

УДК 551.345:551.583 (235.216)

**ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В
СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ
ПОТЕПЛЕНИЕМ КЛИМАТА**

Доктор геогр. наук	А.П. Горбунов
	С.С. Марченко
Канд. с.-х. наук	Э.В. Северский
Канд. геогр. наук	С.Н. Титков

Приводятся данные об изменении геокриологических условий Северного Тянь-Шаня за последние 20-25 лет. Сокращение площади оледенения, активизация гляциальных селей, повышение температуры мерзлых толщ, увеличение глубины сезонного протаивания, изменение динамики солифлюкционных процессов и возросшая скорость движения каменных глетчеров являются индикаторами тенденции потепления климата.

В последние десятилетия происходит заметное изменение геокриологических условий Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Это реакция на потепление климата. Так, в альпийской зоне Северного Тянь-Шаня с 1938 по 1989 г. средняя годовая температура воздуха повысилась на $0,6^{\circ}\text{C}$, а средняя летняя - $0,9^{\circ}\text{C}$ [2]. Климатические изменения особенно заметно воздействуют на современное оледенение, площадь которого неуклонно сокращается, что ведет к активизации гляциальных селей. Изменения климата воздействуют также на динамику каменных глетчеров, солифлюкционных процессов, термокарстовых явлений и приводят к общему "потеплению" криолитозоны. К настоящему времени накопился фактический материал, который позволяет выявить основные тренды развития этих природных явлений.

Современное оледенение Тянь-Шаня и Памира-Алая. Анализ аэрофотоснимков различных лет свидетельствует, что площадь оледенения за период 1957-1980 гг. по Гиссаро-Алаю сократилась на 15,8 %, по Памиру - на 10,3 %, а по всему Памиро-Алаю - на 11,6 % [5]. По Заилийскому Алатау (Северный Тянь-Шань) в целом за период 1955-1979 гг. оледенение сократилось на 10,8 % [1]. Следует отметить, что при преобладании малых по размеру ледников их количество уменьшалось, а средних или крупных - увеличивалось вследствие дробления крупных ледников на более мелкие.

Гляциальные сели. Главную роль в генезисе этого многофакторного природного явления играют талые воды и термокарстовые

процессы на моренах. Отступление ледников ведет к высвобождению из-под льда мерзлых моренных толщ, которые после своего выхода на дневную поверхность начинают подвергаться активному воздействию термокарста и особенно термоэрозии. В результате воздействия этих процессов формируются термокарстовые провалы, внутриморенные тоннели и гроты различных размеров и конфигураций. Обрушение блоков мерзлых пород во внутриледниковых полостях, прорывы моренных озер ведут к внезапному выбросу больших водных масс, что предопределяет зарождение гляциальных селей.

Наблюдения за формированием селевых потоков с конца XIX века в Заилийском Алатау позволяют сделать вывод, что в долинах Малой и Большой Алматинок, Талгара гляциальные сели получили распространение, начиная с 40-50 годов текущего столетия, а до этого имели место сели преимущественно ливневого происхождения. Изучение селевых отложений в долине Есика применением радиоуглеродных и дендрохронологических методов определения возраста селевых выносов показало, что за последние 150 лет по долине Жарсая (левого притока Есика) прошло 4 гляциальных селя, причем 3 из них за период с 1958 по 1980 г., а в предшествующие 1000 лет отмечено всего 2 грязекаменные потоки гляциального генезиса [3]. Этот пример наглядно иллюстрирует активизацию гляциальных селей с начала заметного сокращения оледенения хребта.

Криолитозона Северного Тянь-Шаня. Общеизвестен факт современного повышения температур приполярной криолитозоны. В последние два десятилетия зафиксировано "потепление" криолитозоны в Альпах и на Тибете. Сходная картина наблюдается во Внутреннем и Северном Тянь-Шане. В хребте Ак-Шийрак (Внутренний Тянь-Шань) за период с 1986 по 1992 г. температура в 14 скважинах, пройденных в многолетнемерзлых породах в диапазоне высот 3500-4200 м над уровнем моря, поднялась на 0,1-0,2 °С. Отметим, что средняя годовая температура воздуха во Внутреннем Тянь-Шане с 1930 по 1988 г. повысилась на 0,5 °С. В Заилийском Алатау на перевале Жусалыкезен в диапазоне абсолютных высот 3300-3340 м наблюдения по программе геотермического мониторинга криолитозоны проводятся с 1973 г. Анализ этих материалов за 23-летний период показывает, что в динамике температурного режима многолетнемерзлых пород присутствует закономерная составляющая повышение температуры (табл. 1).

Видно, что тренд повышения температуры мерзлой толщи в естественных условиях составил 0,2 °С за 23 года, а на территории, подверженной активной хозяйственной деятельности человека, 0,5 °С за тот же период.

Таблица 1

Температура горных пород на глубине годовых нулевых колебаний на перевале Жусалыкезен (Заилийский Алатау)

№ скважины	Местоположение скважины	Температура пород, °С, за периоды	
		1973-1977 гг.	1991-1996 гг.
1	Горизонтальная площадка, 9,5 м от отапливаемого помещения. Абс. высота 3337 м	-0,7	-0,2
2	Площадка с уклоном 10° на северо-восток, за пределами застроенной территории. Абс. высота 3328 м	-0,4	-0,2
14	Горизонтальная площадка, 3 м от отапливаемого помещения. Абс. высота 3337 м	-0,3	+0,2

В настоящее время мощность криолитозоны в этом месте не более 30 м, что на 5-10 м меньше ее значения в первоначальный период наблюдения в 1973-1975 гг. Кроме заметной деградации многолетне-мерзлых пород, потепление климата сопровождается исчезновением перелетков мерзлоты у нижней границы распространения криолитозоны.

Материалы наблюдений за температурным режимом и глубиной протаивания пород свидетельствуют за существенным их изменении за последние 23 года. Несмотря на значительные межгодовые колебания, общий тренд повышения средней годовой температуры пород, увеличение глубины сезонного протаивания и снижение мощности сезонно-мерзлого слоя отмечается в различных ландшафтно-фациальных условиях Северного Тянь-Шаня. Так, геотермические наблюдения в скважинах на перевале Жусалыкезен выявили значительное увеличение глубины сезонного протаивания (табл. 2).

Таблица 2

Глубина сезонного протаивания на перевале Жусалыкезен (Заилийский Алатау)

№ скважины	Глубина протаивания, м, за периоды		Разность в глубине протаивания, м
	1973-1977 гг.	1991-1996 гг.	
1	3,0	4,1	1,1
2	3,3	4,5	1,2
14	3,6	5,3	1,7

Таким образом, увеличение мощности сезонно-талого слоя составляет 1,1 м в зоне естественного протекания процессов и 1,2-1,7 м - в местах влияния человеческой деятельности. Увеличение глубины сезонного протаивания обусловлено в основном повышением температуры воздуха в теплый период. Так, средняя летняя температура за июнь - август на метеостанции Мынжилки, находящейся в соседней долине на абсолютной высоте 3017 м, повысилась с 6,4 °С за период 1938-1972 гг. до 7,3 °С за период 1973-1989 гг., т.е. на 0,9 °С [2].

Изменились и сроки промерзания сезонно-талого слоя. Если в 1973-1977 гг. полное промерзание сезонно-талого горизонта завершилось к концу декабря [4], то в настоящее время слияние мерзлоты происходит не ранее середины января. Зафиксированы случаи, когда время смыкания фронтов отодвигалось до третьей декады февраля, а в 1991 г. оно произошло только в середине апреля. В тот год, по данным наблюдений в скважине № 1, глубина протаивания достигла 5,2 м, а температура мерзлой толщи на глубине затухания годовых колебаний температур достигла наивысшей отметки за весь период наблюдений: минус 0,1 °С. Сроки слияния сезонной и многолетней мерзлоты варьируют в зависимости от режима снегонакопления и находятся обычно в пределах от одного до трех месяцев с начала промерзания в зоне, свободной от техногенных нагрузок.

Каменные глетчеры. Влияние колебания климата на каменные глетчеры выражается главным образом в изменении пластических свойств содержащегося в них льда, что ведет к увеличению или уменьшению скорости движения этих образований вследствие потепления или похолодания соответственно. Период инструментальных наблюдений за движением каменного глетчера Городецкого в Заилийском Алатау составляет 71 год - с 1923 по 1994 г. Скорость движения наиболее активной центральной части фронтального уступа приведена в табл. 3.

Таблица 3

Скорость движения центральной части фронтального уступа каменного глетчера Городецкого за период 1923-1994 гг.

Период наблюдений, годы	Скорость движения, см/год
1923-1946	90
1947-1960	80
1961-1977	85
1978-1985	90
1986-1994	110

Увеличение скорости движения каменного глетчера соответствует повышению средних годовых температур воздуха на этих абсолютных высотах с минус 2,2 °С в 1938-1970 гг. до минус 1,6 °С в 1971-1989 гг. Как отмечалось выше, еще больше возросла за этот период средняя летняя температура - на 0,9 °С. Последний показатель наиболее важен для динамики каменных глетчеров, поскольку именно в летний период формируются основные теплопотоки, влияющие на пластические свойства ледяных включений, и увеличивается количество незамерзшей воды, создающей дополнительную смазку в верхних горизонтах мерзлой толщи каменных глетчеров. Корреляция динамики каменного глетчера с изменением температур воздуха показала, что скорость его движения меняется вслед за изменением средней годовой температуры воздуха с запозданием на 5-7 лет.

Еще одним свидетельством потепления климата служит отмеченная за последние 15 лет активизация термокарстовых процессов на поверхности каменных глетчеров - еще один признак деградации мерзлоты. Вытаивание подземных льдов каменных глетчеров приводит к изменению их поверхности: образованию крупных термокарстовых провалов и возникновению озер, которые служат дополнительными источниками формирования селевых потоков. Подобные процессы на фронтальных уступах каменных глетчеров уже неоднократно были причиной возникновения небольших селей объемом до нескольких сотен кубометров.

Солифлюкционные процессы. Наблюдения за динамикой солифлюкционных процессов ведутся в Северном Тянь-Шане на протяжении последних 15-18 лет. В результате этих исследований выявлены некоторые закономерности динамики для закрытой (задернованной) и открытой (структурной) солифлюкции в связи с общими тенденциями изменения геокриологических условий.

В Заилийском Алатау, в бассейне р. Узункаргалы, на высотах 2900-3000 м скорости солифлюкционного движения поверхностного слоя почвы на задернованных склонах в одних и тех же пунктах наблюдений за последние 8 лет (с 1985 по 1993 г.) оказались в среднем в 2 раза ниже (45 мм/год), чем в начальный период наблюдений с 1978 по 1984 г. (97 мм/год). Видимо, это является следствием увеличения скорости сезонного протаивания и снижения тексотропных свойств грунтов, что приводит к ухудшению их пластичности. Подобная тенденция наблюдается и для открытой солифлюкции. В бассейне р. Большой Алматинки на высоте 3480 м средняя скорость солифлюкционного смещения за период 1975-1978 гг. составила 9 мм/год, а в последующие годы снизилась до 4 мм/год.

Приведенные данные об изменениях геокриологических условий Северного Тянь-Шаня за последние 20-25 лет позволяют сделать предположение о том, что при сохранении тренда повышения температур воздуха в ближайшие 20-25 лет в Северном Тянь-Шане на

высотах 3000-3300 м. начнется массовая деградация многолетней криолитозоны с развитием таких опасных явлений, как термокараст, термоэрозия, криогенные оползни и сходы, гляциальные сели. Это обстоятельство необходимо учитывать при перспективном планировании хозяйственных мероприятий в высокогорье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау // Материалы гляциологических исследований. - 1993. - Вып. 76. - С. 90-94.
2. Волошина А.П., Головкова Р.Г., Макаревич К.Г. Летний баланс массы ледника Туоксу и его связь с метеорологическими показателями // Материалы гляциологических исследований. - 1992. - Вып. 75. - С. 122-134.
3. Горбунов А.П., Калмынкина Е.М. О повторяемости селей в Жарсае // Вестник МГУ. Сер. геогр. - 1975. - № 2. - С. 102-111.
4. Горбунов А.П., Немов А.Е. К исследованию температур рыхло-обломочных толщ высокогорного Тянь-Шаня // Криогенные явления высокогорий. - Новосибирск: Наука, 1978. - С. 92-99.
5. Щетинников А.С. Изменение размеров оледенения Памиро-Алая за 1957 - 1980 годы // Материалы гляциологических исследований. - 1993. - Вып. 76. - С. 77-83.

Международный центр геоэкологии
гор аридных районов МН-АН РК

КЛИМАТТЫҢ ЖАЛПЫ ЖЫЛУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ СОЛТҮСТІК ТЯНЬ - ШАНЬДА ГЕОКРИОЛОГИЯ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ

Геогр. ф. докторы А.П. Горбунов
С.С. Марченко
Ауыл-ш. ф. канд. Э.В. Северский
Геогр. ф. канд. С.Н. Титков

Кейінгі 20 - 25 жылда Солтүстік Тянь - Шаньның геокриологиялық жағдайлары туралы деректер келтірілді. Мұздану алаңының кішіреюі, гляциалдық селдердің күшеюі, мұзданған қабаттар температурасының жоғарылуы, тереңдікте мезгілдік ерудің ұлғаюы, со-лифлюкциондық процесстер динамикасының өзгеруі және тас глетчерлер қозғалысының өршіген жылдамдығы климаттың жылу тенденциясының индикаторы болып табылады.