

ПАЛЕОГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.345

ПАЛЕОГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НА РАВНИНАХ И В ГОРАХ КАЗАХСТАНА

А. П. Горбунов, С. С. Марченко, Э. В. Северский, С. Н. Титков

*Институт мерзлотоведения СО РАН им. П. И. Мельникова, Казахская высокогорная
геокриологическая лаборатория, 480000, Алматы, а/я 138, Казахстан*

Прямые и косвенные факты (древние криогенные структуры, реликтовые мерзлые массивы различного возраста, моренные отложения, древние каменные глетчеры и эволюция современных, палинологические и палеоклиматические материалы) свидетельствуют о значительном изменении геокриологических условий на равнинах и в горах Казахстана в течение плейстоцена и голоцена.

Наличие следов плиоценового горного оледенения на Тянь-Шане позволяет высказать предположение о появлении первых массивов многолетнемерзлых пород вблизи ледников еще в плиоцене.

В среднем и позднем плейстоцене область вечной мерзлоты охватила большую часть равнинного Казахстана. В эпохи максимального похолодания южная граница этой области смещалась до 44 с. ш., возможно, и до 43° с. ш. Одновременно происходило снижение границы пояса вечной мерзлоты в горах на 1200—1500 м по сравнению с современным ее положением. Это приводило к слиянию на предгорных равнинах Казахстанского Алтая, Саур-Тарбагатая и Джунгарского Алатау альпийской криолитозоны с равнинной областью вечной мерзлоты. Не исключено, что такая же картина наблюдалась и в предгорьях Северного и Западного Тянь-Шаня.

Присутствуют прямые и косвенные свидетельства о заметных изменениях геокриологических условий и в течение голоцена. Так, положение концов неактивных каменных глетчеров голоценового возраста Северного Тянь-Шаня свидетельствует о снижении многолетней мерзлоты в раннем голоцене на 400—500 м, что соответствует понижению средних годовых температур воздуха на 2,5—3 °С по сравнению с современными. В Малом ледниковом периоде высотная граница распространения альпийской криолитозоны на Тянь-Шане смещалась вниз на 150—200 м, а в Центральном Казахстане в это время происходило формирование небольших массивов вечной мерзлоты в межсочных котловинах Казахской складчатой страны, где и в наши дни в отдельные годы образуются перелетки мерзлых почв.

Плиоцен, плейстоцен, голоцен, альпийская криолитозона, древние криогенные структуры, геокриологические условия

PALEOGEOCRYOLOGICAL RESEARCH ON PLAINS AND IN MOUNTAINS OF KAZAKHSTAN

A. P. Gorbunov, S. S. Marchenko, E. V. Seversky, S. N. Titkov

Permafrost Institute, SB of the RAS, Kazakhstan Alpine Laboratory, 480000, Almaty, Box 138, Kazakhstan

The direct and indirect facts (fossil cryogenic structures, relics of permafrost of various ages, morainic deposits, ancient rock glaciers and the evolution of modern ones as well as palinologic and paleoclimatic data) are the evidence of significant changes of geocryological conditions on plains and in mountains of Kazakhstan.

The presence of traces of the Pliocene mountain glaciation in the Tien Shan suggests that first massifs of permafrost near glaciers appeared as early as in the Pliocene. In the Middle and Late Pleistocene the permafrost area involved considerable part of plains of Kazakhstan. In the epoch of maximum cooling, the southern boundary of this area was displaced up to 44 °N and, probably, 43 °N. At the same time, the lower limit of permafrost belt in mountains decreased by 1200—1500 m in comparison with its modern position. It resulted in merging of alpine and plain permafrost in piedmonts of the Altai of Kazakhstan, Saur-Tarbagatai, and Dzhungar Alatau. Quite possible that the same process took place in piedmonts of the Northern and Western Tien Shan also.

There exist direct and indirect signs of considerable changes of geocryological conditions in the Holocene. Thus, the position of inactive rock glaciers of Holocene age in the Northern Tien Shan is the evidence of the depression of permafrost limit in the Early Holocene by 400—500 m. It means that the mean annual air temperatures were lower by 2.5—3 °C in comparison with modern ones. During the Little Ice Age, the lower limit of alpine permafrost in the Tien Shan displaced downwards by 150—200 m. At the same time, in intermountain depressions of Central Kazakhstan small massifs of permafrost formed nowadays, in separate years perelotoks of frozen grounds appear as well.

Pliocene, Pleistocene, Holocene, alpine permafrost area, ancient cryogenic structures, geocryological condition

ВВЕДЕНИЕ

В позднем кайнозое геокриологические условия на равнинах, в горах Казахстана и прилегающих регионах Средней Азии менялись многократно. В настоящее время, как известно, многолетнемерзлые породы распространены только в высоких горах рассматриваемой территории — на Алтае, в Саур-Тарбагатае, в Джунгарском Алатау, на Тянь-Шане и на Памиро-Алае. Перелетки, кроме горных территорий, в отдельные годы обнаруживались в северных и центральных районах Казахстана [Горбунов, 1989]. Однако в холодные эпохи плейстоцена и голоцена многолетнее промерзание распространялось на низкогорья, предгорья юга и востока республики и обширные пространства низменностей, возвышенных равнин и мелкогогорий Северного, Центрального и частично Западного Казахстана.

Свидетельства былой криолитозоны многочисленны. Выделим две основные группы: прямые и косвенные. К первым относятся: псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам, древние каменные глетчеры, термокарстовые просадки, некоторые разновидности изначально-грунтовых клиньев, криотурбаций, инволюций и, конечно, сохранившиеся массивы многолетнемерзлых толщ. Во вторую группу входят палинологические и другие палеогеографические материалы, позволяющие оценить древние климаты и на этой основе — палеогеокриологические условия. Среди них особенно важны сведения о характере древнего оледенения в горах региона.

Следует иметь в виду, что в условиях внутриконтинентального местоположения гор Казахстана и Средней Азии многолетнее промерзание предшествует оледенению и первое распространяется гипсометрически не менее чем на 500 м ниже концов ледников. Поэтому следы древнего оледенения в рассматриваемом регионе надежно свидетельствуют о былой альпийской криолитозоне.

Четвертичный период Казахстана в последние годы принято делить на три эпохи — эоплейстоцен, плейстоцен и голоцен. Весь период охватывает 1,65 млн лет [Аубекеров, 1992].

ЭОПЛЕЙСТОЦЕН

Он соответствует по объему апшерону Прикаспия. В горах и межгорных котловинах юго-востока Казахстана отложения эоплейстоцена представлены хоргоским горизонтом [Аубекеров, 1992]. Продолжительность эоплейстоцена около 0,9 млн лет.

В эоплейстоцене отмечены следы древнего оледенения на Тянь-Шане, Памире и Алтае [Лазуков, 1989]. Ранее их было принято относить к позднему плиоцену.

В Северном Тянь-Шане эоплейстоценовые гляциальные отложения ныне находятся на абсолютных высотах около 2500 м. Принимая во внимание новейшие поднятия горной системы, можно предположить, что ледники в эту эпоху спускались, по крайней мере, до гипсометрического уровня в 2000 м (устное сообщение Б.Ж. Аубекерова). Следовательно, многолетнее промерзание происходило в низкогорном ярусе и простиралось примерно до 1500 м абсолютной палеовысоты. В Джунгарском Алатау эта граница смещалась, видимо, до 1300 м, хотя здесь эоплейстоценовые моренные толщи пока не обнаружены.

В отношении криолитозоны равнинных пространств северной половины Казахстана в эоплейстоцене вопрос остается открытым: каких-либо прямых свидетельств этого события или событий пока не обнаружено. Но на основе упомянутых выше материалов по эоплейстоценовому оледенению Тянь-Шаня можно предположить, что одновременно с разрастанием ледников в горах шел процесс многолетнего промерзания на севере, востоке и в центральных регионах Казахстана. Возможно, что в то время развивалась только островная криолитозона, а поэтому она не сопровождалась формированием полигонально-жильных льдов — надежных индикаторов низкотемпературной вечной мерзлоты.

РАННИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН

Охватывает промежуток времени около 0,4 млн лет. Новейшие данные свидетельствуют о двух оледенениях в Северном Тянь-Шане, отмечены моренные толщи этого же возраста в Джунгарском Алатау, на Алтае и на Памире [Аубекеров, 1992].

В Заилийском Алатау, по данным Б.Ж. Аубекерова (устное сообщение) древние ледники раннего плейстоцена спускались до палеовысоты 1500 м. Следовательно, высотная граница пояса вечной мерзлоты проходила по подножью хребта, т. е. на уровне 1000 м. В Джунгарском Алатау криолитозона выходила на предгорную равнину, а на Алтае она на предгорных равнинах сливалась с криолитозоной равнин Западной Сибири. Так, некоторые исследователи предполагают, что в это время южная граница криолитозоны Западно-Сибирской низменности смещалась к 54 °с.ш. [Каплянская, Терноградский, 1972]. К этому можно добавить, что в Казахском мелкосопочнике из-за возвышенного его положения граница криолитозоны могла смещаться еще на три—четыре градуса к югу. Криолитозона низменностей Северного Казахстана, возвышенных равнин Сарыарки и предгорных пространств Алтая имела островной характер распространения. Поэтому здесь не формировались полигонально-жильные льды, следовательно, отсутствуют и их псевдоморфозы. Детальные исследования ниж-

неплейстоценовых отложений на предмет присутствия остаточных криогенных текстур и других криоиндикаторов могли бы пролить свет на эту проблему.

СРЕДНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН

Он охватывает период около 0,25 млн лет. Для отложений этой эпохи характерно широкое распространение гляциальных комплексов и надежных свидетельств многолетнего промерзания осадочных толщ.

В горах Средней Азии и Казахстана в последнее время выделяется два среднеплейстоценовых оледенения [Аубекеров, 1992].

В Северном Тянь-Шане в это время ледники спускались, по крайней мере до 1700 м [Костенко, 1978], что примерно соответствует палеовысоте в 1500 м. Следовательно, граница пояса вечной мерзлоты здесь в среднем плейстоцене находилась на палеовысотах около 800—1000 м. Необходимо подчеркнуть, что в течение четвертичного периода происходило возрастание континентальности климата, что вело к увеличению разности высот между снеговой линией и границей пояса вечной мерзлоты. Ныне эта разность составляет 700—800 м, а в среднем плейстоцене была несколько меньше.

Относительно криолитозоны на равнинных пространствах Казахстана в среднем плейстоцене можно говорить достаточно уверенно. Эта уверенность основана на материалах полевых исследований Б.Ж. Аубекерова [1974; 1990; 1992]. Им были обстоятельно изучены псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам, встреченные по левобережью Павлодарского Прииртышья, в Казахском мелкосопочнике, в бассейнах рек Иргиза и Эмбы. В этих отложениях отмечено два криогенных горизонта, которые Аубекеров сопоставляет с двумя ледниковыми эпохами Западной Сибири в среднем плейстоцене. Древние полигоны в поперечнике обычно составляют 8—10 м, а наиболее крупные достигают 22 и даже 40 м [Аубекеров, Чельхьян, 1974]. Максимальная высота грунтовых клиньев псевдоморфоз бывает 5—7 м, но чаще она 2—3 м. Самые южные по своему положению псевдоморфозы обнаружены под 48° 20' с.ш. [Аубекеров, 1990]. Это, конечно, не исключает возможность находок таковых и на более низких широтах. Но даже если обнаруженные структуры действительно занимают самое южное положение, свидетельствующие о том, что сплошная криолитозона простиралась в Казахстане до 48° с.ш., есть основания для предположения о распространении островной криолитозоны в среднем плейстоцене до предгорий Тянь-Шаня.

ПОЗДНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕН

Охватывает отрезок времени около 0,12 млн лет. Эта эпоха во многом сходна с

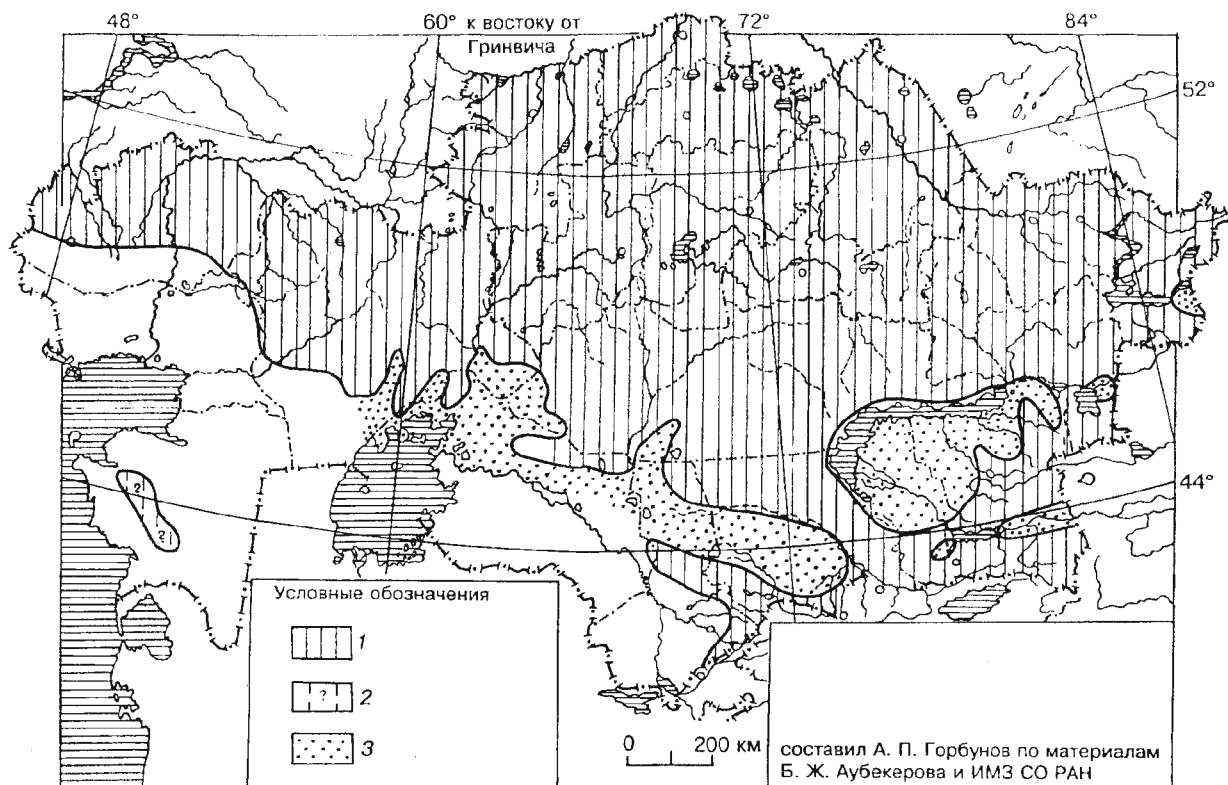
предыдущей. Также предполагается два оледенения в Тянь-Шане и на Памире [Аубекеров, 1992]. В Северном Тянь-Шане ледники спускались до 2000 м палеовысоты [Костенко, 1978]. С учетом возросшей к позднему плейстоцену континентальности климата, можно предположить, что альпийская вечная мерзлота распространялась вниз до гипсометрического уровня того времени 900—1000 м, т. е. до подножья гор. Это обстоятельство в какой-то мере подтверждает остаточные криогенные текстуры, обнаруженные нами в лёссах предгорий Заилийского Алатау на высотах около 1000 м над уровнем моря. Криотурбации, найденные в Прииссыкулье на абсолютных высотах 1650 м, свидетельствуют о многолетнем промерзании озерно-аллювиальных отложений.

Особого внимания заслуживает находка мерзлых толщ во Внутреннем Тянь-Шане, в Аксайской котловине, на абсолютной высоте 3160 м. Здесь буровая скважина вскрыла на глубине 234 м мерзлый массив глинистых отложений. Предположительно реликтовая криолитозона в этом месте находится в диапазоне глубин 190—250 м. Возможно, что эта мерзлая толща сформировалась при первом позднеплейстоценовом оледенении. Но не исключен и ее среднеплейстоценовый возраст.

Позднеплейстоценовые псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам отмечены Б.Ж. Аубекеровым [1990] в бассейнах рек Нуры, Сарысу и Иргиза, а также в Северном Прибалхашье. В последнем районе они обнаружены под 47° с. ш. Отмечается, что обычно полигональные структуры позднего плейстоцена в поперечнике меньше, чем среднеплейстоценовые [Аубекеров, 1990]. Однако нам встречались полигоны размерами до 70 м в урочище Бозкаска, на Тургайском плато, под 51° 15' с.ш. Правда, их возраст точно не определен, не исключено, что они могут быть отнесены и к среднему плейстоцену.

Находки псевдоморфоз в Казахском мелкосопочнике, на высотах около 350 м над уровнем моря дают основание для определения границы сплошного распространения позднеплейстоценовой криолитозоны. Она в те времена проходила здесь примерно вдоль 47° с.ш., а островная простиралась до предгорий Северного Тянь-Шаня, где сливалась с альпийской криолитозонной (рисунк).

Кроме древних криогенных образований в самом Казахстане, на столь значительное продвижение криолитозоны на юг рассматриваемого пространства указывают и косвенные материалы. Так, по расчетам В.Т. Балобаева [1991], в позднем плейстоцене, 18 тыс. лет назад, средняя годовая температура воздуха на уровне моря под 54° с. ш. в Западной Сибири была около -8° С.



Распространение криолитозоны в Казахстане в позднем плейстоцене.

1 — область распространения многолетнемерзлых пород; 2 — регион с предполагаемой редкоостровной криолитозоной; 3 — песчаные пустыни.

Следовательно, под 53° с.ш. она была порядка -7°C , а на этой же широте, но на высотном уровне 500 м в Казахском мелкосопочнике эта температура определялась -10°C . Экстраполируя палеотемпературную кривую В.Т. Балобаева далее на юг Казахстана, получим для предгорий Северного Тянь-Шаня на абсолютных высотах около 1000 м среднюю годовую температуру воздуха -3°C . Такие условия вполне достаточны для формирования островной криолитозоны у подножья северных хребтов Тянь-Шаня. Следовательно, два различных подхода определения геокриологических обстановок на юге Казахстана в позднем плейстоцене дают примерно одинаковые результаты.

ГОЛОЦЕН

В отношении изменения климата и связанных с этим природных процессов в голоцене существуют различные, часто противоречивые мнения.

В одной из последних сводок по изменчивости ледниковых обстановок в течение голоцена в наиболее изученных горных регионах

мира [Соломина, 1992] подчеркнуто, что на протяжении последних 10 тыс. лет имело место неоднократное наступание и отступление ледников. В Альпах, которые наиболее детально исследованы, отмечен десяток таких наступаний. В других горах существенно меньше, но это в большей мере определяется их худшей изученностью. В Тянь-Шане отмечены наступания ледников 8,5, ранее 6, около 2,5 и 0,5 тыс. лет назад. Есть и другие определения. Число трансгрессий ледников и их датировки, несомненно, требуют дальнейших уточнений. Одно ясно определено: малый ледниковый период происходил более или менее синхронно во всех горных системах мира. Масштабы всех голоценовых подвижек ледников, видимо, были близки к таковым малого ледникового периода [Соломина, 1992].

Развитие ледников зависит от двух главных факторов — температур и увлажненности. Поэтому не всегда можно уверенно объяснить наступание ледников только похолоданием. В этом отношении наиболее надежными являются древние криогенные образования (полигональные морозобойные системы, каменные глетчеры, солифлюкционные структуры и, конечно, сохранив-

шие массивы мерзлых толщ — голоценовые реликты). Изучение и определение возраста их зарождения позволяет более уверенно говорить о холодных этапах голоцена в горах Тянь-Шаня и на равнинах Казахстана. Так, древние полигональные системы с изначальными-грунтовыми клиньями урочища Асы и района перевала Озерный в Заилийском Алатау указывают на более суровые зимы, чем нынешние, около 8 тыс. лет назад. Не исключено, что здесь, на высотах около 2800 м, в это время происходило и многолетнее промерзание. Массивы мерзлого коллювия в долине реки Иссык (Заилийский Алатау) сформировались или в малом ледниковом периоде, или около 1500—2000 лет тому назад. Реликтовую голоценовую криолитозону на высотах 2200—2500 м находим в долинах Большой Алматинки и Чемолгана в том же Заилийском Алатау.

Все это позволяет констатировать, что в холодные эпохи голоцена средние годовые температуры воздуха снижались, по крайней мере, на 2—3 °С. Примерно о таком же похолодании в Малый ледниковый период свидетельствует находка мерзлых глинистых пород на глубине 7—8 м у подножья гор Дегелен на высотах около 540 м над уровнем моря, в Семипалатинской области под 49°50' с. ш. и 78°00' в. д. (устное сообщение гидрогеолога Г.В. Долгих).

Еще одним свидетельством голоценовых похолоданий может служить соотношение нижних пределов распространения активных и неактивных каменных глетчеров. Последние являются голоценовыми образованиями и активность свою утратили в результате вытаявания ледяных включений, что является следствием либо потепления климата, либо достижения таких высот, на которых невозможно существование многолетней мерзлоты. Нам представляется, что современные, активные каменные глетчеры начали формироваться в последнюю регрессивную фазу оледенения около 1500 лет назад и испытали в своих верхних частях воздействие наступавших ледников Малого ледникового периода [Горбунов, Титков, 1989]. К этому времени средне- и раннеголоценовые каменные глетчеры уже частично или полностью перешли в неактивное состояние.

В настоящее время нижняя граница распространения неактивных форм находится ниже пояса активных каменных глетчеров в среднем на 240 м в Заилийском Алатау и на 260 м — в Джунгарском Алатау. Если к этой разнице прибавить высотный интервал 100—150 м, пройденный активными каменными глетчерами со времени формирования, то получится, что голоценовые температурные депрессии составляли 2—2,5 °С.

Близкие по значению оценки похолоданий в голоцене были получены в результате численного моделирования [Марченко, 1996]. На основе интерпретации температурных кривых, полученных из глубоких скважин в различных частях Тянь-Шаня, зафиксировано снижение температуры горных пород в периоды около 7—6 и 4—2 тыс. лет назад. Последние два тысячелетия характеризуются, по крайней мере, трехкратным охлаждением пород с короткими, но явно выраженными периодами их потепления. Наибольшее падение температуры в позднем голоцене горные породы испытали 300—400 лет назад, когда их температуры были примерно на 1 °С ниже современных. С учетом условий теплообмена на поверхности, в местах расположения скважин, снижение средней годовой температуры воздуха в это время оценивается в 2—3 °С.

Палинологические данные по равнинному Казахстану также говорят о похолодании в XIII—XVI в.в. на 2—2,5 °С по сравнению с современными температурами [Абрамова, Варущенко, 1989]. Отметим, что в межсопочных понижениях Центрального Казахстана в текущем столетии неоднократно формировались мерзлые перелетки [Горбунов, 1989]. Это позволяет предположить, что при незначительном похолодании в тех котловинах, где в наши дни средние годовые температуры воздуха близки к 0 °С, в малом ледниковом периоде происходило многолетнее промерзание до глубины 10—20 м.

В течение голоцена в горах Тянь-Шаня потепления не выходили за пределы современного. Об этом свидетельствует повсеместное отсутствие в криогенных текстурах следов значительного протаивания первично промерзших озерных и моренных отложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по мере накопления фактов за последние десятилетия прослеживается устойчивая тенденция с смещением все далее на юг границы плейстоценовой криолитозоны. Так, в публикации А.И. Попова [1959] эта граница в эпоху максимального оледенения проходит в Центральном Казахстане примерно через 53° с.ш. На карте Б.А. Федоровича [1962] граница криолитозоны смещается в Центральном и Восточном Казахстане к 50° и 48° с.ш. На карте А. А. Величко [1973] эта граница в Центральном Казахстане достигает 47° с.ш. В публикациях И.А. Некрасова [1976], А. П. Горбунова [1985] и Б.Ж. Аубекерова [1990] криолитозона равнинного Казахстана в плейстоцене сливается с альпийской Северной Тянь-Шаня.

В заключение подчеркнем, что песчаные пустыни Казахстана не подвергались многолетнему промерзанию, поэтому их следует исключать из области плейстоценовой криолитозоны Казахстана.

Литература

- Абрамова Т.А., Варушенко А.И. Палеогеографическая обстановка Казахстана и Средней Азии в средние века // Вестн. МГУ, сер. 5, географ., 1989, № 6, с. 29—36.
- Аубекеров Б.Ж. Криогенные структуры и криолитозоны плейстоцена Казахстана // Изв. АН СССР, сер. 4, географ., 1990, с. 102—110.
- Аубекеров Б.Ж. Континентальные четвертичные отложения Казахстана // Автореф. дисс. Алма-Ата, 1992, 35 с.
- Аубекеров Б.Ж., Чельхьян Э.В. Кайнозой зоны канала Иртыш-Караганда. Алма-Ата, Наука, 1974, 107 с.
- Балобаев В.Т. Геотермия мерзлой зоны литосферы севера Азии. Новосибирск, Наука, 1991, 192 с.
- Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. М., Наука, 1973, 256 с.
- Горбунов А.П. Альпийская криолитозона Евразии в позднем кайнозое // Развитие криолитозоны Евразии в верхнем кайнозое. М., Наука, 1985, с. 120—129
- Горбунов А.П. Перелетки Казахского мелкосопочника // Геокриологические исследования в горах СССР. Якутск, Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1989, с. 40-48.
- Горбунов А.П., Титков С.Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. Якутск, Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1989, 164 с.
- Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д. Плейстоценовые криогенные явления и история вечной мерзлоты в Западной Сибири // Стратиграфия, седиментология и геология четвертичного периода. М., Наука, 1972, с. 47—57.
- Костенко Н.Н. Четвертичные отложения Казахстана и прилегающих территорий союзных республик. Алма-Ата, 1978, 156 с.
- Лазуков Г.И. Плейстоцен территории СССР. М., Высшая школа, 1989, 319 с.
- Марченко С.С. Тепловое состояние криолитозоны Тянь-Шаня в голоцене и современные тенденции его изменения // Тез. докл. Междунар. конф. „Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI в.“, Бишкек, 1996, с. 115—116.
- Некрасов И.А. Криолитозона Северо-Востока и Юга Сибири и закономерности ее развития. Якутск, Якутское кн. изд-во, 1976, 243 с.
- Попов А.И. Карта мерзлотно-геоморфологических (перигляциальных) образований на территории СССР // Вопр. физич. географ. полярных стран, вып. 2, М., Изд-во. МГУ, 1959, с. 5—18.
- Соломина О.Н. Стадиальная деградация горных ледников в голоцене // Изв. АН СССР, сер. 5, географ., 1992, с. 13—23.
- Федорович Б.А. Мерзлотные образования в степях и пустынях Евразии // Вопросы стратиграфии и палеогеографии четвертичного периода (антропогена). Тр. комисс. по изучен. четвертичного периода. М., Изд-во. АН СССР, 1962, с. 70—100.

*Поступила в редакцию
14 января 1998 г.*