РАСЧЕТ ПЛАНОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НА МАКСИМУМ ПОСЛЕДНЕГО ПОХОЛОДАНИЯ (ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ В АБАЙСКОЙ КОТЛОВИНЕ)

В.П. Галахов, Г.Г. Русанов [1]
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул
[1] ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

В своих работах М.В.Тронов неоднократно предупреждал, что без балансовых реконструкций (или без балансового согласования) палеогляциологические реконструкции невозможны (Тронов, 1972). В 2001 году вышла в свет монография В.П.Галахова «Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения (по материалам исследований на Алтае)». Применяя метод имитационного моделирования баланса современных горных ледников, автор работы попытался рассмотреть баланс ледников периода максимума последнего позднеплейстоценового похолодания и их дегляциации по 6 ледниковым долинам: Актру, Аккема, Мульты, собственно верховий Катуни, Чаган-Узуна, Маашея. Естественно, что столь подробное моделирование применимо не ко всякой ледниковой долине. Необходимы достаточно подробные метеорологические, снегомерные и гляциологические работы в этой ледниковой долине. Или необходимо подтверждение аналогичности полученных зависимостей в долине-аналоге. На основе подробного моделирования баланса горных ледников В.П.Галаховым разработана, в частности, упрощенная схема расчета планового положения горных ледников на максимум последнего похолодания.

Алгоритм этого расчета следующий. По карте современной абляции-аккумуляции (рис. 1) на рассчитываемом участке определяется величина снегонакопления на высоте современной фирновой границы. Эта величина характеризует снежность (или косвенно энергию оледенения) данного района. По этой величине находится депрессия снеговой границы (рис. 2) и лед-

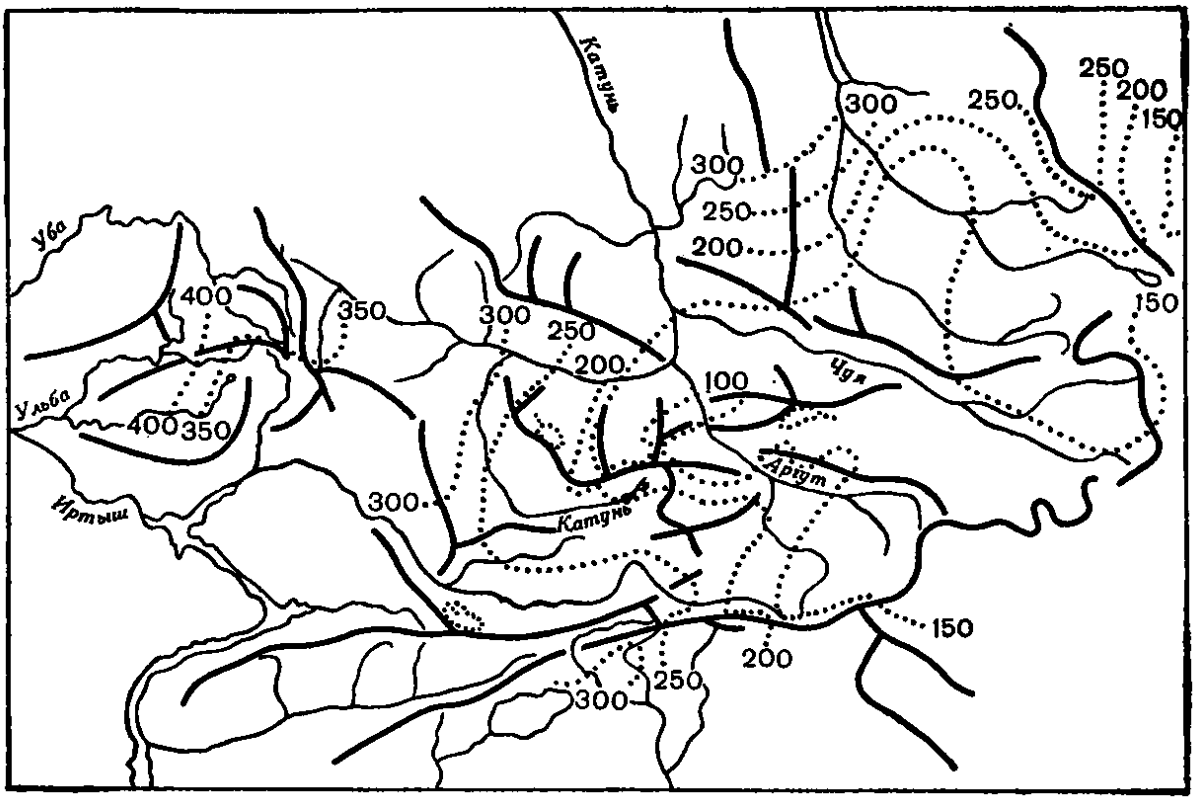
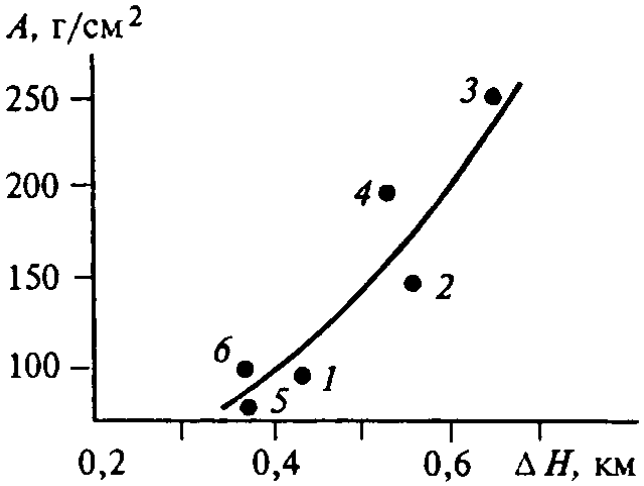


Рис. 1. Поле аккумуляции (г/см^2) на высоте границы питания ледников в ледниковой системе Алтая (Кренке, 1982).

Рис. 2. Зависимость депрессии снеговой границы (ΔH) в позднем плейстоцене (18 тыс. лет назад) от величины современной абляции-аккумуляции (А) (Галахов, Руденко, 1993) .

Бассейны: 1 – Актру, 2 – Аккем, 3 – Мульта, 4 – Катунь, 5 – Чаган-Узун, 6 – Машей.



никовый коэффициент (рис. 3). Зная современную высоту региональной фирновой границы (определяется по крупным ледникам) и ее депрессию, можно найти площадь фирнового бассейна палеоледника (ниже, на рис. 4, приводится положение современной фирновой границы, определенное как по крупным ледникам (региональная фирновая граница), так и по мелкому дисперсному оледенению (локальная фирновая граница)). Зная площадь фирнового бассейна и ледниковый коэффициент, можно найти площадь языка палеоледника на рассчитываемый период.

При плановом построении палеоледников периода последнего похолодания необходимо учитывать следующее. Первое, толщину палеоледников необходимо принимать не менее 250 м для крупных ледников и не менее 150 м для районов с современным дисперсным оледенением. Поскольку современные карты отражают современный рельеф, плановое положение фирновой границы последнего похолодания необходимо «опустить» на толщину палеоледников в современной картине рельефа. Второе, для районов с дисперсным и малым оледенением величину депрессии фирновой границы, полученную по рис. 2, необходимо уменьшить на 150 м. Хотя B. Messerli (Messerli, 1967) рекомендует уменьшать ее для районов с локальной снеговой границей на 25-30% по сравнению с региональной. Третье, на склонах южной экспозиции (и тяготеющих к южному румбу) депрессию фирновой границы необходимо еще раз уменьшить на 150 м. Естественно, что отрисовка фирнового бассейна и языка палеоледника должна проводится с учетом рельефа долины и принятой толщины ледников.

Наиболее резкую критику в данной схеме моделирования вызывает различная величина депрессии фирновой линии в одной горной стране (Окишев, 2003). Однако еще в 1965 году

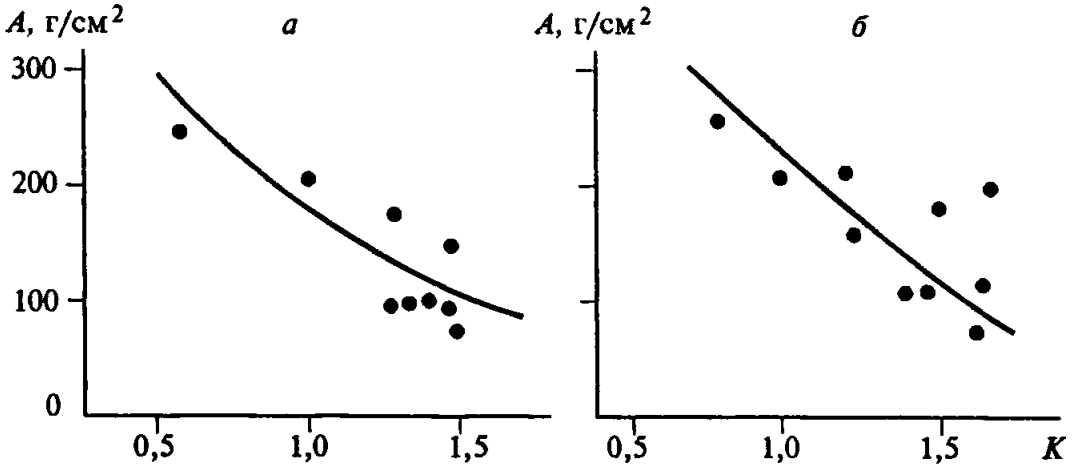


Рис. 3. Зависимость отношения площади фирнового бассейна к площади языка ледника (К) от величины современной абляции-аккумуляции (А) (Галахов, Руденко, 1993).

а – 18 тыс. лет назад, б – современное время. [1].

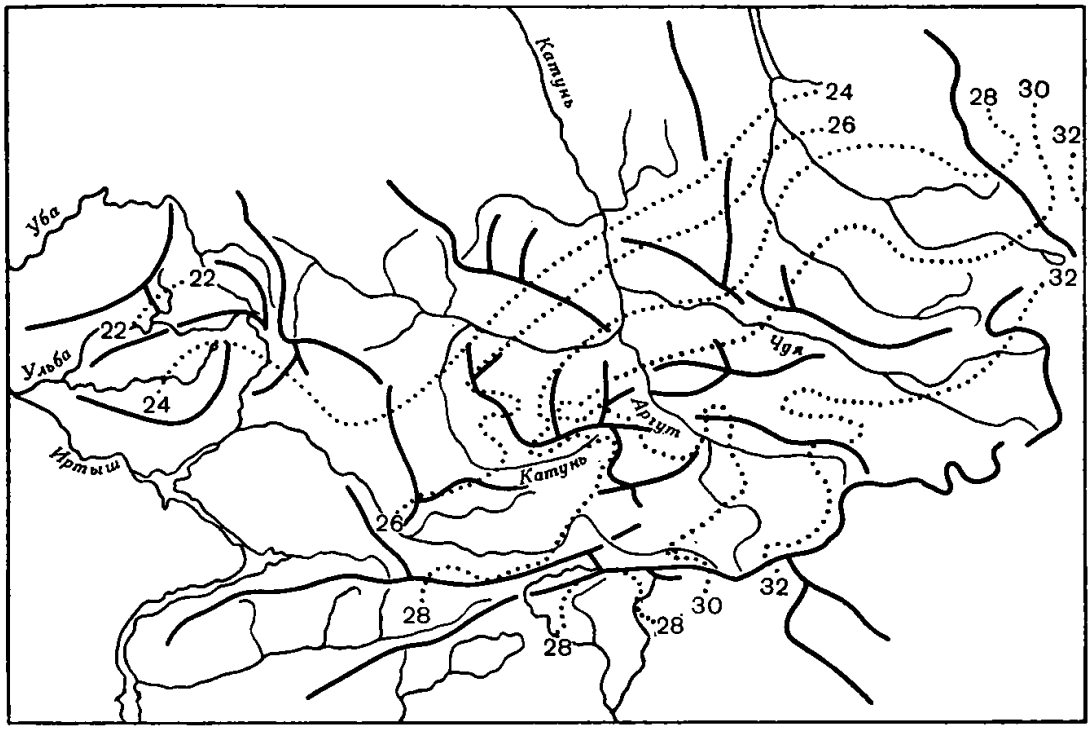


Рис. 4. Поле высоты (сотни метров) границы питания ледниковой системы Алтая (Кренке, 1982).

Л.Н. Ивановский писал, что «подобное различие депрессии снеговой линии в разных климатических условиях не является для науки новым. У нас первым на это особое внимание обратил К.К. Марков (1937), который считает, что недоучет местных условий приводит к серьезным ошибкам при реставрации ледников прошлого. В настоящее время весьма интересные сравнения по величинам депрессии снеговой линии для разных горных хребтов Европы и Азии сделал Н.М.Сватков (1962). В приведенных им цифрах, взятых из иностранных и советских работ, ясно видно возрастание депрессии снеговой линии в морском климате и уменьшение её при нарастании континентальности климата» (Ивановский, 1965, с. 63).

Очевидно, что величина современной абляции-аккумуляции на высоте фирновой линии характеризует именно континентальность климата. Что касается различного соотношения ледникового коэффициента (соотношения фирнового бассейна и языка ледника (Гляциологический..., 1984)), который также зависит от степени континентальности, то попробуем представить два совершенно одинаковых фирновых бассейна (абсолютная высота, площадь, экспозиция), но с различной величиной снегонакопления на этих ледниках. Например, в первом случае это 250 г/см^2, а во втором – 100 г/см^2. Не надо быть крупным специалистом в области современных балансов ледников, чтобы понять, что площади языков этих двух ледников будут весьма различны: чем больше величина снегонакопления, тем больше должна быть площадь языка ледника и, соответственно, меньше ледниковый коэффициент.

В качестве ледниковой долины для подробного анализа применимости метода расчета планового положения ледников в период максимума последнего похолодания обратимся к долине реки Абай. В соответствии с рис. 1 абляция-аккумуляция на высоте современной фирновой границы в бассейне равна 350 г/см^2. Тогда депрессия фирновой границы на максимум последнего похолодания, в соответствии с рис. 2, будет равна 750 м. Высоту современной фирновой границы, в соответствии с рис. 4, в бассейне реки Абай можно принять равной 2200 м. Поскольку в районе исследований в настоящее время наблюдается лишь малое и дисперсное оледенение, то депрессию фирновой границы необходимо уменьшить в соответствии с рекомендацией (Messerli, 1967) на 220 м (30%). Таким образом, на склонах, тяготеющих к северной экспозиции, высота фирновой границы на максимум последнего похолодания была на высоте

1670 м. Если принять толщины древних ледников 150 м, то для отрисовки на современных картах фирнового бассейна и подсчета его площади, древний фирновый бассейн мы должны выделять по водораздельной линии, а непосредственно в самой долине провести по горизонтали 1520 м. На склонах, тяготеющих к южной экспозиции, высота 1520 м должна быть увеличена на 150 м. Примем, что и язык ледника имел среднюю толщину 150 м. В соответствии с современным рельефом на карте мы можем провести боковые границы древнего ледника, начиная от фирнового бассейна вниз по долине. В соответствии с современной абляцией-аккумуляцией ледниковый коэффициент (отношение площади фирнового бассейна к площади языка ледника) можно принять равным 0,4 (см. рис. 3-а). Обобщим выполненные расчеты (рис. 5).

Материалы расчетов по упрощенной модели показывают, что в долине реки Абай должен был существовать ледник площадью около 246 км^2 (фирновый бассейн – 70 км^2, язык ледника – 176 км^2). Язык ледника должен был оканчиваться примерно в районе села Абай (на высоте 1050 м), т.е. занимать около половины Абайской котловины. Однако в момент формирования палеоледника и при его деградации в Абайской котловине должно было существовать ледниково-подпрудное озеро с глубиной у ледниковой плотины минимум 150 м. Общеизвестно (смотри, например, (Дайсон, 1966)), что в аквальных условиях языки ледников разрушаются пример-

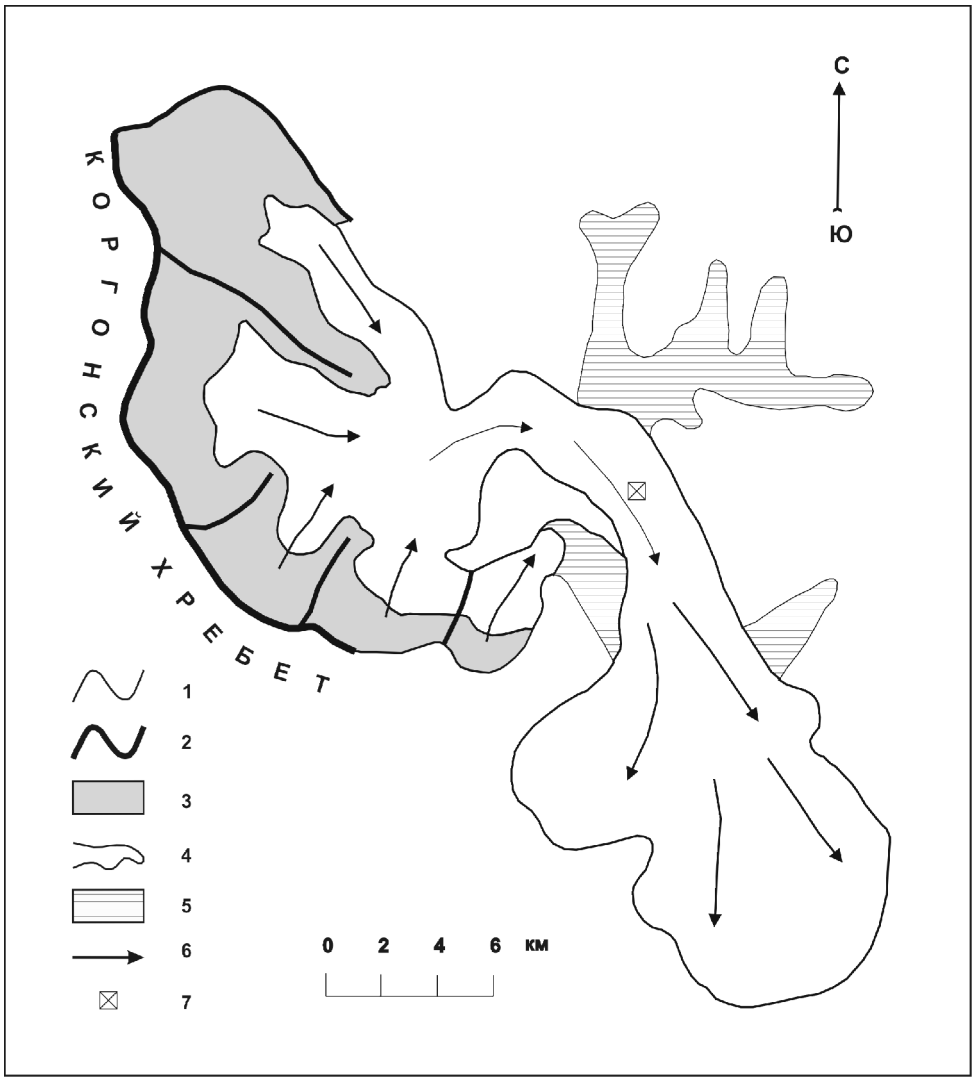


Рис. 5. Схема планового положения палеоледников в бассейне реки Абай в максимум последнего похолодания, рассчитанная по упрощенной схеме моделирования.

1 – фирновая граница, 2 – хребты и их отроги, 3 – фирновые бассейны палеоледников, 4 - языки палеоледников, 5 – ледниково-подпрудные озера, 6 – направление движения льда, 7 – место отбора пробы в донной морене (Grundmorene) на радиоуглеродное датирование.

но в 4 раза интенсивней, чем если бы они таяли на суше. Таким образом, язык древнего Абайского ледника должен быть существенно меньше, по крайней мере, в пределах Абайского палеоозера.

Обратимся к материалам изучения разрезов и радиоуглеродного датирования, полученным Г.Г. Русановым в летний полевой сезон 2006 года.

В обнажении основной (донной) морены на левом берегу реки Абай (N – 50°30′34.6″, E – 84°58′55.3″, абсолютная высота 1100 м) из основания видимой части с глубины около 5 м отобран фрагмент черепа бизона (по определению А.В.Шпанского, *Bison priscus* Boj). Радиоуглеродный возраст этого черепа бизона, рассчитанный от 1950 года, определен Л.А.Орловой в 18590 ± 345 лет (СОАН-6612). Таким образом, можно утверждать, что находка была захоронена при заключительной стадии наступания языка ледника (как мы показали выше, максимум последнего похолодания и, соответственно, наступания ледников датируется 18-20 тыс. лет назад).

Между селами Абай и Амур в стенке карьера (N – 50°25′06.1″, E – 85°05′37.3″) глубиной не менее 4-5 м вскрыты отложения грязе-каменного селя, вложенного в толщу озерно-ледниковых глинисто-алевритистых песков. В нескольких сотнях метров выше по долине, у нижнего конца села Абай, в карьере прямо с поверхности вскрыты озерно-ледниковые отложения. Селевые отложения представлены плохо окатанным со слабо выраженной слоистостью мелкоглыбово-галечно-гравийным материалом, плотно сцементированным желтоватым алевропелитовым цементом. В этой толще наблюдаются линзы очень плотных алевритистых глин желтоватого цвета мощностью до 1 м с диагенетической столбчатой отдельностью и многочисленными, хаотически залегающими в них, обломками. В одной из таких линз на глубине 3 м от поверхности обнаружены левая и правая ветви нижней челюсти лошади (*Equus sp.*), принадлежащие, по определению А.В.Шпанского, молодой особи. Радиоуглеродный возраст этой челюсти определен Л.А.Орловой в 11920 ± 210 лет (СОАН-6613).

На левом берегу реки Коксы, в 2,5 км ниже её левого притока реки Таловка (N – 50°28′19.8″, E – 84°39′04.4″, абсолютная высота 1140 м, между устьями рек Хайдун и Карагай, ближе к устью реки Хайдун) при прокладке дороги было подрезано на глубину до 10 м основание мощной селевой толщи. В низах этой толщи вскрыты рыхлые сыпучие пустотелые щебнистые дресвяники. Вверх по разрезу крупность обломочного материала увеличивается. В средней части обнажения выделяется крупноглыбовая пачка, состоящая из скопления глыб размером до 1-1,5 м по длинной оси, залегающих плашмя и ориентированных длинными осями по направлению движения селевого потока из бокового лога (поперек долины реки Коксы). Во всей этой толще следов каких-либо размывов и перерывов не отмечено. Это единый разовый мощный селевой выброс. В стенке этого обнажения на глубине 7 м от поверхности обнаружен неопределимый обломок трубчатой кости крупного млекопитающего. Радиоуглеродный возраст этой кости определен Л.А.Орловой в 11240 ± 160 лет (СОАН-6614).

В обнажении на левом берегу реки Коксы в 1,4 км ниже устья ручья Соузар (N – 50°25′20.1″, E – 84°51′04.8″, абсолютная высота 1120 м) в кровле флювиогляциальных галечников обнаружены нижняя часть большой берцовой кости благородного оленя (*Cervus elaphus* L.), фрагмент левой верхней челюсти бизона (*Bison priscus* Boj) и фрагмент правой верхней челюсти гигантского оленя (*Megaloceros giganteus* Blum.), датируемые, по заключению А.В.Шпанского, поздним плейстоценом. Радиоуглеродный возраст челюсти бизона из этого обнажения определен Л.А.Орловой в 12090 ± 120 лет (СОАН-6615).

Материалы по радиоуглеродному датированию флювиогляциальных галечников и селевых толщ, залегающих на них, показывают, что ранее 12 тыс. лет назад (а это время очень хорошо согласуется со стадиальным потеплением в Северном полушарии) языки ледников отступили, по крайней мере, из долины реки Коксы.

Таким образом, материалы Г.Г.Русанова подтверждают, что максимум последнего похолодания наблюдался 18-20 тыс. лет назад. Стадиальное потепление наблюдалось около 13-14 тыс. лет назад и, самое основное, упрощенная схема моделирования, разработанная для опре-

деления планового положения ледников на максимум последнего похолодания, отражает объективную реальность, то есть расчеты по ней можно использовать в качестве метода оценки планового положения палеоледников на максимум последнего позднеплейстоценового похолодания.

Литература

1. Галахов В.П. Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения (По материалам исследований на Алтае). Новосибирск: Наука, 2001. 136 с.
2. Гляциологический словарь // Под ред. В.М.Котлякова. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 528 с.
3. Дайсон Джеймс Л. В мире льда. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 232 с.
4. Ивановский Л.Н.. Вопросы сопоставления конечных морен на Алтае. // Гляциология Алтая, вып. IV. Томск: Изд-во ТГУ, 1965. С. 49-69.
5. Кренке А.Н.. Массообмен в ледниковых системах СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 247 с.
6. Окишев П.А. Палеогляциологическое мифотворчество и его апологеты // География и природопользование Сибири, вып. 6. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2003. С. 62-81.
7. Тронов М.В. Факторы оледенения и развития ледников. Томск: Изд-во ТГУ, 1972. 235 с.
8. Messerli B. Die eiszeitliche und gegenwaertige Vergletscherung im Mittelmeerraum. – Zurich: Geographica Helvetica, 1967. – S. 105-228.