

УДК 551.345 (574)

## О ПРОБЛЕМАХ КРИОЭКОЛОГИИ КАЗАХСТАНА

Доктор геогр. наук А.П. Горбунов

Канд. геогр. наук И.А. Горбунова

*Показано распространение криогенного процесса в Казахстане, дано описание зон вечной мерзлоты по различным градициям. Ориентировочно оценены запасы льда в альпийской криолитозоне. Отмечено, что антропогенные факторы и наблюдаемое глобальное потепление оказывают заметное воздействие на различные криогенные процессы. Это следует учитывать при рациональном освоении высокогорий.*

Обычно при рассмотрении экологических проблем упускаются из вида явления, связанные с промерзанием - оттаиванием почв и горных пород. В Казахстане мерзлотные (криогенные) процессы широко распространены и отличаются многообразием. В высокогорье Алтая, Саур - Тарбагатай, Джунгарского Алатау и Тянь - Шаня развита вечная (многолетняя) мерзлота. Глубокое сезонное промерзание почв свойственно Северному, Восточному и Центральному Казахстану и горным регионам. Кратковременное, обычно ночное, промерзание характерно для всей территории. Техногенные и естественные природные процессы заметно воздействуют на криогенез. Это воздействие осуществляется прямо и косвенно. Естественно, что криогенные процессы, их активность, изменение во времени и другие характеристики должны находиться в поле зрения проектировщиков, строителей, аграрников и других специалистов. В ряде случаев протаивание мерзлых пород приводит к катастрофическим последствиям - селявым потокам, оползням, деформации зданий и других сооружений. Увеличение глубины сезонного промерзания может вызвать разрушение подземных коммуникаций, а учащение циклов кратковре-

менного промерзания - оттаивания - активизацию разрушительных процессов твердого покрытия автомобильных дорог.

В последние годы термин "экология" получил очень широкое наполнение. К числу определений "геоэкология", "промышленная экология", "экологическая география" и многих других добавилась "криоэкология". Обычно криоэкологию связывают с воздействием человека на экологическую обстановку в областях вечной мерзлоты [ 4 ]. Видимо, правомочно расширить содержание этого термина и включить сюда области сезонного и кратковременного промерзания - протаивания почв и горных пород. На эти процессы достаточно заметное воздействие оказывает прямо или косвенно хозяйственная деятельность человека. Многолетнее и сезонное промерзание субстрата является причиной возникновения и развития многообразных криогенных форм рельефа. Кратковременное промерзание, обычно ночное, порождает различные микрообразования, существующие непродолжительное время.

Высотный пояс вечной мерзлоты в горах включает подпояса спорадического, островного, прерывистого и сплошного ее распространения. Сплошное распространение вечной мерзлоты характеризуется тем, что она встречается повсеместно, ее нет только вдоль активных тектонических разломов и местами под крупными ледниками. В Казахском Алтае сплошное распространение криолитозоны отмечается выше 2700 м абс., в Сауре - выше 3000 м абс., в Джунгарском Алатау - 3300 м абс., в Северном Тянь - Шане - 3500 - 3600 м абс. В пределах этих пространств на долю мерзлых пород приходится 80 - 90 % общей площади подпояса сплошного распространения криолитозоны. Мощность мерзлой толщи здесь обычно более 100 м, преобладают скальные породы, содержащие относительно небольшое количество льда, обычно 1 - 3 % объема вмещающей породы.

Подпояс прерывистого распространения вечной мерзлоты располагается ниже предыдущего. Здесь мерзлые породы отсутствуют под руслами крупных горных рек, на конусах выноса, под многими озерами и ледниками, на склонах южной, юго - западной и юго - восточной экспозиций. В пределах этого подпояса мерзлые породы занимают обычно около 50 % территории, мощность криолитозоны, как правило, составляет несколько десятков метров. Кроме скальных пород, в подпоясе широко распространены мерзлые рыхлообломоч-

ные толщи: морены, каменные глетчеры, коллювий, аллювий, озерные отложения. Соотношение мерзлых скальных и мерзлых рыхло-обломочных пород здесь, примерно, один к одному. В отличие от скальных, вторые обладают обычно высокой льдистостью, иногда она достигает 50 % и несколько более.

Подпояс прерывистого распространения вечной мерзлоты располагается в высотном интервале: на Алтае - 2700 - 2400 м абс., в Саур - Тарбагатае - 3000 - 2700 м, в Джунгарском Алатау - 3300 - 3000 м, в Тянь - Шане - 3600 - 3300 м.

Подпояс островного распространения вечной мерзлоты характеризуется тем, что мерзлые породы занимают меньшую площадь, нежели немерзлые: обычно на долю первых приходится около 20 %. В зависимости от характера рельефа преобладает или скальная, или рыхлообломочная криолитозона. Мощность вечномерзлой толщи обычно не более 20 - 25 м. Мерзлые породы большей частью приурочены к склонам северной экспозиции, к скоплениям грубообломочного материала (осыпям, каменным развалам), лишенного дисперсного заполнителя. На Алтае островное распространение криолитозоны типично для интервала абсолютных высот 2400 - 2000 м, Саур - Тарбагатая - 2700 - 2200 м, Джунгарского Алатау - 3000 - 2500 м, Северного Тянь - Шаня - 3300 - 2700 м.

Подпояс спорадического распространения вечномерзлых пород отличается прерывистостью: в пределах одних регионов он присутствует, в пределах других отсутствует. Все зависит от местных ландшафтных и фациальных особенностей. На Алтае вечная мерзлота обнаружена в каменных набросках курганов ("курганная мерзлота") даже на высотах 1100 м абс. [ 1 ]. Следовательно, здесь подпояс спорадической вечной мерзлоты располагается между 1100 м и 2000 м. В Тарбагатае этот подпояс не выражен, в Сауре он весьма проблематичен. В Джунгарском Алатау, в Заилийском и Кунгей Алатау вечномерзлые массивы приурочены к моховым ельникам, произрастающим на грубообломочных осыпях и развалах. Они прослеживаются здесь до высотного уровня около 1800 м. Отметим, что такие вечномерзлые массивы обычно по площади не больше нескольких десятков квадратных метров, а их мощность определяется 1-5 м. В пределах подпояса спорадической криолитозоны мерзлые породы занимают десятые доли процента его площади и менее. Особенно-

стью этого подпояса является то, что здесь многолетнее промерзание происходит при положительных средних годовых температурах воздуха. Мерзлое состояние пород неустойчиво: при незначительных повышении температуры воздуха оно исчезает, а при столь же небольших понижениях температуры вновь возникает. Вечная мерзлота в горах Казахстана распространена на территории, площадь которой оценивается 20 - 25 тыс. км<sup>2</sup>.

Пояс сезонномерзлых пород размещается ниже пояса вечной мерзлоты. Он простирается до подножья гор и переходит на равнинные пространства Казахстана. Следовательно, их ареал более чем в сто раз превышает по площади таковой вечномерзлых пород. Сезонное промерзание почв и горных пород, конечно, имеет место и в пределах пояса вечномерзлых пород. Но в мерзлотоведении (геокриологии) принято называть этот процесс сезонным протаиванием в тех местах, где находятся массивы вечной мерзлоты. Там же, где они отсутствуют в пределах этого же пояса (на южных склонах, конусах выноса, вдоль тектонических разломов и в других местах) этот процесс именуется сезонным промерзанием. В пределах пояса или области сезонного промерзания вечномерзлые породы отсутствуют.

Максимальные глубины сезонного промерзания присущи Северному и Центральному Казахстану, а также среднегорному ярусу Алтая, Саур - Тарбагатая, Джунгарскому Алатау и Северному Тянь-Шаню. В этих регионах на малоснежных и бесснежных участках сезонное промерзание проникает до глубины 3 м, а в песчаных или каменистых массивах в суровые зимы даже до 4 м. Строго говоря, здесь речь идет о глубине проникновения нулевой температуры, образование кристалликов льда и цементация ими частиц субстрата наблюдается до меньших глубин, так как замерзание отложений происходит, в зависимости от ряда причин, при температурах ниже 0 °С, иногда даже при минус 1 °С и более низких [3]. Обычно сезонное промерзание почв в северной половине Казахстана, севернее 48 ° с.ш., проникает на глубину 1,5 - 2,0 м, т.е. до этих глубин прослеживается цементация льдом частиц грунта.

В южной половине Казахстана глубина сезонного промерзания закономерно уменьшается от 1,0 - 1,5 м на севере до нескольких десятков сантиметров на юге. На крайнем юге сезонное промерзание имеет прерывистый характер; в сутки с низкими температурами воз-

духа почва промерзает на 10-20 см, а в оттепели, даже среди зимы, она частично или полностью оттаивает. Так может повторяться в холодное время года многократно. Подобная картина наблюдается и на южных склонах низкогорий Тянь-Шаня.

Следует отметить одну интересную особенность Центрального Казахстана. Здесь в котловинах мелкосопочника местами встречаются перелетки. Они представляют собою мерзлые слои, которые не успели протаять летом, иными словами, перелеток - остаток сезонно-мерзлой почвы, перелетовавший одно лето. В следующее лето он обычно исчезает. Перелетки свидетельствуют, что незначительное похолодание климата, всего на 1 - 2 °С, может вызвать многолетнее промерзание, положить начало формированию вечной мерзлоты. Перелетки в наши дни могут встречаться в районе Кайнара, Каркаралинска, Улутау, т.е. в Карагандинской и Восточно - Казахстанской областях [ 6 ].

Кратковременное промерзание - протаивание обычно выражается в том, что ночью поверхность почвы промерзает на глубину нескольких сантиметров, а днем она полностью оттаивает. Этот процесс происходит в Казахстане повсеместно, но в зависимости от географического положения местности он проявляется в разные времена года. Так, в северных областях республики этот процесс отличается активностью ранней осенью и поздней весной, на юге равнинного Казахстана - поздней осенью и ранней весной. В горах, например Тянь-Шане, кратковременное промерзание - протаивание почв наблюдается осенью и весной - в низкогорье, а в высокогорье - поздней весной, летом и ранней осенью. Особенно часты циклы кратковременного промерзания - протаивания поверхностного слоя почвы на южных склонах в пределах высокогорной зоны. Обычно на этих склонах отсутствует постоянный снежный покров, поэтому в солнечные дни, даже при отрицательных температурах воздуха зимой, возможно протаивание почвы на несколько сантиметров в глубину. Отмечены случаи, когда на абсолютных высотах около 3500 м зимнее протаивание на таких склонах достигало глубины 10 см. В течение года на участках возможно до 300 циклов промерзания - протаивания оголенной поверхности почвы или горной породы. Этот процесс определяет интенсивное морозное (криогенное) выветривание пород, разрушение каменных бетонных и кирпичных кладок различных инженерных

сооружений. Для лучшего понимания динамики криогенных и посткриогенных процессов необходимо сказать несколько слов о криогенном строении вечномерзлых пород и подземных льдах, содержащихся в криолитозоне. Криогенное строение вечномерзлых пород горных территорий характеризуется чрезвычайной пестротой: высокольдистые рыхлообломочные породы, различного генезиса льды (погребенные, сегрегационные, инъекционные, инфильтрационные и другие) на небольших расстояниях сменяются малольдистыми скальными породами, лед в которых образуют тонкие прожилки, приуроченные к трещинам различного происхождения или к зонам тектонического дробления. Местами монолитные скальные породы вообще лишены льда. Такие безльдистые породы, но имеющие постоянно отрицательные температуры, именуются морозными или сухой вечной мерзлотой.

Наиболее крупные подземные массивы представлены погребенными, инъекционными и сегрегационными льдами. Отдельные массивы нередко достигают десятков и даже сотен тысяч кубических метров. Сегрегационные льды представлены пропластками, мощность которых варьирует от долей миллиметра до первых десятков сантиметров. Таяние подземных льдов при деградации вечной мерзлоты в какой-то мере увеличивает водность горных рек, с одной стороны, а с другой - способствует усилению инфильтрационных характеристик, повышает их поглощающую способность.

Наименее изученной до сих пор остается субгляциальная криолитозона, то есть та, которая находится под ледниками. Принято считать, что ледники гор Казахстана являются "холодными". Это означает, что на их контакте со скальным или рыхлообломочным ложем температуры заметно ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

При таких условиях горные породы под ледяным покровом должны находиться в мерзлом состоянии. Однако недавно получено свидетельство, правда единичное, что под одним достаточно крупным ледником Внутреннего Тянь-Шаня породы оказались в немерзлом состоянии. Возможно, что в данном случае на тепловое состояние ледникового ложа оказал воздействие тектонический разлом, пересекающий ледниковую долину. Известно, что по активным тектоническим разломам внутриземные тепловые потоки бывают значительно плотнее, что препятствует многолетнему

промерзанию литосферы. Поэтому один только факт нахождения пород под ледником в немерзлом состоянии не дает нам достаточно-го основания для заключения о повсеместном отсутствии субгляциальной криолитозоны. Но даже и при подтверждении выявленного обстоятельства можно быть уверенным, что такое отсутствие субгляциальной криолитозоны имеет сугубо локальное распространение, оно присуще отдельным участкам крупных ледников.

Криолитозона гор Казахстана содержит значительные запасы подземных льдов. Основная их часть находится в рыхлообломочных породах - ледниковых моренах, каменных глетчерах, осыпях, курумах, склоновых и озерных отложениях; меньшая - в скальных породах. В настоящее время из - за скудности фактического материала можно дать весьма ориентировочную оценку запаса льдов в альпийской криолитозоне Казахстана. Общий их объем в Казахстанском Алтае, Саур - Тарбагатае, Джунгарском Алатау и Тянь - Шане составляет не менее 30 км<sup>3</sup>, что примерно на 50-60 % меньше объема всех горных ледников республики. Например, общий объем ледников казахстанской части Джунгарского Алатау оценивается 39 км<sup>3</sup> [ 3 ], а объем подземных льдов этого же региона, по нашим подсчетам, составляет 19 км<sup>3</sup> в том случае, если криолитозона присутствует под всеми ледниками. Если же ее нет под некоторыми крупными глетчерами, то приведенную оценку объема следует уменьшить по крайней мере до 18 км<sup>3</sup>.

Наблюдаемое ныне глобальное потепление оказывает заметное воздействие на мерзлые породы и на различные криогенные процессы. Антропогенный фактор по мере расширения и интенсификации хозяйственной деятельности людей имеет тенденцию ко все большему воздействию на геокриологические условия, особенно это касается горных регионов Казахстана. К сожалению, в настоящее время данные об изменении глубин сезонного промерзания почв на равнинах Казахстана по ряду причин не могут быть использованы для иллюстрации влияния глобального потепления на криогенные процессы. В отношении горных территорий дело обстоит лучше [ 12 ]. Проведенные наблюдения за тепловым состоянием криолитозоны в Заилийском Алатау свидетельствуют, что на абсолютных высотах 3500 - 3400 м за последние два десятилетия температура криолитозоны в среднем повысилась на 0,2 °С. Отмечается исчезновение небольших массивов

криолитозоны в подпоясах спорадического и островного ее распространения, местами происходит увеличение глубины сезонного протаивания грунтов на несколько десятков сантиметров. Если такими темпами будет идти потепление в горах, то граница пояса вечной мерзлоты и границы его подпоясов в ближайшие 20 - 30 лет переместятся вверх на 100-200 м.

Увеличение глубины сезонного протаивания на льдистых моренах голоцена и в озерных отложениях приведет к активизации термокарстовых процессов, т.е. к вытаиванию подземных льдов, образованию, расширению и углублению просадок, в которых возникнут новые моренные озера или разрастутся старые. Все это будет способствовать формированию селеопасной обстановки, т.к. увеличится опасность прорыва озер [ 5 ]. Термокарстовые просадки могут возникнуть на дорогах, проложенных по льдистым грунтам. Именно такая просадка в 1995 - 1996 гг. появилась на автомобильной дороге на перевале Жусалыкезен (Заилийский Алатау), где наблюдается увеличение глубины сезонного протаивания. Эта же причина может привести к формированию криогенных оползней, которые способны трансформироваться в селевые потоки или разрушить различные сооружения. Все это необходимо учитывать при проведении изыскательских и проектных работ в ближайшие десятилетия.

Однако в последние 2 - 3 года наметился некоторый перелом в сторону увеличения глубины сезонного промерзания в Заилийском Алатау, даже стали возрождаться мерзлые перелетки. Подобное явление отмечается и в Альпах.

Деградация вечной мерзлоты в горах существенно повлияет на каменные глетчеры. Последние представляют собой скопления грубообломочного материала (глыбы, валуны, щебень), сцементированного льдом. Конфигурация каменного глетчера напоминает таковую горного ледника. Каменные глетчеры нередко достигают в длину многих сотен метров, а самые крупные - до 2-3 км. Ширина их измеряется десятками и первыми сотнями метров. Толщина ледокаменной массы каменного глетчера обычно 20-30 м. Он способен медленно двигаться по уклону долины или склона. Как правило, скорость этого движения составляет несколько десятков сантиметров в год. Но иногда она возрастает до 10-15 м/год. Не исключено, что при повышении температуры мерзлого ядра каменного глетчера скорость



его увеличится, что может вызвать ряд отрицательных последствий - перекрытие горных рек, образование временных озер, последующий их прорыв, формирование селевых потоков, перекрытие дорог, разрушение различных инженерных сооружений [ 10 ].

К числу динамических криогенных систем горных территорий следует отнести и солифлюкционные процессы. Солифлюкция - это медленное течение отложений на склонах, крутизна которых обычно варьирует в пределах 5-25°. Солифлюкционному движению подвержен слой сезонного промерзания или протаивания, мощность которого, как правило, составляет 1,5 - 2,0 м. В отличие от каменных глетчеров и термокарстовых просадок, солифлюкция может проявляться и в местах распространения вечной мерзлоты, и там, где она отсутствует, но наблюдается глубокое сезонное промерзание (обычно более 2 м) и медленное оттаивание почвы в теплое время года [ 5 ].

Скорость солифлюкционного движения на склонах обычно составляет 1 - 2 см/год. В горах нижняя граница солифлюкционных явлений примерно совпадает с верхней границей лесного пояса, а верхняя - с переходом дисперсных склоновых отложений в грубообломочные осыпи и скальные массивы. В некоторых случаях солифлюкция проникает в верхнюю часть лесного пояса, спускаясь примерно на 200 - 300 м ниже верхней границы леса. Следствием солифлюкции является комплекс специфических форм рельефа: террасы, "языки", фестоны, грунтовые потоки. Естественно, при строительстве линейных коммуникаций, прокладке дорог и возведении других инженерных сооружений следует избегать солифлюкционных склонов.

Солифлюкционные процессы по-разному реагируют на изменения климата. На склонах с вечной мерзлотой, где при потеплении происходит увеличение глубины сезонного протаивания, имеет место активизация солифлюкции в случае увеличения влажности почвы или ее снижение при уменьшении влажности. В местах, где вечная мерзлота отсутствует, при увеличении глубины сезонного промерзания, то есть при похолодании, при прочих равных условиях солифлюкция активизируется, а при потеплении она ослабевает.

Среди других криогенных образований заметное место занимают наледи. Эти ледяные покровы в основном приурочены к днищам долин и склонам высокогорий. Но небольшие их разновидности встречаются в среднегорье и на равнинах Центрального и Юго-

Восточного Казахстана. Крупные наледы достигают многих десятков и сотен тысяч квадратных метров. Во Внутреннем Тянь-Шане и на Восточном Памире, то есть за пределами Казахстана, они иногда достигают нескольких квадратных километров. Толщина многослойного льда крупной наледи обычно составляет 1-2 м, но в некоторых случаях достигает 4-5 м. Горным наледям посвящен ряд публикаций [2, 7], о равнинных наледях Казахстана сведения чрезвычайно скудны и публикации отсутствуют. В районах с суровым климатом, например в Якутии, потепление климата способствует активизации наледных процессов [4]. В высокогорьях Казахстана отмечается обратная картина, похолодание способствует развитию наледей.

Наледи могут рассматриваться двояко. Обычно о них говорят как об отрицательном факторе, так как они в зимнее время часто делают дороги непроходимыми. С другой стороны, наледы могут быть использованы в качестве посадочных площадок для вертолетов и небольших самолетов типа АН-2, для проезда автотранспорта по бездорожью. Возможно создание искусственных наледей, которые способны в какой-то степени регулировать сток горных рек, наледы можно использовать в качестве источников обводнения пастбищ и посевных площадей в аридных горных и равнинных районах. Есть данные, что наледы иногда могут быть использованы в качестве индикаторов активности очагов землетрясений.

Из других криогенных форм рельефа отметим различные образования, связанные с морозным пучением - мелкобугристые комплексы, иначе называемые туфурами, одиночные бугры с ледяными ядрами высотой до 1,0 - 1,5 м и в поперечнике до нескольких метров (гидролакколиты), или торфяные бугры (пальсы) с мерзлым ядром, по своим размерам сходные с предыдущими. Туфуры отличаются наиболее широким распространением, они встречаются в высокогорье и среднегорье, на равнинах Казахстана, то есть и в пределах области вечной мерзлоты, и за ее пределами, где наблюдается только глубокое сезонное промерзание. Гидролакколиты и пальсы формируются только там, где присутствует вечная мерзлота, другими словами, в высокогорье. Криогенные процессы порождают различные полигональные образования - луговые многоугольники, очерченные морозобойными трещинами. Характерны они для альпийских лугов, их обычный поперечник 1 - 2 м, но иногда он достигает 8 - 10 м. На

оголенных участках, по берегам озер и в их поймах, на ледниковых моренах формируются полигоны, представляющие собой мелкоземистые ячеи, обрамленные каменным материалом (щебень, глыбы, валуны, дресва). Размеры отсортированных многоугольников колеблются от 10 - 20 см до нескольких метров. Эти формы возникают за счет морозной сортировки частиц грунта.

Формы пучения, морозобойного трещинообразования и морозной сортировки во многих случаях служат индикаторами геокриологических условий - глубин и режима сезонного и кратковременного промерзания почв. Например, морозобойные трещины свидетельствуют о малоснежности территории и о скорости сезонного промерзания, мелкие отсортированные полигоны - с высокой частотой циклонов кратковременного промерзания - протаивания.

Естественно, что термокарстовые процессы, каменные глетчеры, солифлюкция и наледи в периоды повышения температур воздуха и криолитозоны должны находиться в сфере повышенного внимания изыскателей и проектировщиков. Протаивание вечномерзлых пород необходимо учитывать при проектировании и строительстве зданий и других сооружений в высокогорных районах. Нужно иметь в виду, что постройка, возведенная на мерзлом основании, подвергнется разрушению при исчезновении этого основания и даже при незначительном повышении температур мерзлых грунтов. На криолитозону, ее состояние и развитие заметное влияние оказывает и хозяйственная деятельность людей. Она воздействует и на многие криогенные процессы, что также следует учитывать при рациональном освоении высокогорий.

Так, вырубка горных лесов и арчевников способствует потеплению почвы: исчезают массивы вечной мерзлоты, перелетки, уменьшается глубина сезонного промерзания. Техногенное накопление грубообломочных материалов (глыб, щебня, валунов) при строительстве гидротехнических сооружений, дорожных и горнорудных работах (плотины, отвалы и т. п.) способно привести к значительному охлаждению субстрата, иногда к многолетнему его промерзанию в условиях положительных температур воздуха, даже при 2 - 3 °С. Это обстоятельство, в свою очередь, способно преобразовать отвал в техногенный каменный глетчер и вызвать его поступательное движение. Возможны и криогенные деформации плотин и дорожного полотна.

Удаление с поверхности грубообломочного покрова или его кольматаж может, наоборот, привести к протаиванию мерзлой толщи даже без сколько-нибудь существенного повышения средних годовых температур воздуха.

Свойство грубообломочных масс, не имеющих заполнителя, подвергаться многолетнему промерзанию при упомянутых выше температурах воздуха может быть использовано для сооружения естественных холодильников, которые не нуждаются в электроэнергии [ 8 ].

Подрезка дорогами или каналами солифлюкционными склонов может привести к активизации солифлюкционных процессов, что способно вывести из строя дорогу или увеличить затраты на ее постоянный ремонт. А в тех случаях, когда врезы в склон достигают или приближаются к уровню грунтовых вод, возможно образование наледей там, где ранее они не наблюдались. Удаление почвенно - растительного покрова способно увеличить глубину сезонного промерзания - протаивания грунтов. Это обстоятельство также необходимо принимать во внимание при строительстве и рациональном освоении территорий.

Существенно влияние хозяйственной деятельности человека на криогенные процессы, которые имеют место на пастбищах и пахотных землях. Так, при обводнении пастбищ в предзимний период в малоснежных равнинных районах вероятно развитие морозобойного трещинообразования, интенсивного морозного пучения, что ведет к нарушению целостности дернины - разрывам, взбугриванию поверхности и другим нежелательным последствиям, пагубно влияющим на почвенно - растительный покров. Возможно даже подтягивание к фронту промерзания различных солей и засоление отдельных участков пастбищ. Глубина и режим сезонного промерзания различных по механическому составу почв оказывают существенное влияние на их структуру. Исследование этого процесса позволяет находить оптимальные условия обработки почв и повышение их плодородия [ 14 ]. Многократное кратковременное промерзание - протаивание поверхностного слоя пашни способствует ее морозному высыханию, что облегчает дефляцию почвы. Частые циклы кратковременного промерзания - протаивания способствуют разрушению полотна шоссейных дорог. Исследование почв на равнинах Северного и Центрального Казахстана позволило выявить влияние древних криогенных дефор-

мации ( поздние - и среднеплейстоценовых ) на современное почвообразование. Особенно заметно воздействуют на химизм почв криогенные микродиапиры и клиновидные структуры различных видов [ 11 ]. Это обстоятельство необходимо учитывать при освоении и эксплуатации земельных угодий в упомянутых регионах республики. На высокогорных пастбищах неумеренный выпас скота приводит к изменению температурных условий непосредственно у поверхности альпийского луга, меняется так называемый "климат травы". Изреженный травянистый покров слабо защищает поверхность почвы от ночных заморозков, поэтому образование стебелькового льда становится здесь обычным [ 9 ]. Игольчатые кристаллы этого льда разрыхляют почву, что способствует разрушению дернового покрова, а это сокращает площадь продуктивных луговых пастбищ. Известный немецкий ученый К. Тролль предложил этот процесс именовать "turf exfoliation" [ 15 ], что в смысловом переводе на русский звучит примерно как "отслаивание дернины".

Заканчивая наш обзор по криоэкологии Казахстана, отметим, что до сих пор остается наименее изученным влияние сезонного и кратковременного промерзания почв на сельскохозяйственные угодья в различных макро - и микроклиматических обстановках, что может стать задачей дальнейших научных исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов И.Я. Мерзлота в скифских могилах урочища Пазарык в Горном Алтае // Известия Всесоюзного географического общества. - 1953. - № 3. - С. 269-278.
2. Бондарев Л.Г., Горбунов А.П. Наледи Тянь - Шаня // Наледи Сибири. - М.: Наука. - 1969. - С. 78 - 86.
3. Вилесов Е.Н., Белова И.В. Запасы льда и основные черты современного оледенения Тянь - Шаня // Геокриологические исследования в горах СССР. - Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР. - 1989. - С. 117 - 130.
4. Гаврилова М.К. Антропогенные изменения климата и криоэкология // Закономерности развития и дифференциации мерзлотных ландшафтов. - Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1993. - С. 3 - 12.

5. Горбунов А.П. Мерзлотные явления Тянь - Шаня. - М.: Гидрометеониздат, Моск. отд-ние, 1970. - 265 с.
6. Горбунов А.П. Перелетки Казахского мелкосопочника // Геокриологические исследования в горах СССР. - Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1989. - С. 40 - 48.
7. Горбунов А.П., Ермолин Е.Д. Рельефообразующая роль наледей Тянь - Шаня и Памира // Наледи Сибири и Дальнего Востока. - Новосибирск: Наука. - 1981. - С. 160 - 166.
8. Горбунов А.П., Северский Э.В. Криогенез крупнообломочных отложений Заилийского Алатау // Природные ресурсы Или - Балхашского региона. - Алма - Ата: Наука. - 1990. - С. 134 - 140.
9. Горбунов А.П., Ермолин Е. Д., Северский Э.В. К изучению стелькового льда // Снежно - ледовые ресурсы и гидроклиматический режим горных районов Казахстана. - Алма - Ата: Гылым, 1992. - С. 101 - 118.
10. Горбунов А.П., Титков С.Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. - Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1989. - 164 с.
11. Горбунова И.А. Криогенез почв степной зоны Казахстана // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. - М. - 1985. - 20 с.
12. Северский И.В., Северский Э.В. Снежный покров и сезонное промерзание грунтов Северного Тянь - Шаня. - Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1990. - 181 с.
13. Научно - прикладной справочник по климату СССР. Вып. 18. Кн. 2. Казахская ССР. - Л.: Гидрометеониздат, 1966. - 656 с.
14. Czeratzki W. Die Bedeutung des Bodenfrostes für den Ackerbau und Speziell für Boden bearbeitung. // Landbauforsch. Volkenrode. - 1971. - Vol. 21. - S. 1 - 12.
15. Troll C. Rasenabschalung ( Turf Exfoliation ) als periglaziales Phänomen der Subpolaren Zonen und der Hochgebirge // Z. Geomorph., N. F., Suppl. Bd. 17. - 1973. - S. 1 - 32.

Международный центр геоэкологии гор аридных районов МН - АН РК

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

## ҚАЗАҚСТАННЫҢ КРИОЭКОЛОГИЯ ПРОБЛЕМАСЫ ЖӨНІНДЕ

Геогр. г. докторы

А.П. Горбунов

Геогр. г. канд.

И.А. Горбунова

Қазақстандағы криогендік үрдістің таралуы көрсетілген, әртүрлі сипаттағы мәңгілік тонға сипаттама беріліп, жалпы бағдар ретінде альпі криотоң аймағына баға берілген. Антропогендік факторлар және күрт жылынудың әсері әртүрлі криогендік үрдістерге айтарлықтай ықпал етуде. Биік тауларды тиімді игеру барысында мұны ескеру қажет.