

ОСОБЕННОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕВЕРНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА

В Северном Забайкалье в межгорных впадинах и хребтах характер и интенсивность русловых процессов во многом определяются унаследованными ледниковыми и водно-ледниковыми формами рельефа. Наледи подземных вод и наледи, имеющие смешанный тип питания, здесь очень активно участвуют в формировании современной речной сети. Рельефообразующая деятельность водных потоков и наледей зависит от изменения климатических условий. На участках дренирования водотоками подпружных ледников озер возможны катастрофические скорости развития руслового процесса и формирование селевых паводков.

Ключевые слова: паводок; сель; прорыв; криолитозона; наледи.

Паводки на реках Северного Забайкалья и связанные с ними русловые процессы неоднократно приводили к возникновению чрезвычайных ситуаций. Так, в июле 1983 г. в результате паводка был разрушен мост через р. Кемен на притрассовой автомобильной дороге вдоль БАМа. 27 июля 2001 г. в районе оз. Леприндо из-за продолжительных дождей в пределах хребта Кодар в результате прорыва небольшого ледникового озера сформировался водокаменный сель, который разрушил железнодорожные пути на участке БАМ 1659–1661 км (рис. 1). Это привело к остановке движения поездов на трое суток.



Рис. 1. Участок выхода селевого потока на железную дорогу (фото Ф.И. Еникеева, 2007)

2 июля 2010 г. более 100 человек покинули свои дома в с. Чара из-за вышедшей после обильных осадков из берегов р. Чара, подтопившей 43 дома. Уровень воды резко вырос до 4,76 м при уровне выхода на пойму в 3,6 м. Паводком был размыт участок автомобильной дороги Чара – Новая Чара (рис. 2), насыпь которой представляла собой дамбу на пути паводковых вод. Прорыв насыпи произошел на участке водопропускной трубы, которая не справилась с резко возросшим расходом и была отброшена потоком на несколько метров от места установки.

Длина размытого участка составила более 50 м. Аналогичная ситуация сложилась 2 августа 2011 г., когда в результате обильных осадков уровень воды в р. Чара поднялся до 4,71 м, в результате чего подтопленными оказались 15 домов.

23 июля 2012 г. вновь произошло подтопление сел Чара, Чапо-Олого, Кюсть-Кемда. Паводковыми водами были размыты участки автомобильных дорог Чара –

Новая Чара, пострадали два моста через рр. Анарга и Апсат, а в населенном пункте Чапо-Олого упали семь опор ЛЭП.



Рис. 2. Состояние насыпи после прохождения паводка (2010 г.)

Результаты обследования участка размыва автомобильной дороги Чара – Новая Чара показали, что основной причиной размыва дорожного полотна в 2010–2012 гг. является низкая пропускная способность водопропускных труб на участке прорыва. Причинами разрушения моста через р. Анарга явились укладка водопропускных труб в русло реки и последующая отсыпка насыпи на трубы выше мостового перехода, что резко уменьшило возможность пропуска паводка.

Анализ фондовых материалов показал, что в северном Забайкалье среднее годовое количество атмосферных осадков, как и средняя годовая температура воздуха в многолетнем цикле, характеризуются значительными колебаниями, но тренды температур и осадков имеют тенденции к росту. Годы повышенного увлажнения стали повторяться чаще, увеличилось и число паводков, приводящих к активизации русловых процессов.

Для оценки направленности происходящих изменений и возможности возникновения чрезвычайных ситуаций в будущем на территории бассейна верховьев р. Чары в 2010 г. было осуществлено обследование основных водотоков. Здесь ранее – в начале 80-х гг. XX в. – автором были выполнены полевые исследования на наледных участках. Кроме этого, в настоящей работе были использованы фондовые материалы с результатами полевых и экспериментальных исследований Роскомгидромета, ПГО «Читагеология», Забайкальского государственного университета.

Изучение русловых процессов представляется насущной задачей на современном этапе в связи со значительными изменениями климата, приводящими к трансфор-

мации мерзлотно-гидрогеологических условий. Известно, что в районах, где средняя годовая температура воздуха ниже минус $2,5^{\circ}\text{C}$, возможно существование многолетнемерзлых пород (ММП), а в районах, ограниченных средней годовой изотермой температур воздуха минус $7,5^{\circ}\text{C}$, они имеют сплошное распространение. Средняя годовая температура воздуха в Забайкалье за последние два десятилетия возросла на 2°C . Тренд повышения температуры, по данным Росгидромета, в среднем составляет $0,52^{\circ}\text{C}/10$ лет [1. С. 66]. Рост средних годовых температур воздуха в Забайкалье привел к смещению изотерм (рис. 3) к северу и северо-востоку на сотни километров. Существенно изменилась структура криолитозоны, площади распространения ММП, глубины залегания и мощности многолетнемерзлых пород.

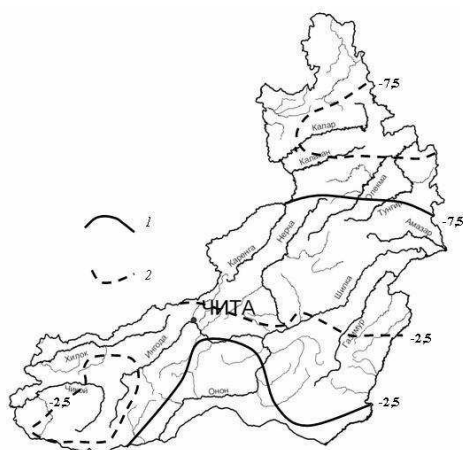


Рис. 3. Изменение расположения изотерм средних годовых температур воздуха в Забайкальском крае с середины XX до начала XXI в. Средняя температура воздуха: 1 – за 1951–1960 гг.; 2 – за 1998–2007 гг.

Изменение мерзлотных условий влияет на русловые процессы, особенно в пределах впадин, где литогенная основа представлена тонкодисперсными грунтами – песками, супесями, суглинками. Северные районы Забайкалья характеризуются прерывистым и сплошным распространением многолетнемерзлых пород, которые имеют в пределах впадин температуру на глубине нулевых годовых амплитуд от минус 2 до минус $4,5^{\circ}\text{C}$, а в хребтах – до минус 10°C . Мощность многолетнемерзлых пород в пределах хребтов достигает 1200 м, а в межгорных впадинах – 300–500 м. Талики отмечаются под руслами крупных рек, под озерами и на участках разгрузки подземных вод глубокого стока, реже встречаются радиационно-тепловые талики на склонах южной экспозиции с отметками 800–1000 м.

В результате повышения средней годовой температуры воздуха на $0,9^{\circ}\text{C}$ увеличилась температура пород на глубине нулевых годовых амплитуд [2. С. 23], возросла и глубина слоя сезонного оттаивания. Увеличение глубин сезонного оттаивания мерзлых пород приводит к повышению интенсивности эрозионных процессов, изменяется активность криогенных процессов. У таких процессов, как криогенное выветривание, морозное трещинообразование, пучение, инъекционное льдообразование, наледеобразование, она понижается, а активность процессов термокарста, термоэрозии, термоабразии, термосуффозии возрастает.

Особенно активно процессы термоэрозии развиваются в Верхнечарской впадине по берегам рек, сложенным песчаными и песчано-глинистыми озерными и озерно-аллювиальными отложениями с прослоями пластовых льдов, которые очень быстро оттаивают на контактах с водным потоком. Вначале в берегах формируются ниши оттаивания льда, а затем, после обрушения вышележащей толщи, происходит быстрое удаление рыхлого материала водным потоком. Результаты исследований показывают, что начальная температура грунтов в интервале от 0 до минус 5°C слабо влияет на интенсивность размыва, так как основное количество тепла идет не на прогрев грунта, а на таяние льда [3. С. 70]. Последнее обстоятельство является важным для льдистых грунтов, образующих пластовые залежи в рыхлых породах по берегам рек. С повышением глубин сезонного оттаивания возрастает скорость их разрушения вглубь склонов, сопровождающегося формированием полостей и ниш в песчаных и глинистых породах. Движение воды в паводки по этим полостям приводит к значительному усилению эрозионной деятельности водотоков, обрушению нависающих частей склонов и выходу пластовых льдов или льдистых грунтов вновь на поверхность. Такие участки русла характерны для р. Чара (район урочища «Пески») и среднего течения р. Калар.

В пределах хребтов на русловые процессы значительное влияние оказывает поступление со склонов грубообломочного материала, что существенно сказывается на выполаживании продольного профиля и снижении темпов эрозии, особенно в V-образных речных долинах. Наличие в пределах хребтов в устьевых частях притоков конусов выноса также влияет на интенсивность эрозии в пределах основного русла. Значительное поступление обломочного материала на некоторых конусах выноса обеспечило поднятие кровли многолетнемерзлых пород в предшествующие периоды и обусловило снижение интенсивности водной эрозии. Понижение кровли многолетнемерзлых пород на таких участках в настоящее время в результате увеличения глубин сезонного оттаивания приводит к активизации русловых процессов.

Влияние наледей на русловые процессы в данном районе очень существенно и зависит от числа излияний наледебразующих вод, объемов наледей, состава пород, слагающих ложе и борта наледной поляны, уклонов русла [1. С. 64]. Ранее вероятность образования наледей в бассейне верховьев р. Чары составляла 100%. В 2010 г. в районе с. Чара они практически не формировались. Повышение средних годовых температур наиболее существенно сказалось на формировании наледей речных вод и наледей, имеющих смешанный тип питания.

Значительно сократились и объемы наледей, имеющих подземное питание, в том числе и гигантских – Среднесакуканской, Нижнегамакитской, Муруринской. Это сокращение составляет от 20 до 30%, что значительно выше обычных колебаний в многолетнем цикле [1. С. 66].

В вертикальном разрезе на бортах, ограничивающих наледную поляну, разрушение горных пород наледями проявляется на разных уровнях и в основном приурочено к верхней части наледи. Это обусловлено более жесткими колебаниями температур воздуха в начальный период таяния наледи, что приводит к формированию характерных нивационных «забоев» на бортах наледных полей (рис. 4, 5).



Рис. 4. Эрозионная деятельность водотока на наледном участке



Рис. 5. Воздействие наледи на коренной склон

Изменение морфометрических параметров наледей в многолетнем цикле приводит к смещению высотного положения нивационных «забоев». Тонкодисперсный материал, который образуется при выветривании, сразу удаляется талыми наледными водами, обеспечивая возможность непрерывности процесса. Ориентировочный объем выветрелого материала, удаляемого ежегодно с наледной поляны среднего размера, в северном Забайкалье составляет 250–600 м³. Процесс проявляется по всей поверхности наледной поляны или той ее части, где формируется наледь, в виде десквамации и шелушения валунов, дезинтеграции обломков и формирования наледного аллювия.

Ложе наледной поляны при значительной мощности наледи подвергается менее интенсивному криогенному выветриванию, чем склоны. Этот процесс приводит к тому, что продольный уклон наледных полей значительно меньше, чем на прилегающих участках выше и ниже по течению.

Весной наледи создают подпору движению поверхностных вод, что приводит к выходу потока за её пределы.

Это приводит, с одной стороны, к размыву периферийных частей наледных полей, с другой стороны – к аккумуляции наносов в результате резкого снижения скоростей течения речных вод из-за уменьшения уклонов продольного профиля.

Значительное влияние на руслоформирующие процессы в северном Забайкалье оказала деятельность ледников, особенно на участках выхода водотоков из хребтов во впадины, где аккумулярованы валы конечных морен. Такие же препятствия отмечаются там, где соединяются ледниковые долины разных порядков. В пределах конечно-моренных валов, сложенных крупнообломочным материалом, иногда с большим содержанием ледяных включений и пластовых льдов, водотоки характеризуются значительными уклонами, и поэтому преобладает глубинная эрозия. В ряде случаев выше конечно-моренных валов сохранились подпрудные ледниковые озера. Повышение средних годовых температур воздуха и деградация ММП на участках подпрудных ледниковых озер в Северном Забайкалье могут носить катастрофический характер, например, как на участке Леприндо или на оз. Маашей в Горном Алтае, где прорыв произошел в 2012 г. Причинами прорыва подпрудных ледниковых озер в этих случаях явились высокие скорости развития термоэрозионных процессов на участках моренных валов, сложенных мерзлыми высокольдистыми грунтами, и формирование селевых паводков. До настоящего времени верховья рек, где и сосредоточены подпрудные ледниковые озера, остаются слабо изученными.

Таким образом, современные изменения климата в Северном Забайкалье, сопровождающиеся деградацией криолитозоны и ростом паводковых расходов, обуславливают активизацию русловых процессов. Поэтому требуется анализ ранее принятых проектных решений строительства водопропускных сооружений и мостов. В частности, на участке дороги Чара – Новая Чара необходимо строительство моста с пролетным строением, обеспечивающим пропуск максимальных расходов.

Ежегодные обследования с вертолета полосы, прилегающей к Читинскому участку БАМ, полученные фото- и видеозаписи позволяют специалистам службы пути Восточно-Сибирской железной дороги своевременно проводить противоаварийные работы. Но этого явно недостаточно, так как большая часть Вернечарского и Муйско-Куандинского речных бассейнов, особенно их верховья, где и сосредоточены подпрудные ледниковые озера, остается вне поля зрения. Выявление потенциально опасных участков прорыва, с учетом высокой сейсмичности района, представляет на современном этапе одну из важнейших задач, ведь убытки от возможного схода селевых паводков, размыва полотна могут составить десятки миллионов рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Верхотуров А.Г.* Наледи Забайкалья и их влияние на рельеф в условиях современных изменений климата // Рельеф и экзогенные процессы гор. Иркутск, 2011. Т. 2. С. 63–66.
2. *Сергеев Д.О., Ухова Ю.А., Станиславская Ю.В., Романовский В.Е.* Температурный режим многолетнемерзлых толщ и сезонноталого слоя в горах Северного Забайкалья (возобновление стационарных наблюдений) // Криосфера Земли. 2007. Т. XI, № 2. С. 19–26.
3. *Крапачев А.В., Салагаев В.Б., Косенков В.Л.* Расчет параметров термоэрозионного размыва грунтов Чарской впадины // Криогенные процессы и явления в Сибири. Якутск, 1984. С. 65–70.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 13 февраля 2013 г.