

УДК 556.011:551.311.21

**О РОЛИ ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СЕЛЕЙ В ВЫНОСЕ НАНОСОВ ИЗ
ВЕРХНЕГО ЯРУСА НАКОПЛЕНИЯ СЕВЕРНОГО СКЛОНА
ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ**

Доктор геогр. наук Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук Р.К. Яфязова

Анализ процессов, связанных с таянием снега и льда в нивальной зоне северного склона Заилийского Алатау, оценка объемов наносов, перемещенных из высокогорной зоны на предгорную равнину в плейстоцене, позволили сделать вывод о главенствующей роли селей дождевого генезиса в селевой активности, обусловленной прогнозируемым глобальным потеплением.

Таяние льда и снега ледников, вызываемое геотермическим потоком тепла, трением льда о ледниковое ложе, водой, проникшей под лед, внутренним трением ледника, циркуляцией воды и воздуха в полостях и трещинах ледника, а также метеорологическими факторами обуславливают возможность аккумуляции больших объемов воды на поверхности и внутри моренно-ледниковых комплексов, прорыв которых может приводить к селевым явлениям, в том числе катастрофическим. Вода может накапливаться в отрицательных формах рельефа, а также в полостях ледников и морен, образованных в результате термокарстовых процессов или механической деформации ледовых масс.

Внутриледниковые водоемы

Прорывы ледниковых вод, накопившихся в полостях ледников Альп, иногда имеют достаточно большие объемы. Так, мощный паводок, вызванный прорывом внутриледниковых вод ледниковой системы Ферпекль-Мон-Мин, имел объем около 1,5 млн м³ [3]. Прорывы таких вод имели место в Заилийском, Джунгарском и Киргизском Алатау. Особо крупные сели, формировавшиеся при прорыве внутриледниковых водоемов, зарегистрированы в горной и предгорной зонах самого высокого вулкана (4392 м) материковой части США Рейнир (Каскадные горы). Здесь прорывы внутриледниковых водоемов

происходили как после выпадения значительных осадков (за 5 суток – 252 мм), так и двухмесячного бездождного периода теплого и сухого лета [3].

Наибольшую известность в Заилийском Алатау получил прорыв внутриледниковых вод на леднике Туюксу в 1956 г. Объем излившейся воды составил 1,5...2,0 млн м³ [3]. На протяжении остальной части второй половины прошлого века внутриледниковые емкости бассейна р. Малая Алматинка ничем себя не проявляли, хотя об их наличии свидетельствовало выклинивание талых вод на фронтальной части современной морены ледника Туюксу с суммарным расходом, порой превышавшим 1,5 м³/с.

В какой-то мере оценить объем одной из таких емкостей стало возможным летом 2000 г. В результате интенсивного таяния ледника Туюксу, сопровождавшегося выносом относительно большого объема моренного материала, русло потока изменило направление. Если ранее большая часть талых вод ледника Туюксу в виде сосредоточенного потока перемещалась по поверхности морены, то со второй половины лета 2000 г. поток уходил в ледяной грот. На фронтальной морене ледника Туюксу появился дополнительный выход талых вод, связанный с упомянутым гротом. Об этом свидетельствовало близкое по времени попадание очень мутных вод в грот (дневное таяние ледника) и их выклиниванием на фронтальной части морены. Изменение мутности вод на входе и выходе внутриледниковой емкости оказалось эквивалентным изменению мутности воды, попадающей в грот, при ее отстаивании в литровой бутылке в течение 8...10 суток. Это позволяет утверждать, что внутриледниковая емкость по меньшей мере в 10 раз превышала суточное поступление воды в грот, т.е. была не менее 300...400 тыс. м³.

Исследования А.П. Горбунова показали [4], что в условиях активного горообразования талые воды, проходящие через морену путь протяженностью 100 м, охлаждаются на 0,6...0,9 °С. Если вода, пройдя по внутриморенной полости в морене ледника Туюксу, охлаждалась на 0,5 °С, емкость внутриледникового водоема ежегодно возрастала примерно на 25 тыс. м³, т.е. за 3 года она увеличилась на 75 тыс. м³, и представляет, в случае катастрофического прорыва, реальную угрозу. Приведенные цифры увеличения внутриледниковой емкости хорошо согласуются с мнением А.П. Горбунова о том, что "...за один абляционный период возможно увеличение емкости полости на 15-20 тыс. м³ ..." [4].

Озера моренно-ледниковых комплексов

По генезису озера моренно-ледниковых комплексов разделяют на западинные, провальные, каровые и подпруженные. Наибольшие объемы, по данным В.А. Керемкулова, в горах Юго-Восточного Казахстана и сопряженных горных районах имеют западинные озера. Так, объем западинного озера на леднике Богатырь достигал 9,3 млн м³ [1]. Период возникновения и развития западинных озер до объемов, способных инициировать катастрофические сели, составляет для Заилийского Алатау 40...50 лет.

По С.С. Кубрушко и Я.С. Стависскому [6] образование озерных котловин, на первой стадии их развития, обусловлено существенной разницей в таянии открытой и закрытой частей ледников. Из работы [6] следует, что уже под слоем морены в 0,3 м скорость таяния в 2,5 раза меньше, нежели на открытой части ледника. На основании этого авторы упомянутой работы делают вывод о том, что "... для вытаивания на языке ледника чаши озера глубиной 10-15 м в обычных условиях необходимо всего 10 лет".

По мнению Г.А. Токмагамбетова, П.А. Судакова и П.А. Плеханова важная роль в появлении и развитии отрицательных форм рельефа принадлежит процессам, приводящим к просадке моренных отложений, пластическим подвижкам "...погребенных льдов, вызывающих появление на поверхности морен разломов и трещин, заполняемых в летнее время талой водой..." [7].

Дальнейшее развитие озерных котловин связано в основном с термическим воздействием вод, накапливающихся или циркулирующих в водоемах. Наиболее крупные западинные озера образуются на долинных ледниках, причем, чем больше ледник, тем больший объем может иметь озеро. Однако в подавляющем числе случаев западинные озера образуются лишь в тех случаях, когда ледники имеют фронтальные морены. Образование и развитие западинных озер связано с деградацией оледенения. Наиболее благоприятными для образования фронтальных морен являются периоды относительно медленной деградации ледников.

Подтверждением вышесказанному является резкая активизация селей гляциального генезиса на северном склоне Заилийского Алатау во второй половине 20 века. Сели с расходами в сотни и тысячи кубометров в секунду прошли в бассейнах рек Малая Алматинка (1956 и 1973 гг.), Иссык (1958 и 1963 гг.), Большая Алматинка (1975 и 1977 гг.), Талгар (1979 и 1993 гг.), Кас-

келен (1980 г.). Все они были вызваны опорожнением водоемов моренно-ледниковых комплексов, возникших в процессе деградации оледенения, наступившей после окончания Малого ледникового периода. Вынос наносов из верхнего яруса накопления селями гляциального генезиса в 20 веке значительно превышал вынос селями дождевого генезиса.

По мнению ведущих гляциологов Казахстана П.А. Черкасова и Е.В. Вилесова, даже в условиях существующего климата, к концу 21 века произойдет практически полная дегляциация хребта Заилийский Алатау. Процесс дегляциации будет сопровождаться уменьшением размеров ледников, распадом ледниковых систем. При этом число ледников на определенном этапе дегляциации может даже превышать число ледников в начальной фазе их деградации. Казалось бы, увеличение числа ледников должно приводить и к увеличению числа гляциальных озер и, следовательно, дальнейшей активизации селей гляциального генезиса. Однако, скорее всего, это не произойдет.

Результаты изучения строения конусов выноса, расположенных на предгорной равнине, и образованных в основном отложениями селей, позволяют с высокой степенью достоверности утверждать:

- в периоды оледенений селевая активность практически равна нулю;
- максимум селевой активности в последние 150 тыс. лет приходился на период 132...133 тыс. лет назад [9];
- деградация оледенения северного склона Заилийского Алатау в голоцене не сопровождалась большим выносом селевых масс.

Последнее, в рамках рассматриваемой проблемы, представляет особый интерес. Действительно, когда около 15 000 лет назад вюрмское оледенение начало деградировать, площадь оледенения северного склона Заилийского Алатау примерно в два раза превышала таковую в середине 20 века. Максимальная температура 8,6 тыс. лет назад существенно (на 0,73 °С в Антарктиде [13]) превышала температуру в 20 веке. Следовательно, площадь оледенения за последние 15 000 лет в Заилийском Алатау могла изменяться в очень большом диапазоне - вплоть до исчезновения.

Практически полную сохранность морен вюрмского возраста в рассматриваемом регионе можно объяснить тем, что прорывные паводки аккумуляровались в отрицательных формах рельефа обширных морен, формиро-

вавшихся в период вюрмского оледенения. Вероятность того, что катастрофические прорывы не имели место в процессах деградации оледенения в вюрме и, особенно, в его конечной фазе, очень мала.

О возможности образования многочисленных морен говорит то обстоятельство, что климат в период времени, соответствующий вюрмскому оледенению, существенно изменялся. Так, в Антарктиде максимальное понижение температуры относительно современного значения составляло около 9 °С, а внутри упомянутого интервала времени имели место квазипериодические циклы с размахом до 4 °С и продолжительностью 20...30 тыс. лет. Циклы продолжительностью 5...7 тыс. лет имели размах до 2 °С. Наложение этих циклов приводило к колебаниям температуры в вюрме до 5 °С. Гораздо меньшие по продолжительности (около 1 тыс. лет), но значительно большие по размаху температуры имели “внутривюрмские” циклы в Гренландии [5]. Положение низкочастотных циклов изменения температуры в Антарктиде и в Гренландии сдвинуто во времени на 2...3 тыс. лет, что, скорее всего, объясняется большей инерционностью “климатического механизма” Антарктиды. Столь детальных данных об изменении климата на северном склоне Заилийского Алатау нет, но с весьма большой степенью достоверности можно утверждать, что климат обсуждаемого региона в вюрме также претерпевал существенные изменения. Поскольку ледники являются “продуктом климата” [8], каждый цикл изменения климата сопровождался формированием морен. Поскольку таких циклов в вюрме могло быть десятки, морены подвергались разрушению, их материал использовался для заполнения промежутков между другими моренами или увеличения размеров последних и т.д. Так как потепление, приведшее к смене вюрмского оледенения голоценом, происходило по геологическим меркам стремительно, все оставшиеся после деградации оледенения отрицательные формы рельефа могли выполнять роль водо- и селехранилищ. Именно по этой причине, скорее всего, и сохранились конечные морены вюрмского оледенения в высотном интервале 2500...2700 м.

Селезадерживающая плотина в урочище Медеу не только спасла г. Алматы от катастрофы, которую мог принести сель 1973 г., но и позволила оценить соотношение объемов наносов и водной составляющей в селевой смеси, образовавшейся при формировании мощного селя. Выяснилось, что 225 тыс. м³ воды, при излиянии ее с расходами, превышающими критическое

значение, необходимое для развития селевого процесса, создают условия, благоприятствующие перемещению в бассейне р. Малая Алматинка более 3 млн м³ моренных отложений на предгорную равнину за несколько часов.

Полученные данные позволяют утверждать, что если бы все сели, формировавшиеся в период рисс-вюрмского межледниковья, имели гляциальный генезис, то для выноса 1,2 млрд м³ наносов, перемещенных в бассейне р. Малая Алматинка в упомянутый период, потребовалось бы образование примерно 350 озер с характеристиками, близкими к таковым озера №2.

Опыт последних 150 лет, прошедших после окончания Малого ледникового периода, свидетельствует, что за это время в бассейне р. Малая Алматинка образовалось лишь два озера, катастрофическое опорожнение которых приводило или может привести к селям с объемами в несколько миллионов кубометров. Все другие селеобразования носили локальный характер, отложение их твердой фазы происходило в долине реки и практически не изменяло характеристик конуса выноса.

Учитывая прогнозируемое время полной дегляциации Заилийского Алатау (50...100 лет) [2], а также время, необходимое для зарождения и развития озер моренно-ледниковых комплексов в данном регионе (50...70 лет), можно утверждать, что роль гляциальных селей в предстоящем выносе наносов из верхнего яруса накопления на предгорную равнину будет незначительной. Основным механизмом переноса наносов станут сели дождевого генезиса, поэтому изучению условий их формирования, разработке превентивных мероприятий, направленных на предотвращение этих селей или уменьшение их характеристик, должно уделяться первостепенное внимание.

Сказанное не означает, что борьба с селями гляциального генезиса теряет актуальность, напротив, глобальное потепление и связанное с ним ускорение процессов формирования и развития емкостей моренно-ледниковых комплексов потребует на протяжении первых десятилетий 21 века активизации превентивных работ по искусственному опорожнению озер и внутриледниковых водоемов. Однако для того, чтобы избежать повторения трагедий, подобных событиям 1977 г., и провалов, имевших место при попытке опорожнения озера на леднике Маншук Маметовой в 1997 г., необходимо в кратчайший срок разработать нормативную документацию, регламентирующую превентивные мероприятия, осуществляемые Казселезащитой на моренно-ледниковых комплексах Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. - Алматы: Ғылым, 1998. - 102 с.
2. Вилесов Е.Н. Эволюция внутриконтинентальной ледниковой системы в XX веке (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. - Алматы, 1997. - 47 с.
3. Виноградов Ю.Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 154 с.
4. Горбунов А.П. Гляциальные сели и пути их прогноза // Труды КазНИГМИ. - 1971. - Вып.51. - С. 45-56.
5. Гросвальд М.Г. Ледниковая теория сегодня // Материалы гляциологических исследований. - М., 1999. - Вып.86. - С. 3-10
6. Кубрушко С.С., Стависский Я.С. Гляциальные озера Киргизии и их роль в формировании селей // Материалы гляциологических исследований. - М., 1978. - Вып.32. - С. 59-62.
7. Токмагамбетов Г.А., Судаков П.А., Плеханов П.А. Гляциальные сели Заилийского Алатау и пути их прогноза // Материалы гляциологических исследований. - М., 1980. - Вып.39. - С. 97-101.
8. Тронов М.В. Ледники и климат. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 407 с.
9. Jouzel, J., Lorius, C., Petit, J.R., Barkov, N.I. & Kotlyakov, V.M. 1994. Vostok isotopic temperature record. In T.A. Boden, D.P. Kaiser, R.J. Sepanski & F.W. Stoss (eds.), *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change*: 590-602. ORNL/CDIAC-65. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ГЛЯЦИАЛДЫ СЕЛДЕРДІҰ ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҰ СОЛТІСТІК БЕТКЕЙІНДЕГІ ЖОҰАРҰЫ ЖИНАСТАЛУ САБАТЫНАН ШЫҰАТЫН СОСЫСТАРДЫ ШЫҰАРУДАҰЫ РҰЛІ

Геогр. Ғылымд. докторы
Геогр. Ғылымд. канд.

Б.С. Степанов
Р.К. Яфязова

*Іле АлатауыныҰ нивалды аймаҒындаҒы Ғар мен мғздыҰ еруімей
байланысты процестерді талдау, жоҒары таулы аймаҒтан тау
етегіндегі плейстоцендегі жазыҒтыҒа жылжыҒан жоҒыстардыҰ
кҰлемін баҒалау болжанып отырҒан глобалды жылынумен
шартталҒан сел белсенділігіндегі жауын-шашынды генезисті
селдердіҰ басты рҰлі туралы Ғорытынды жасауҒа мҒмкіндік берді.*