зоны аэрации, русел малых рек и нарушение естественного руслового стока.

Во временном ряду активизаций наледных процессов развитие наледей в 2004 году выбивается из общепринятых представлений и прогнозов. Активизация наледных процессов в 2004 году на юго-востоке республики (Кош-Агачский район), в отличие от других лет, была обусловлена не только метеорологическими условиями зимнего периода, но и сейсмической активностью территории Республики Алтай. Площадное развитие наледей в эпицентральной зоне землетрясения явилось закономерной реакцией геологической среды на активный афтершоковый процесс, сопровождавший Чуйское землетрясение (27.09.2003 г.) в зимний период 2004 года. В частности, выявлена прямая связь аномального развития наледей с гидрогеологическим режимом подземных вод и гидрологическим режимом поверхностных водных объектов [Достовалова, 2004б]. В полях распространения наледей наблюдалось повышенное грунтовое питание водотоков и образование многочисленных субнапорных источников по сейсмодислокациям, служащими каналами для разгрузки подземных вод.

За весь наблюдаемый период 2000-2010 гг., в том числе в период афтершоковой активности территории 2005-2010 гг., такой масштабной активизации наледных процессов на тер-

2. Анализ режимообразующих факторов наледообразования
в Кош-Агачском районе

Показатели	Характеристика показателей			
	средние многолетние	2000 г.	2004 г.	2008 г.
Режимообразующие факторы				
Температурный режим: зима				
- январь	-23,3°	-20,4°	-20,8°	-23,0°
- февраль	-27,6°	-29,4°	-29,9°	-34,1°
- март	-24,1°	-24,8°	-19,6°	-27,1°
- март	-12,7°	-11,7°	-10,6°	-9,3°
Режим увлажнения в зимний период	20 мм	10,9 мм	14,9 мм	31 мм
Дебит самоизливающихся скважин:				
- Теленгит-Сортогой (л/сек)	1,62 л/с	1,61 л/с	1,69 л/с	1,75 л/с
- Кош-Агач (л/сек)	1,45 л/с	0,24 л/с	0,113 л/с	0,1 л/с
- Курай (л/сек)	0,75 л/с	0,704 л/с	0,701 л/с	1,0 л/с
Сейсмические события АСР: год (ЗП)	н.д.	48 (15)	191 (72)	65 (16)
Активность наледных процессов	средняя	очень высокая и высокая	очень высокая	высокая и средняя
Триггерный фактор активизации	температура	температура в январе и маломощный снежный покров	температура в январе и сейсмические события	температура в январе и феврале

ритории Республики Алтай более не наблюдалось, имели место лишь локальные проявления аномального развития наледей в отдельных населенных пунктах.

Сравнительный анализ развития наледей во временном интервале проведен по наиболее репрезентативной территории – Кош-Агачскому административному району, где наледные процессы развиваются ежегодно, их активность высокая, а по информативности – это наиболее исследованная в последнее десятилетие площадь. Для ретроспективного анализа использованы результаты обследования наледей в наиболее активные периоды развития наледей – 2000, 2004 и 2008 годы, при характеристике режимообразующих факторов – данные ЦГМС по РА (метеостанция «Кош-Агач») и мониторинговые наблюдения ТЦ «Алтайгеомониторинг» на пунктах ГМ ПВ (табл. 2).

Наиболее холодной признана зима 2008 года, наименее холодной – зима 2000 г. Самым холодным зимним месяцем является январь, среднемесячная температура января в годы активизации была ниже среднемноголетних показателей на 1,8-6,5°С (табл. 2).

Режим увлажнения на территории Кош-Агачского района в зимний период 2000 и 2004 годов отличался недостаточностью относительно среднемноголетних значений, наименее обеспечен снежным покровом 2000 год. В 2008 г. зафиксировано избыточное количество осадков, в том числе повышенный относительно средних значений снежный покров.

Роль гидрогеологического фактора в активизации наледей, исходя из режимных наблюдений за подземными водами Чуйского артезианского бассейна, неоднозначна. Несмотря на напорный режим глубоких водоносных комплексов и самоизлив подземных вод в наблюдаемых скважинах, прямой зависимости наледной активизации с гидродинамическим режимом не установлено. Тем не менее, отрицать важную роль гидрогеологического фактора в активизации наледных процессов нельзя. Как известно, одним из существенных источников питания наледей являются надмерзлотные и межмерзлотные воды грунтовых горизонтов, приуроченные к пойменным пространствам рек и приобретающие криогенный напор в зимний период в результате промерзания деятельного слоя и слияния его с вечной мерзлотой.

Сейсмическая активность территории республики в последнее десятилетие не однозначна. В 2000 году территория АСР и юго-восточная часть республики, в частности, испытывала сейсмическую активизацию – форшоковый период активности подготовки Чуйского землетрясения, в 2004 году наблюдался наиболее активный афтершоковый процесс, сопровождающий землетрясение, в 2008 году – афтершоковый процесс с реализацией крупных событий ($M = 5-6,3$) на удаленных от Алтая территориях Тывы и Иркутской области.

Как известно, сейсмическая активность территории сопровождается, в первую очередь, трещинообразованием – неизменным следствием сейсмического процесса. При реализации сейсмических событий в горных породах наступает разрядка напряжений, выражающаяся в росте числа и размеров трещин – от микро- и малых трещин до крупных и магистральных разрывов [Сибгатулин В.Г. и др.]. Межмерзлотные и надмерзлотные подземные воды, приобретая в зимний период криогенный напор, разгружаются через ослабленные зоны (талики и трещины) на поверхность в виде родников кратковременного действия (грифонов) или наледей. Следовательно, трещинообразование, с одной стороны, находится в прямой зависимости от сейсмической активности территории, а с другой стороны, определяет масштабы разгрузки криогенно-напорных вод на дневную поверхность.

По масштабам наледеобразования наиболее сопоставимы 2000 и 2004 годы, когда наблюдалась высокая и очень высокая активность наледей, вызвавшая возникновение ряда чрезвычайных ситуаций в населенных пунктах и на автомагистралях Кош-Агачского района. Но триггерные режимобразующие факторы в эти годы были различны. В 2000 году аномальное развитие наледей вызвано, в первую очередь, метеорологическими особенностями зимнего периода – ранним промерзанием почв и грунтов, пониженными температурами января и маломощным снежным покровом. В 2004 году триггерным фактором признан сейсмический фактор – свершившееся накануне крупное Чуйское землетрясение и большое количество афтершоков в период с октября 2003 г. по март 2004 г. Сейсмические события этого периода оказали комплексное воздействие на геологическую среду и породы зоны аэрации.

Зависимость аномального наледеобразования в 2004 году от сейсмической активности подтверждается и сравнительным анализом наледной активизации в 2000 и 2004 годах. Для репрезентативного анализа выбрано два участка развития наледей, обследованных дважды – в 2000 г. и в 2004 г. Один из участков приурочен к центральной части Чуйской впадины в пределах населенных пунктов и их окрестностей, второй участок охватывает автодорогу республиканского значения Кош-Агач – Джазатор (табл. 3).

Из анализа сознательно исключены наледи, образованные в 2004 году в очаговой зоне землетрясения – в бассейне р. Чаган-Узун и ее притоках (Талтура, Кускуннур и др.). Никогда более за наблюдаемый период 2000-2010 гг. данные наледи не развивались в пределах этих территорий.

Анализ таблицы 3 показывает, что наледные процессы в 2000 и 2004 годах различны и имеют свои особенности, обусловленные триггерными режимобразующими факторами. Метеорологические условия зимнего периода 2000 года (табл. 2), как по температурному режиму, так и по режиму увлажнения были более благоприятны для развития наледей, нежели условия 2004 года. Тем не менее, уровень наледной активности в 2004 году на территории Кош-Агачского района признан наивысшим за последнее десятилетие. Причина наивысшей активности наледей – сейсмический фактор, наибольшая сейсмичность наблюдалась в зимний период 2003-2004 гг.

О влиянии сейсмического фактора в образовании наледей в 2004 году говорят следующие факты. В 2004 году возросло общее количество наледей на репрезентативных участках с 28 до 33 объектов. Изменилось соотношение наледей по генетическим типам. Часть гидрогенных наледей в связи с ощутимым увеличением геогенного питания отнесена по генетической классификации к разряду смешанных наледей, в 2004 году появились новые геоген-

3. Сравнительная характеристика особенностей развития и активизации наледных процессов в пики активности на территории Кош-Агачского района

Показатели	Значения в		Тенденции	Выводы
	2000 г.	2004 г.		
На участках обобщения				
Число обследованных наледей	28	33	увеличились	В афтершоковый период – увеличение наледей
Размеры (% от количества На):				
- крупные	36 %	21 %	уменьшение	В афтершоковый период увеличилось число малых На, уменьшилось число крупных и средних.
- средние	53 %	36 %	уменьшение	
- малые	11 %	42 %	увеличение	
Генезис (% от количества На):				В афтершоковый период увеличилось число геогенных наледей, увеличилась роль геогенного питания
- гидрогенный	57 %	46 %	уменьшение	
- смешанный	11 %	15 %	увеличение	
- геогенный	32 %	39 %	увеличение	
В том числе: Чуйская впадина				
Число обследованных наледей	14	17	увеличились	В афтершоковый период – увеличение наледей
Размеры (% от количества На):				
- крупные	64 %	6 %	уменьшение	В афтершоковый период увеличилось число малых На, уменьшилось число средних и крупных На
- средние	36 %	29 %	уменьшение	
- малые	–	65 %	увеличение	
Генезис (% от количества На):				В афтершоковый период увеличилось число геогенных наледей, уменьшилось число гидрогенных и смешанных На
- гидрогенный	65 %	59 %	уменьшение	
- смешанный	21 %	12 %	уменьшение	
- геогенный	14 %	29 %	увеличение	
а/д Кош-Агач - Джазатор				
Число обследованных наледей	14	16	увеличились	В афтершоковый период – увеличение наледей
Размеры (% от количества На):				
- крупные	7 %	38 %	увеличение	В афтершоковый период увеличилось число крупных наледей, уменьшилось число средних На
- средние	72 %	43 %	уменьшение	
- малые	21 %	19 %	равновесие	
Генезис (% от количества На):				В афтершоковый период уменьшилось число гидрогенных На за счет возрастания роли геогенного питания и образования смешанных На
- гидрогенный	50 %	31 %	уменьшение	
- смешанный	–	19 %	увеличение	
- геогенный	50 %	50 %	равновесие	

ные наледи, ранее не наблюдавшиеся. В целом возросла доля геогенного питания наледей в гидрогенных и смешанных наледях.

Размеры наледей в Чуйской впадине в 2004 году, в основном, уменьшились: если в 2000 году доминировали крупные и средние по размерам наледи, то в 2004 году преобладали малые по размерам наледи. В горно-долинных условиях автомагистрали Кош-Агач – Джазатор, напротив, произошло увеличение числа крупных наледей и снижение средних по размерам наледей.

Большинство наледей, зафиксированных в период активизации 2000 года, в 2004 году имело довольно низкую активность (и, следовательно, размеры). Этот факт свидетельствует, что обычные триггерные факторы активизации наледей (температурный режим зимнего периода, снежный покров) не играли существенной роли. Напротив, сейсмический фактор вызвал аномальное развитие наледей на таких участках, которые ранее не фиксировались, как потенциально опасные.

Особенности развития наледей в зимний период 2004 года рассмотрим более подробно, с учетом аномального наледообразования в очаговой зоне Чуйского (Алтайского) зем-

летрясения. Развитие и интенсивность наледных процессов в зимний период 2004 г. имели некоторые особенности, связанные, в первую очередь, с Чуйским землетрясением и афтершоковым процессом, сопровождающим его. К ним относятся:

- аномалии речного стока: появление зимнего стока во временных водотоках с сезонным характером стока;
- аномальное развитие речных и геогенных наледей в очаге землетрясения (бассейн р. Чаган-Узун);
- повышенная доля грунтового питания в речных наледях;
- аномальное развитие в гидрогенных и геогенных наледях наледных бугров, иногда значительного размера;
- появление восходящих высокодебитных родников на участках развития сейсмодислокаций и развитие наледей, связанных с ними;
- образование наледей на участках развития солончаков;
- образование наледей подземными водами глубоких горизонтов с повышенной минерализацией и разнообразным гидрохимическим составом.

Рассмотрим более подробно особенности и факторы наледообразования в эпицентральной зоне землетрясения.

1. Аномалии речного стока, развитие наледей в очаге землетрясения. Развитие аномалий речного стока в эпицентральной зоне землетрясения подтверждается следующими наблюдениями. В зимний период времени аномальный гидрологический режим наблюдался в постоянных и временных водотоках на территориях, близких к эпицентру. Уровень воды в реках Талтура, Чаган-Узун, Чуя был выше среднегодовых показателей. Многие пересыхающие в межень временные водотоки (притоки рек Чаган-Узун и Жасатер) в 2003-2004 гг. имели зимний сток. Очевидно, что повышенный уровень стока обусловлен кратковременными изменениями в питании водотоков. Повышенная минерализация речных вод, развитие наледных бугров в руслах и поймах рек свидетельствуют о существенной доле грунтового питания в речных водах.

Следует заметить, что аномалии речного стока наблюдались только в эпицентре землетрясения, в целом на территории республики гидрологический режим рек, судя по данным ЦГМС по РА, в зимний период 2004 г. не имел существенных изменений. Уровни вод, наблюдаемые на гидропостах, отражали лишь сезонные изменения гидрологического режима рек. Реки Чаган, Талтура, Чаган-Узун, расположенные в очаге землетрясения, в 2004 году имели обширные гидрогенные наледи в поймах, временные водотоки (притоки этих рек), обычно пересыхавшие в осенне-зимний период, после землетрясения образовали мощные наледи в расширениях поймы и конусах выноса.

2. Аномальное по размерам и количеству развитие наледных бугров, куполов. В пределах наледных полей в 2004 году наблюдались многочисленные ледяные купола – места выхода субнапорных источников. Крупные наледные бугры наблюдались и в пределах Чуйской впадины. Их параметры варьировали от нескольких метров в диаметре до размеров 90Ч30Ч5 м и 110Ч80Ч5 м. Ряд наледных бугров в гидрогенных наледях Чуйской впадины имел восходящие источники, что позволило получить репрезентативные данные по составу и минерализации источников подземных вод, образующих наледные купола [2, 3]. Один из наледных бугров возник в январе 2004 г. в окрестностях с. Тобелер на месте действующих в момент основного сейсмического события грифонов, состав воды в нем гидрокарбонатно-сульфатный натриево-калиевый, минерализация 1,33 г/дм³. В наледном бугре, возникшем в пойме р. Черная Речка, напорные воды имеют сульфатный натриево-калиевый состав с минерализацией 2,82 г/дм³.

3. Развитие наледей на участках сейсмодислокаций. Некоторые наледи, как в очаговой зоне землетрясения, так и в центральной части Чуйской впадины, образованы в полях раз-

вития сейсмодислокаций – трещин, рвов, грифонов, по которым в момент землетрясения происходил залповый выброс воды, а в зимний период образовались многочисленные восходящие родники кратковременного действия. Сейсмические события 2003-2004 гг., сопровождавшиеся обильным трещинообразованием, несомненно, способствовали появлению новых гидравлических связей, в том числе и выходам подземных вод на дневную поверхность. Гидравлические удары, обусловленные разрядкой напряжения и усилением напора подземных вод во время афтершоков, провоцировали образование кратковременных напорных источников залпового действия (грифонов), которые в зимний период служили дополнительным питанием для наледей.

4. Разнообразии гидрохимических типов наледных вод. Чуйская впадина характеризуется сложным гидрогеологическим строением, что определяется наличием в пределах артезианского бассейна межгорной впадины субнапорных водоносных комплексов широкого возрастного диапазона и межмерзлотных горизонтов подземных вод четвертичного возраста. Разнообразие гидрохимических типов в наледных водах свидетельствует, в первую очередь, о различном генезисе источников питания. В гидрогенных наледях минерализация воды отражает соотношение типов питания водотоков. Повышение минерализации речных вод свидетельствует, в первую очередь, об увеличении доли грунтового питания. В частности, минерализация воды в реке Чаган-Узун в июле 2003г. была 0,158 г/дм³, в октябре после землетрясения – 0,277 г/дм³, а в марте 2004г. – 0,361 г/дм³ [3].

Источники питания геогенных наледей разнообразны: воды сезонно-талого слоя, рассредоточенные выходы подземных вод в виде заболачивания и солончаков, высокодебитные родники восходящего типа и самоизливающиеся водозаборные скважины. Повышенная минерализация источников подземных вод свидетельствует о том, что питание наледей нередко осуществляется из глубоких (неогеновых, палеоген-неогеновых, палеозойских) водоносных зон и комплексов. Наледи, не связанные с сейсмодислокациями, имели состав вод гидрокарбонатный магниевый-кальциевый (кальциево-магниевый), минерализация 0,62-0,67 г/дм³.

«Сейсмогенные» наледи, как правило, характеризовались повышенной минерализацией вод (1,36-5,55 г/дм³) и разнообразным гидрохимическим составом. Родники в зоне сейсмодислокаций имели ярко выраженный напорный режим и достаточно кратковременный период действия. Так, геогенная наледь в левом борту реки Талтура приурочена к зоне новообразованного разлома с развитием многочисленных сейсмодислокаций, образованных в полях солончаков. Питание наледи происходило из нескольких высокодебитных родников восходящего типа и пластовых выходов воды с минерализацией 2,58-5,55 г/дм³. Состав воды варьировал от гидрокарбонатного кальциевого до гидрокарбонатно-сульфатного натриево-магниевого.

5. Развитие наледей в полях распространения солончаков. Некоторые наледи в Чуйской впадине и в очаговой зоне землетрясения приурочены к заболоченным поймам и полям развития солончаков. Так, наледи, образовавшиеся вокруг г. Мишельдык, приурочены к полям развития солончаков, осложненных сейсмогенными деформациями поверхности – трещинами и рвами. В зоне наледного развития зафиксировано множество рассредоточенных и восходящих источников, нередко высокодебитных, состав их разнообразен. В восходящем роднике в истоке наледи – воды гидрокарбонатно-хлоридного натриево-калиевого состава, минерализация воды 1,14 г/дм³. В рассредоточенных источниках в теле наледей состав вод гидрокарбонатно-сульфатный натриево-калиевый, минерализация 3,45-4,14 г/дм³. Такое изменение состава связано, скорее всего, с влиянием солончаков, в поле которых возникли наледи.

Часть наледей в пойме р. Талтура была образована на месте минерализованных источников и солончаков.

Выводы. В результате мониторинговых работ по изучению наледных процессов на территории Республики Алтай, проведенных в 2000-2010 гг. было выявлено следующее.

1. Наледи на территории Республики Алтай занимают 2-е место по уровню негативного воздействия ЭГП на населенные пункты и хозяйственные объекты (после эрозионных процессов и процессов подтопления).

2. Более 75 % наледей образуется в среднегорной и высокогорной зонах (гипсометрический интервал 800-2000 м) Центрального и Юго-Восточного Алтая.

3. Существенное влияние на образование наледей оказывают метеорологические процессы, в частности, температурный режим зимнего периода, высота снежного покрова, крупные сейсмические события.

4. Наледные явления имеют сезонный тип развития, унаследованный характер распространения, периодичность аномальной активизации в среднем 2-4 года (2000, 2004, 2008 годы).

5. Чуйское землетрясение и его афтершоковый процесс вызвали в зимний период аномальное развитие наледей на территории Республики Алтай в 2004 году, максимальное проявление которых наблюдалось на территории Кош-Агачского района, в эпицентральной зоне землетрясения.

6. Аномальное развитие наледей в 2004 году характеризовалось существенным расширением разнообразия генетических типов наледей и источников их питания.

7. Отличительной чертой активизации наледных процессов в 2004 году в эпицентральной зоне землетрясения является доминирование геогенных наледей, образованных источниками подземных вод различных типов.

8. Уникальным явлением 2004 года можно признать образование наледей минерализованными (1-5,5 г/дм³) восходящими источниками глубоких горизонтов.

9. Изучение динамики и генезиса наледей на территории Республики Алтай является актуальным вопросом и имеет важнейшее значение для прогнозирования негативного воздействия наледных процессов на населенные пункты и хозяйственные объекты.

Литература

Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Докл. АН СССР. 1982. т.262, №2. с. 310-314.

Гоби-Алтайское землетрясение. М.: изд-во АН СССР, 1963. 396 с.

Гольдин С.В., Тимофеев В.Ю. Ардюков Д.Г. Поля смещений земной поверхности в зоне Чуйского землетрясения, Горный Алтай. Докл. Академии наук. 2005. 405 (6). С. 804-809.

Достовалова М.С. Развитие сейсмодислокаций в эпицентральной зоне Алтайского землетрясения 2003г. // Сб. Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия. Материалы научно-практической конференции. –Горно-Алтайск: РИО ГАГУ. 2004а. С. 110-119.

Достовалова М.С. Особенности развития наледей в зимний период 2003-2004гг. в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения. // Сб. Природные ресурсы Горного Алтая. 2004б. № 2. С.61-65.

Достовалова М.С., Кац В.Е. Развитие наледных процессов в эпицентральной зоне Алтайского землетрясения 2003г. // Сильное землетрясение на Алтае 27 сентября 2003г.: Материалы предварительного изучения. –М.: ИФЗ РАН, 2004. С.104-108.

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

Кац В.Е., Шитов А.В., Драчёв С.С. О механизмах изменения химического состава и температуры подземных вод в районе Горно-Алтайска / Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2010. №3. С. 207-212.

Киссин И.Г. Флюиды в земной коре. Геофизический и тектонический аспекты. Институт физики Земли. М. Наука, 2009. 329 с.

Кочева Н.А., Сухова М.Г., Журавлева О.В., Аванесян Р.А., Драчев С.С., Кац В.Е., Достовалова М.С. Зимние наводнения как результат резонанса природной и антропогенной составляющей современных геосистем // Вестник Томского государственного университета. Бюллетень научной информации «Актуальные вопросы геоэкологии Алтая и сопредельных территорий». 2006. № 72. Май. С. 12-35.

Сибгатулин В.Г., Симонов К.В., Перетокин С.А. Анализ энергетической структуры сейсмического процесса в очаговой области Алтайского землетрясения и оценка сейсмической опасности. Сб. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2005, № 5. С. 48-53

Шитов А.В., Кац В.Е., Харьковина М.А. Эколого-геодинамическая оценка Чуйского землетрясения // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 2008. №3 . С. 41-47.