

УДК 551.311.8:551.583 (235.216):627.141.1

**КЛИМАТ ГОЛОЦЕНА И СЕЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ НА
СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ**

Доктор геогр. наук

Б.С. Степанов

Канд. геогр. наук

Р.К. Яфязова

Изменение климата, в частности увеличение глобальной температуры на 2,5-3 °С, приведет к многократному увеличению повторяемости селевых явлений гляциального и дождевого генезисов. В такой ситуации защита от селей с помощью глухих плотин становится не только неэффективной, но даже опасной. Основная роль в селезащите должна принадлежать превентивным мероприятиям. Изменение стратегии позволит значительно сократить расходы на противоселевые мероприятия.

Стратегия борьбы с катастрофическими природными явлениями, в том числе и селями, определяется масштабами этих явлений, их повторяемостью. Так как мощные сели, при современных климатических условиях, явление достаточно редкое, а достоверные количественные данные о расходах и объемах селей, их повторяемости, как правило, отсутствуют, то при обосновании защитных мероприятий селевые явления стараются увязать с гидрометеорологическими факторами, определяющими возможность возникновения селей. Так, при проектировании селезащитной плотины в урочище Медеу "...Основным параметром, определившим компоновку и конструкцию сооружений, стала расчетная емкость селехранилища, которая должна была обеспечивать задержание расчетного селевого потока ливневого происхождения, вызванного осадками повторяемостью один раз в 10 тысяч лет" [8].

Максимальный расход (Q_{max}) и объем (W) гляциальных паводков, вызываемых прорывом озер в зоне современного оледенения, рассчитываются (независимо от наличия озер на дату обследования) по формулам [4]

$$Q_{max} = 220(F - 0,5)^{0,8},$$

$$W = 0,31(F - 0,5) \cdot 10^6,$$

где F - площадь наиболее крупного ледника в конкретном речном бассейне, км² (при $F \leq 0,5$ км² расчет производится на случай ливневого обводнения).

Подобный подход к оценке селевой опасности вряд ли можно считать удовлетворительным. Во-первых, сель – явление многофакторное, во-вторых, гидрометеорологические характеристики получают путем статистической обработки относительно коротких рядов наблюдений, которые характеризуют климатические условия периода времени, за который и получены упомянутые ряды. Селезащитные сооружения должны служить сотни лет, за это время климат может радикально изменяться, поэтому оценка срока службы селезащитных сооружений должна осуществляться с учетом вероятных сценариев изменения климата.

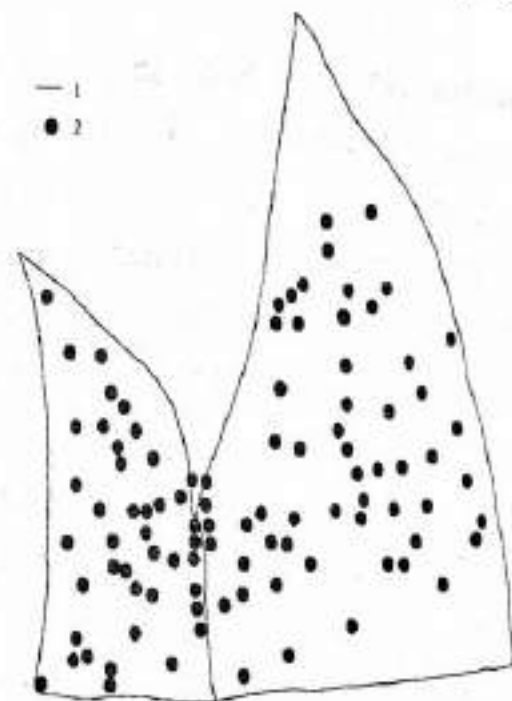
Результаты исследований последних лет [6, 9] показали, что селевая активность в Тянь-шаньском регионе чутко реагирует на незначительное изменение глобальной температуры. Так, при понижении глобальной температуры на 1 °С относительно современной, вследствие активизации оледенения, практически затухает селевая деятельность, связанная с гляциальными процессами. И это несмотря на то, что площадь ледников в период рискового оледенения практически в 5 раз превышала современную. Значительно уменьшается вероятность формирования мощных селей дождевого генезиса, так как в зоне их зарождения ливневые осадки выпадают в основном в виде града и снега, уменьшаются площади активного стокообразования и т.д. И, наоборот, увеличение глобальной температуры на 2-3 °С приведет к резкому увеличению селевой активности по сравнению с наблюдавшейся в XX веке. И это при том, что селевая активность в 20 веке в десятки раз превышала ее среднее значение в голоцене [10]; поэтому реконструкция селевой деятельности, увязка ее с климатическими условиями представляет большой научный и практический интерес. Особую актуальность такие исследования приобретают в периоды, характеризующиеся изменением климата.

Ценнейшими банками данных о селевой активности являются конусы выноса, образовавшиеся в результате выхода селей на предгорную равнину [10]. Однако их расшифровка не тривиальна и в некоторых случаях требует больших затрат материальных ресурсов.

В 1999-2000 гг. сотрудниками КазНИИМОСК была предпринята попытка оценить объем вынесенных наносов, отложившихся на конусах выноса рек Большая и Малая Алматинки в голоцене. За таковой принимались отложения, перекрывающие лессовый покров, сформировавшийся в период вюрмского оледенения. Этот покров, в свою очередь, перекрывает

селевые и аллювиальные отложения, образовавшиеся в ресс-вюрмском межледниковье. Если представлялась возможность, измерялась мощность этого лессового покрова. Объектами – источниками данных о мощности селевых и аллювиальных отложений, а также мощности лессового покрова являлись котлованы, траншеи, ямы, откосы, промоины и т.д. Это позволило свести к минимуму затраты на ручное бурение и проходку шурфов. Поскольку поверхность, подстилающая лессы, из-за наличия камней, гальки и т.д. была неровной, погрешность измерения мощности лессового покрова составляла $\pm 0,1$ м; там, где измерить мощность лесса не представлялось возможным из-за недостаточной глубины выемки, давалась минимальная оценка. Данные о расположении точек, в которых определялись мощности наносов и лессового покрова нанесены на схему конусов выноса рек Малая и Большая Алматинки (рис.1).

Рис.1. Схема расположения точек, в которых определялась мощность лессового покрова, селевых и аллювиальных отложений на конусах выноса рек Малая и Большая Алматинки. 1-граница конуса выноса; 2-место оценки мощности.



Результаты упомянутой оценки оказались неожиданными: большая часть площадей конусов выноса (более 80 %) перекрыта лессовыми отложениями, мощность которых изменяется от десятых долей метра до пяти метров. Мощность селевых отложений, перекрывающих на незначительной части площадей конусов выноса лессовый покров, - от долей метра до 1,2 м.

С большой степенью достоверности можно утверждать, что объем селевых отложений голоцена на конусе выноса р. Малая Алматинка не превышает 3 млн м³, а на конусе выноса р. Большая Алматинка - 4 млн м³. Имеющаяся информация свидетельствует о том, что выносы селей и на конусы других рек северного склона Заилийского Алатау весьма незначительны.

Если сравнить объем селевых отложений в голоцене на конусе выноса р. Малая Алматинка с объемом селевых отложений в ресс-вюрмское межлед-

никовые, составившим, по нашим оценкам, 1-1,2 млрд м³, нетрудно прийти к выводу, что в голоцене селевая активность крайне незначительно отразилась на состоянии конусов выноса, замыкающих горные долины. Отлично сохранились и морены вюрмского оледенения, заканчивающиеся на северном склоне Заилийского Алатау на высоте 2500-3000 м. Большинство врезов на этих моренах образовались в 20 веке.

Незначительные объемы селевых отложений на конусах выноса, расположенных на предгорной равнине, а также слабая разрушенность конечных морен вюрмского оледенения могут быть объяснены следующим образом. Анализируя содержание рис. 2, нетрудно заметить "...чрезвычайную резкость потеплений...", обуславливающих "...стремительное таяние ледниковых шитов, завершавшееся всего за 1000 лет..." [3]. Судя по всему, оледенение Тянь-Шаня сокращалось столь же быстро.

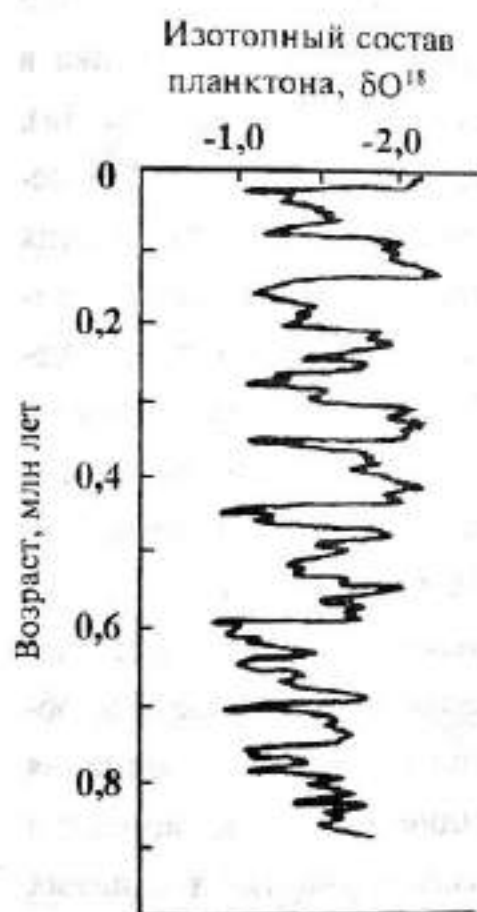


Рис.2. Значения изотопного отношения кислорода δO^{18} в колонке глубоководных осадков из Тихого океана по Н. Шектону и Н. Опдайку [3].

Длительная фаза стабилизации ледников и короткая - их отступления должны были приводить к образованию рельефа, подобного тому, который формировался на равнинах Европы в ходе материкового оледенения. У конца ледника откладывалась конечная морена, имеющая вид сплошных или прерывистых валов, шириной до нескольких километров и высотой в несколько десятков метров, простирающаяся параллельно краю бывшего ледника. В ходе деградации оледенения формировалась зона основной или донной морены мощностью до 10 м. Столь большая разница в мощностях конечной и донной морен объясняется относительно малым временем накопления рыхлообломочных пород в ходе быстрого отступления ледника.

Однако такого отличия в мощностях конечных и основных морен северного склона Заилийского Алатау не наблюдается. Судя по сохранившимся фрагментам морен ледника, существовавшего в максимуме оледенения рисского ледникового периода в бассейне р. Малая Алматинка, наносы (воспринимаемые как основная морена), отложившиеся в ходе отступления ледника в

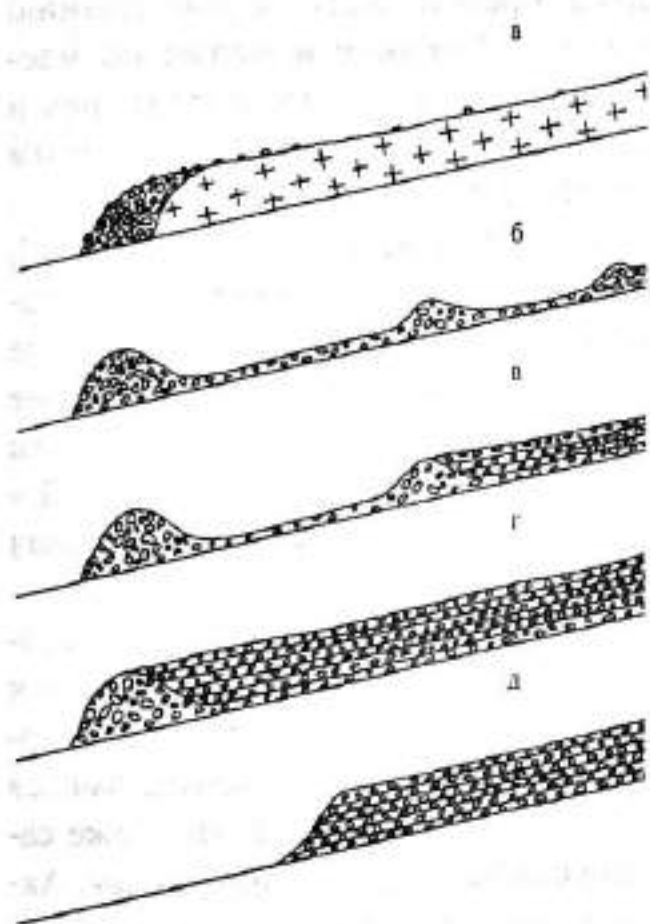
рисс-вюрмское межледниковье, имели практически ту же мощность, что и конечная морена. Отложения наносов с такими характеристиками не могли образоваться путем отложения ледником моренного материала при отступании ледника. По данным Г.А. Токмагамбетова [7] транспортирующая деятельность ледников в описываемом районе относительно невелика. Так, ледник Центральный Туюксуйский в период с 1957 по 1959 гг. вынес около 1000 т твердого материала, следовательно, годовой вынос не превышал 150 м^3 . Если даже в ледниковый период за счет увеличения площади оледенения транспортирующая деятельность возрастала в 10 раз, то годовой вынос твердого материала составлял не более 1500 м^3 , а вынос за 1000 лет - $1,5 \text{ млн м}^3$. Это значение почти в 300 раз меньше объема материала, накопившегося за конечной мореной.

Наиболее вероятен следующий механизм выравнивания мощностей упомянутых морен. Различные фазы формирования и трансформации морен изображены на рис.3. По завершении фазы наступания ледника в период его стабилизации формируется мощная конечная морена (рис. 3а), представляющая для образующегося выше жидкого и твердого стока нечто подобное плотине, перегораживающей ущелье. По мере отступления ледника в межледниковый период образуются основная морена и относительно небольшие конечные морены, обязанные остановкам отступающего ледника (рис. 3б). Сели, возникающие при прорыве озер моренно-ледниковых комплексов, а также сели дождевого генезиса заполняют емкости, образуемые конечными моренами. По мере переполнения емкостей возможны разрушение морен и вынос накопившегося материала в емкости, образуемые ниже расположенными конечными моренами (рис. 3в). Эти процессы продолжаются до тех пор, пока не заполнится емкость, образуемая наиболее мощной конечной мореной (рис. 3г). После заполнения этой емкости рыхлообломочные породы, слагающие конечную морену и накопившиеся за ней селевые отложения, принимают участие в селевых явлениях, зарождающихся в высокогорье, значительно увеличивая их масштабы (рис. 3д).

Примером сказанного могут служить фрагменты отложений наносов в бассейне р. Малой Алматинки, сохранившиеся в высотном интервале 1800-2600 м (Горельник-Ворота Туюксу); основной вынос наносов из упомянутой емкости, объемом не менее $0,5 \text{ км}^3$, произошел в рисс-вюрмское межледниковье.

Хорошо сохранившаяся емкость, образованная мореной вюрмского оледенения и заполненная рыхлообломочными отложениями селей, находится в бассейне р. Малой Алматинки выше Ворот Туюксу. Таков, скорее всего, и механизм образования мощной толщи рыхлообломочных отложений (100-150 м), находящейся под современным ледн. Туюксу.

Рис.3. Отложение наносов за конечной мореной. Формирование конечной морены (а); образование основной и небольших конечных морен (б); заполнение емкости, образованной небольшой конечной мореной (в); заполнение емкости, образованной конечной мореной (г); разрушение конечной морены и наносов, отложившихся за ней (д).



Поэтапным во времени и пространстве переносом наносов может быть объяснен и относительно малый объем выноса наносов на конусы, расположенные на предгорной равнине, в голоцене. В настоящее время емкости, образованные моренами, заполнены и созданы предпосылки для одноступенчатого переноса наносов из верхнего яруса накопления на конусы предгорий.

С учетом сказанного выше, картина наиболее вероятного изменения селевой активности в голоцене выглядит следующим образом. Стремительное потепление климата, завершившее период вюрмского

оледенения, привело к столь же быстрому сокращению оледенения северного склона Заилийского Алатау. Такой характер дегляциации не благоприятствовал формированию емкостей моренно-ледниковых комплексов, прорыв которых мог вызвать сели катастрофических масштабов. Условия, благоприятствующие образованию мощных селей, сложились лишь к периоду, получившему название климатического оптимума и имевшего место 4,5-8 тыс. лет назад. В отдельные отрезки времени, продолжавшиеся около 100 лет, глобальная температура могла превышать современное значение на 0,5-1 °С при этом создавались условия для формирования селей как гляциального, так и дождевого генезисов. Однако сели, зарож-

давшиеся и развивавшиеся в высокогорной зоне, задерживались конечными моренами вюрмского оледенения, в результате чего происходило накопление наносов в высотном интервале 2500-3000 м.

Дальнейший период времени, длившийся до окончания Малого ледникового периода, характеризовался чередованием относительно непродолжительных периодов похолодания и потепления относительно климата, свидетельством чего являются стадияльные морены (до 3-4 стадий [2, 5]), отвечающие положениям ледников в периоды их наступания. В теплые периоды происходила активизация селей дождевого и гляциального генезисов в высокогорной зоне. Там, где смости, образованные конечными моренами вюрмского оледенения, оказывались заполненными, мощные сели получили возможность выхода на конусы выноса, расположенные на предгорной равнине. В результате наступившего затем Малого ледникового периода селевая активность снизилась, однако это снижение относилось, прежде всего, к уменьшению вероятности возникновения мощных селей. Средние и малые по масштабам сели, отлагавшиеся в пределах горной зоны, формировались и в относительно холодные периоды голоцена. Так, по данным Р.И. Белогривцевой [1] наиболее древний сел в бассейне р. Чемолган, зафиксированный ею в ходе дендрохронологических исследований, датируется 1746 г., такой же возраст имеют селевые отложения Чертового ущелья (данные лишенометрии), расположенного в бассейне р. Малая Алматинка. Всего за период с 1746 по 1972 гг. в бассейне р. Чемолган Р.И. Белогривцевой зафиксировано 14 селей, при этом максимальный межселевой период составляет 59 лет, минимальный - 6 лет. Практически все эти селевые потоки отложились у основания морены рисского оледенения в высотном интервале 2000-2200 м.

Мы не располагаем подробной информацией о мощности селевых отложений в голоцене и лессового покрова вюрма на конусах выноса других рек северного склона Заилийского Алатау. Однако даже на топографических картах масштаба 1:100 000 и крупнее видно, что западная часть конуса выноса р. Каракастек перекрыта лессом мощностью 10-15 и более метров. То же самое можно сказать и о восточной части конусов выноса рек Узункаргалы, Аксай, Талгар и Иссык. Как показали рекогносцировочные обследования, отложения селей голоцена на упомянутых конусах выноса занимают не более 20 % площадей, а их мощность не превышает первых метров.

Если прогнозируемое потепление климата произойдет в ближайшие десятилетия, реализуемая в настоящее время стратегия защиты от селей, в основе которой лежит задержание селей в горной зоне с помощью плотин, окажется неэффективной, так как потребует вложения средств, намного превышающих возможности государства. Многократное снижение затрат на обеспечение селевой безопасности возможно, если существующая стратегия будет заменена стратегией, в основе которой лежит превентивное воздействие на селеформирующие факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белогривцева Р.И. Определение возраста селевых отложений в бассейне р. Чемолган дендрохронологическим методом // Селевые потоки. - 1976. - №1. - С. 53-59.
2. Медеуов А., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. Сели Казахстана. - Алматы: Галым, 1993. - 160 с.
3. Монин А.С. История Земли. - Л.: Наука, 1970. - 228 с.
4. П-814-84. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. - М.: Гидропроект, 1985. - 110 с.
5. Соломина О.Н. Недавняя история ледников Туяксу // Материалы гляциологический исследований. - М., 1997. - Вып.83. - С. 81-88.
6. Степанов Б.С., Яфязова Р.К. О роли климата в селевой активности северного склона Заилийского Алатау // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С. 46-59.
7. Токмагамбетов Г.А. Ледники Заилийского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1976. - 367 с.
8. Хегай А.Ю. Укрощение "черного дракона". - Алматы: Казахстан, 1988. - 72 с.
9. Яфязова Р.К. Влияние климата на селеформирующие факторы // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 3. - С. 209-216.
10. Яфязова Р.К. Основные закономерности формирования селевых конусов выноса (на примере северного склона Заилийского Алатау): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Алматы, 1998. - 21 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙІВДЕГІ ГОЛОЦЕН КЛИМАТЫ ЖӘНЕ СЕЛ БЕЛСЕНДІЛІГІ

Геогр. ғылымд. докторы Б.С. Степанов

Геогр. ғылымд. канд. Р.К. Яфязова

Климаттың өзгеруі, атап айтқанда, глобалды температураның 2,5-3 градусқа көтерілуі гляциалды және жауын-шашынды генезисті селдердің көп мәрте қайталануына апарып соғады. Бұндай жағдайда селдерден тас бөгеттер көмегімен сақтану тиімсіз ғана емес, қауіпті де болады. Селден сақтануда негізгі рөл превентивті шараларға берілуі тиіс. Стратегияны өзгерту селге қарсы шараларға кететін шығындарды қысқартуға мүмкіндік береді.