

УДК 551.89-4.036

DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-16-30

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ САРТАНСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ ПАТОМСКОГО И СЕВЕРО-БАЙКАЛЬСКОГО НАГОРИЙ

## PALEO GEOGRAPHY OF THE SARTAN GLACIATION OF THE PATOMSKY AND NORTH-BAIKAL HIGHLANDS



**Ф. И. Еникеев**, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
г. Чита  
srescht@mail.ru

**F. Enikeev**, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,  
Chita

Представлены результаты реконструкции пространственных границ и параметров ледников для разобщенных горных сооружений Патомского и Северо-Байкальского нагорий в эпоху сартанского оледенения (МИС 2) с построением палеогеографической карты. Объектом исследования являлась динамика экзогенных процессов в ходе развития криолитозоны Восточной Сибири. Предметом – ледниковые формы рельефа позднего неоплейстоцена Патомского и Северо-Байкальского нагорий. В работе применены сравнительный, описательный, картографический методы исследования, методы наблюдения и актуализма. На основе дешифрирования аэрофото- и космоснимков, выявления типоморфных ледников с максимальным количеством сохранившихся деструктивных и аккумулятивных гляциогенных форм установлена депрессия снеговой границы, которая в то время находилась на уровне 2000...2100 м. Выявлены особенности деформаций нижней границы хионосферы. Ее минимум отмечен на северо-западной окраине рассматриваемой территории. Наибольшее снижение по отношению к палеоклиматической снеговой границе, которая простиралась до высоты 1600...1700 м, составляло 600...700 м. Положительный экстремум приурочен к центральной части Патомского нагорья и превышал палеоклиматическую снеговую линию на 50...100 м. Аномальные экстремумы обусловлены глобальными климатическими, региональными орографическими и местными (экспозиция склона) причинами.

Определено, что по морфологии оледенение рассматриваемых территорий является горно-долинным и сетчатым с несколькими участками горно-покровного, приуроченного к уплощенным поверхностям вершинного пояса горных сооружений. По разнице между изолиниями поверхности льда и тальвегом долины в поперечном разрезе уточнена мощность ледника, которая могла достигать 400...600 м.

При поисках россыпных проявлений и месторождений золота, а также при проведении опробования шлиховых потоков и вторичных геохимических ореолов поисковые работы рекомендовано ориентировать в направлении движения ледовых масс.

Полученные новые палеогеографические данные повысят возможности более эффективного картирования четвертичных отложений в пределах Северо-Байкальского и Патомского нагорий и выявления в этой области конкретных участков речных долин, благоприятных для россыпеобразования

**Ключевые слова:** геоморфологический анализ; морена; оледенение; палеогляциология; Патомское нагорье; Северо-Байкальское нагорье; поздний плейстоцен; снеговая граница; экзарация; палеогеографическая карта; россыпи

The article presents the results of the reconstruction of the spatial boundaries and parameters of glaciers for the isolated mountain structures of the Patomsky and North Baikal uplands in the era of the Last Glaciation (MIS 2) with the construction of a paleogeographic map. The object of this study is the dynamics of exogenous processes during the development of the permafrost zone in Eastern Siberia. The subject of research is the glacial relief forms of the Late Neopleistocene of the Patomsky and North Baikal uplands. The comparative, descriptive, cartographic research methods, methods of observation and actualism have been used. Based on the interpretation of aerial and satellite images, the identification of typomorphic glaciers with the maximum number of preserved

destructive and accumulative glaciogenic forms, a depression of the snow boundary was established, which at that time was at the level of 2000...2100 m. The features of the lower boundary deformations of the chionosphere were revealed. Its deepest minimum is noted on the northwestern edge of the considered territory. The greatest decrease in relation to the paleoclimatic snow boundary, which extended to an altitude of 1600...1700 m, was 600...700 m. The positive extremum was confined to the central part of the Patom upland and exceeded the paleoclimatic snow line by 50...100 m. Anomalous extremes at that time period are due to global climatic, regional orographic and local (slope exposure) causes.

It has been determined that in terms of morphology, glaciation of the territories under consideration is mountain-valley and reticulate with several sections of mountain-cover, confined to the flattened surfaces of the summit belt of mountain structures. According to the difference between the ice surface isolines and the valley bottom in the cross section, the thickness of the glacier was specified, and could reach 400...600 m.

When searching for alluvial occurrences and gold deposits, as well as when sampling placer flows and secondary geochemical halos, it is recommended to orient prospecting in the direction of movement of ice masses.

The new paleogeographic data obtained will increase the possibilities of more efficient mapping of Quaternary sediments within the North Baikal and Patom uplands and the identification of specific sections of river valleys in this area, favourable for placer formation

**Key words:** geomorphological analysis; exaration; glaciation; Late Pleistocene; moraine; North-Baikal uplands; Patom uplands; paleoglaciology; snowline; Paleogeographical map; placers

**В**ведение. В периоды неоплейстоценовых похолоданий происходили кардинальные изменения условий осадконакопления, без учета которых невозможно охарактеризовать становление рыхлого чехла Восточной Сибири, включающего многочисленные проявления россыпного золота. Первоочередной интерес представляют площади с россыпной золотоносностью и полным отсутствием (или слабой проявленностью) признаков коренного оруденения. Большинство долинных россыпей, оторванных от коренных источников или с «неясными» источниками поступления золота, пространственно и генетически связаны с конечными и краевыми ледниковыми образованиями максимальных и крупных стадий деградационных фаз каждого оледенения.

На всех изданных геологических картах «первого поколения» среднего и мелкого масштаба в пределах Патомского и Северо-Байкальского нагорий ледниковые отложения показаны в объемах среднего и верхнего плейстоцена (самаровское –  $Q_{II}$  и тазовское –  $Q_{III}$ ), однако с появлением новых методов датирования четвертичных отложений представления о количестве и масштабах оледенений уточнены и эти же ледниковые отложения отнесены лишь к позднему неоплейстоцену (муруктинское –  $Q_{III}^2$  и сартанское –  $Q_{III}^4$ ). Хронологическая детализация ледниковых горизонтов максимальной фазы последнего оледенения позднего плейстоцена (МИС 2), которые вполне могут

быть пространственно и генетически связаны с проявлениями россыпного золота в пределах Северо-Байкальского и Патомского нагорий, определила необходимость картирования площадей, занятых ледниками в сартанское время на данной территории и обусловила актуальность данного исследования.

*Объектом исследования* выступила динамика экзогенных процессов в ходе развития криолитозоны Восточной Сибири.

*Предмет исследования* – ледниковые формы рельефа позднего неоплейстоцена Патомского и Северо-Байкальского нагорий (рис. 1).

*Целью исследования* являлось построение палеогеографической карты максимальной фазы сартанского (последнего в позднему плейстоцене) оледенения Патомского и Северо-Байкальского нагорий.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

– определить депрессию снеговой границы в максимум последнего похолодания эпохи сартанского оледенения по отношению к современной климатической для территорий Патомского и Северо-Байкальского нагорий;

– реконструировать пространственные границы и параметры ледников в пределах исследуемой площади;

– классифицировать реконструированное оледенение по морфологическим признакам.

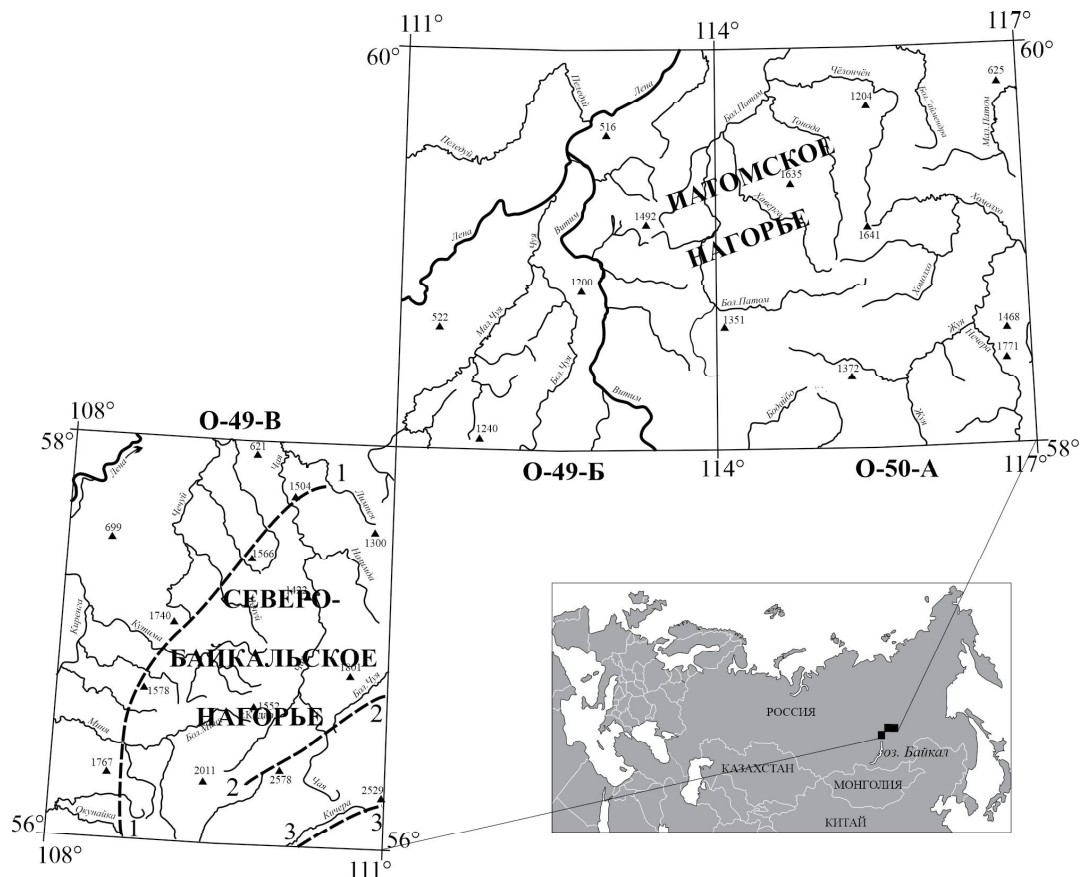


Рис. 1. Область исследования, листы: О-49-В, О-49-Б, О-50-А. Хребты: 1-1 – Аkitкан; 2-2 – Сынныр; 3-3 – Верхнеангарский / Fig. 1. Area under study, sheets: O-49-B, O-49-B, O-50-A. Ridges: 1-1 Akitkan; 2-2 Sonnyr; 3-3 Verkhneangarsky

**Способ аргументации.** При определении пространственных параметров ледниковых образований сартанского времени, верификации их хронологических рамок автор опирался на данные абсолютного датирования ледниковых и межледниковых отложений исследуемой территории, полученные в российских и зарубежных лабораториях [2; 5; 8; 11; 12], а также результаты палеоэкологических реконструкций по итогам спорово-пыльцевого анализа в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ) [1; 3].

**Материалы и методы исследования.** Реставрация ледников производилась по абсолютным отметкам деструктивных и аккумулятивных следов и выполнена с использованием мелко- и среднemasштабных топографических карт, аэрофото- (АФС) и космоснимков (КС) крупных и средних масштабов в зависимости от размеров объекта

гляциальной морфологии и степени его детализации. Палеогеографические построения осуществлены с использованием компьютерных программ Google Earth Pro и SAS.Planet. Release. При использовании дистанционных методов доминантное значение приобретала латеральная последовательность конечных образований и анализ степени сохранности микро- и мезоформ гляциального рельефа, находящихся под интенсивным воздействием послеледниковых денудационных процессов [3; 9; 12]. Заключительная компоновка материала при построении палеогеографической карты выполнена с помощью топографической основы масштаба 1:500 000.

В работе применялись сравнительный, описательный, картографический методы исследования, методы наблюдения и актуализма.

**Степень научной разработанности темы исследования.** По обозначенной теме ис-

следования получено достаточно данных, которые подтвердили выполненные ранее палеогеографические реконструкции по Забайкалью и послужили базой для верификации пространственных параметров реконструируемого сартанского оледенения Патомского и Северо-Байкальского нагорий. Радиоуглеродным методом датированы поздним плейстоценом (муруктинское –  $Q_{III}^2$  и сартанское –  $Q_{III}^4$ ) два ледниковых горизонта в долинах рек Тья, Фролиха и Рель [8]. По межледниковым горизонтам каргинских осадков Чарской впадины, залегающих в интервале 41,1...73 м, Х. А. Арслановым получена дата в  $38\,210 \pm 870$  лет (ЛУ 977) [3]. Рядом радиоуглеродных дат подтверждено, что последнее оледенение охватывало значительные части горных сооружений Байкало-Станового нагорья [5–7]. В пределах Байкало-Патомского нагорья при изучении древних стоянок получены радиоуглеродные даты  $28\,670 \pm 600$ ... $9220 \pm 50$  лет из озерных и аллювиальных отложений коррелятных или предшествующих моренам сартанского оледенения [2; 4].

Исследования ледниковых валунов методом оптически стимулированной люминесценции (OSL) и космогенных изотопов  $^{10}Be$  выполнены на конечной морене ледника Сыгыкта (район оз. Орон) и в 10 пунктах Чарской впадины. Получены даты в интервале  $10,0 \pm 0,8$ ... $22,8 \pm 1,4$  тыс. лет [10; 11]. По результатам спорово-пыльцевого анализа керн параметрических скважин во впадинах БРЗ [1; 3] восстановлены периоды изменения климата в позднем плейстоцене и голоцене, позволяющие соотнести последнее оледенение Прибайкалья и Забайкалья с глубоким похолоданием, предшествовавшим голоценовому термохрону. Используются материалы мелко-, средне- и крупномасштабного картирования характеризуемых площадей.

*Результаты исследования и их обсуждение.* Рассматриваемая территория охватывает бассейн правых притоков р. Лена от р. Окунайка (правый приток р. Киренга) на юго-западе до р. Большой Патом на северо-западе, включая бассейн нижнего течения р. Витим, на площади листов О-49-Б, О-49-В и О-50-А (см. рис. 1). В юго-восточной части листа О-49-В расположены хребты Сынныр и Верхнеангарский. Последний относится к западной оконечности Станового нагорья.

В западной части Патомского нагорья (лист О-49-Б) из многих проявлений ледниковой деятельности, выраженных экзарационными и аккумулятивными формами рельефа, определены 7, а в восточной (лист О-50-А) – 9 опорных участков, на которых реставрация ледника не представляет сложности (табл. 1, 2; рис. 2). При этом ледники № 6 и № 7 относятся к переходной (связующей) зоне между характеризуемыми нагорьями. Типовые ледники отразили специфику гляциальной ситуации в связи с особенностями климата, орографии и ориентации долин и водоразделов различных порядков.

На рассматриваемой площади нагорья кары последнего оледенения распределены в широком диапазоне высот как в меридиональном, так и в широтном направлениях: от 800...880 м в западной половине и северо-западных окраинах (см. табл. 1, 2, ледники № 2 и 8,) до 1450 м над уровнем моря (н.у.м.) в центральной части (см. табл. 2, ледник № 12).

В начале исследования для получения общей картины оледенения необходимо выяснить характер нижней границы хионосферы в эпоху последнего глобального похолодания (см. рис. 2). Особенности климата, орографии и разнообразная экспозиция склонов водоразделов определили своеобразное поведение нижней границы хионосферы. В региональном плане отмечается ее повышение от 900 м н.у.м. на северо-западном фазе нагорья (см. табл. 1, ледник № 2) до 1600 м – в центральной части. В том же направлении, практически совпадая с нижней границей хионосферы, увеличиваются высоты водораздельных пространств от 1000 м на западном клифе до 1641 м в центральной части плато, на междуречье Малый Чипикет – Тонодо – Большой Чипикет (см. рис. 2). Установленный минимум депрессии снеговой границы перед западным клифом Патомского нагорья продолжается на юго-запад вдоль западного подножья хребта Аkitкан (лист О-49-В). Такая депрессия обусловлена перехватом влагонесущих масс воздуха западного переноса. В тыловой части клифа в результате дефицита твердых атмосферных осадков, выпавших на его западном склоне, отмечается резкое увеличение высоты нижней границы хионосферы до 1100 м (см. табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Типоморфные ледники сартанского оледенения Патомского нагорья (лист О-49-Б) /  
 Typomorphous glaciers of the Sartan glaciations of the Patomsky Highland (topobasic O-49-B)

№ п/п	Местоположение / Location		Абсолютные отметки, м / Absolute markings, m				Гляциоформы** / Glacial forms**	
	ледник* / glacier	координаты / coordinates	водо- раздел / watershed	головной- кар / main cirque	конец ледника / main cirque	снеговая линия / snow line	экзара- цион- ные / Exaration	аккумуля- тивные / Accumulative
1	Большая Туюка (р. Большой Патом) / Big Tuyuka (r. Bolshoy Patom)	59°26'51" с. ш. 113°43'27" в. д.	1048	Отсут- ствует	600	900...1000	++	++
2	Правая Быстрая (р. Витим) / Right Fast (r. Vitim)	59°16'06" с. ш. 113°23'58" в. д.	1010	800 озеро	760	900...950	+++	+
3	Нижняя Язловая (р. Витим) / Lower Yazovaya (r. Vitim)	59°04'50" с. ш. 113°12'58" в. д.	1100...1150	850 озеро, к. г. / г. г.	720	1000	+++	++
4	Малый Саталах (р. Большой Патом) / Small Satalah (r. Bolshoy Patom)	58°56'07" с. ш. 113°31'18" в. д.	1252	1040 озеро	910	1100...1150	+++	+
5	Барщиха (р. Витим) / Barshchikha (r. Vitim)	58°39'32" с. ш. 113°11'02" в. д.	1494	980 озеро, к. г. / г. г.	820	1100	+++	++
6	Нижняя Луговка (р. Мама) / Lower Lugovka (R. Mama)	58°01'23" с. ш. 113°02'23" в. д.	1248	Отсут- ствует	990	1150...1200	-	++
7	Калайка (р. Малая Чуя) / Kalaika (Malaya Chuya river)	58°06'08" с. ш. 111°47'36" в. д.	1100	850 к. г. / г. г.	700	900	++	++

Примечание:

\* – название палеоледника по наименованию долины, горы и др. географических объектов;

\*\* – полуколичественная оценка сохранности ледниковых форм рельефа:

+ – приемлемое (отдельные пункты);

++ – достаточное (разобшенная последовательность объектов);

+++ – максимальное («отпечаток» ледника);

\*\*\*к. г. – каменный глетчер /

Notes:

\* – paleoglacier bearing the name of a valley, mountain or other geographical features;

\*\* – semi-quantity evaluation of preservation of relief glacier forms:

+ – acceptable (separate points);

++ – sufficient (disengaged object sequence);

+++ – maximal (glacier "footprint");

\*\*\* r. g. – rock glacier

Это увеличение продолжается далее на восток и достигает максимума в центральной части Патомского нагорья, где формируется частично изолированный положительный экстремум высотой до 1600 м н.у.м. (табл. 2, ледник № 12). На этой площади большинство водораздельных сопков высотой до 1500 м и выше не имеют следов ледниковой деятельности (рис. 2). А на юго-восточном склоне

центрального массива (гора 1641 м) ледник Баран (см. табл. 2) с отчетливыми, однако весьма незначительными следами воздействия на субстрат, не имеет даже кара, вместо которого отмечается воронкообразное расширение в вершине распадка, свидетельствующее о крайне ограниченной площади снежного питания ледничка. Аналогичная ситуация отмечается во всех вершинах долин,

радиально ориентированных к этой высоте. В то же время выработанные кары ледника № 8 (см. табл. 2) на севере и ледника № 7 на западе (см. табл. 1), расположенные на высоте

соответственно 880 м и 850 м н.у.м, обладают классическими экзарационными формами и содержат каровое озеро или каменный глетчер.

Таблица 2 / Table 2

Типоморфные ледники сартанского оледенения Патомского нагорья (лист О-50-А) /  
Typomorphous glaciers of the Sartan glaciations of the Patomsky Highland (sheet O-50-A)

№ п/п	Местоположение / Location		Абсолютные отметки, м / Absolute markings, m				Гляциформы / Glacial forms	
	ледник / glacier	координаты / coordinates	водораздел / watershed	головной кар / main cirque	конец ледника / glacier terminus	снеговая линия / snow line	экзарационные / Exaration	аккумулятивные / Accumulative
8	Чёлончён (р. Большой Патом) / Cheolonchun (r. Bolshoy Patom)	59°42'13" с. ш. 115°31'05" в. д.	1204	880 озеро	800	1100...1150	+++	+
9	Гаричи (р. Чёлончён) / Garichi (Chyolonchen river)	59°42'13" с. ш. 115°31'05" в. д.	1417	1160 воронка	1050	1300...1400	++	+
10	Давлетмакит (голец 1516 м) / Davletmakit (char 1516 m)	59°19'09" с. ш. 114°10'46" в. д.	1516	1250 озеро	640	1150...1200	+++	+++
11	Кевакта (пос. Безымянка) / Kevakta (settlement Bezumyanka)	59°19'53" с. ш. 114°38'29" в. д.	1260...1240	1030 озеро	980	1200	++	++
12	Баран (р. Малый Чипикет) / Ram (Maly Chipiket river)	59°05'15" с. ш. 115°28'00" в. д.	1641	1450 воронка	1310	1500...1600	+	+
13	Гонец Короленко (р. Вача) / Char Korolenko (r. Vacha)	58°17'58" с. ш. 114°59'13" в. д.	1649	1360	1060	1400	+++	+++
14	Гонец Лонгдор (р. Нечера) / Longdor char (R. Nechera)	58°25'14" с. ш. 116°46'12" в. д.	1771	1320 озеро, к.г.	890	1400	+++	++
15	Бол. Бульбукhta / Bol. Bulbukhta	58°25'48" с. ш. 116°57'10" в. д.	1550	1300 озеро	780	1400	+++	+++
16	Безымянный (р. Нечера) / Nameless (R. Nechera)	58°17'09" с. ш. 116°48'08" в. д.	1600	1320 к.г.	950	1480	+++	++

Примечание: см. табл. 1

воронка – полузамкнутое ледниковое или нивационное расширение в вершине долины / Notes: see table 1  
funnel – shaped widening

Локальное влияние на депрессию снеговой границы оказывает экспозиция склона. Такое явление наиболее характерно для высоких горных сооружений, возвышающихся над снеговой линией, и хребтов, ориентированных субширотно (см. табл. 1, 2, ледники

№ 5, 15). Величина понижения, по сравнению с таковыми на склонах южной экспозиции, чаще всего не более 200 м. Показать ее изолиниями на картах масштаба 1:500 000 не представляется возможным.

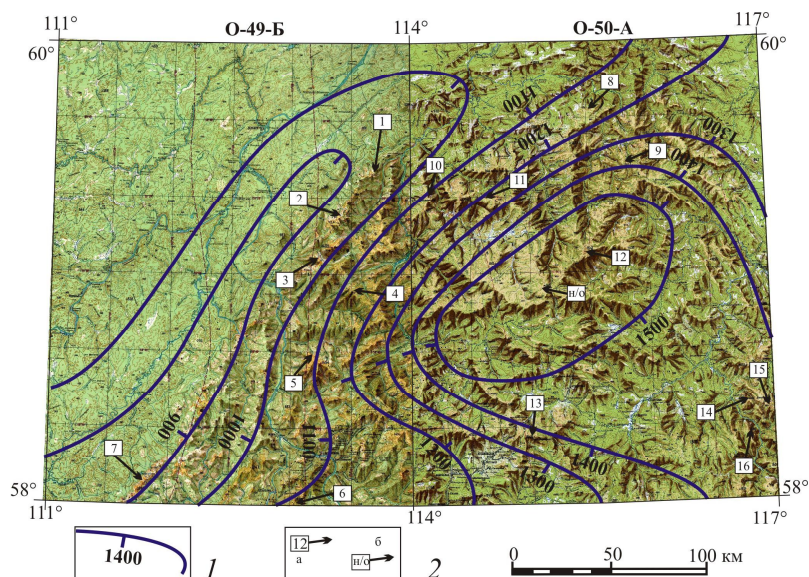


Рис. 2. Снеговая граница сартанского оледенения Патомского нагорья (листы О-49-Б и О-50-А): 1. Изохион, цифра – абс. отметка, м; 2. Местоположение типоморфного ледника: а – номер (табл. 1, 2); б – гляциоформы не обнаружены / Fig. 2. Sartan glaciation snowline of the Patomsky highland (topobasic O-49-B and O-50-A): Isochions, numeral – absolute point, m; 2. Location and number of the reference glacier: a – number (table 1, 2); б – no glacio-forms were detected

Таким образом, в максимальную фазу последнего оледенения линия пересечения нижней границы хионосферы с рельефом оконтуривала изолированные в плане незначительные по площади участки водораздельных пространств, имеющие положительный баланс твердых атмосферных осадков. Устойчивый снежный покров с минимальным запасом твердых осадков способствовал формированию преимущественно небольших каровых и карово-долинных ледников и многочисленных снежников (рис. 3). Только в юго-восточном углу листа О-50-А, в пределах западной части Лонгдорского массива (1771 м), высоты горных сооружений на 300...350 м превышали орографическую снеговую границу. На восток, непосредственно у границы характеризуемой территории, эта разница возрастает до 900 м, обуславливая развитие горно-покровного оледенения и формирование Лонгдорского купола. В западном направлении от ледникового купола окончания протяженных выводных долинных ледников Илаун, Илинак и Олонгда, внедряясь в юго-восточную часть описываемой территории, перекрыли участки долины р. Илаун и образовали подпрудные озера (см. рис. 3).

На территории Северо-Байкальского нагорья из большого количества разнообразных по типу и размерам реставрированных ледников выбраны 27 опорных (табл. 3; рис. 4). Это преимущественно небольшие, в основном, простые долинных ледники, несущие информацию о высотном положении снеговой границы с минимальной погрешностью.

Глубокий минимум орографической снеговой границы узкой и протяженной полосой прослеживается вдоль западного подножья хребта Аakitкан (см. рис. 1, 4). Хребет является контурным сооружением Северо-Байкальского нагорья и контролирует его западную границу. Крутой уступ высотой 900...1250 м, обращенный к Приленскому плато, обеспечивал перехват западных влагонесущих масс воздуха (см. табл. 3, ледники № 1, 2, 5, 13, 14, 21, 27). На восток и юго-восток от оси хребта отмечается плавное увеличение высоты орографической снеговой границы от 1100...1200 до 1600 м и выше (см. табл. 3, ледники № 12, 19, 23, 24, 25). Максимум отмечается на юго-западной оконечности Северо-Байкальского нагорья (см. рис. 4).

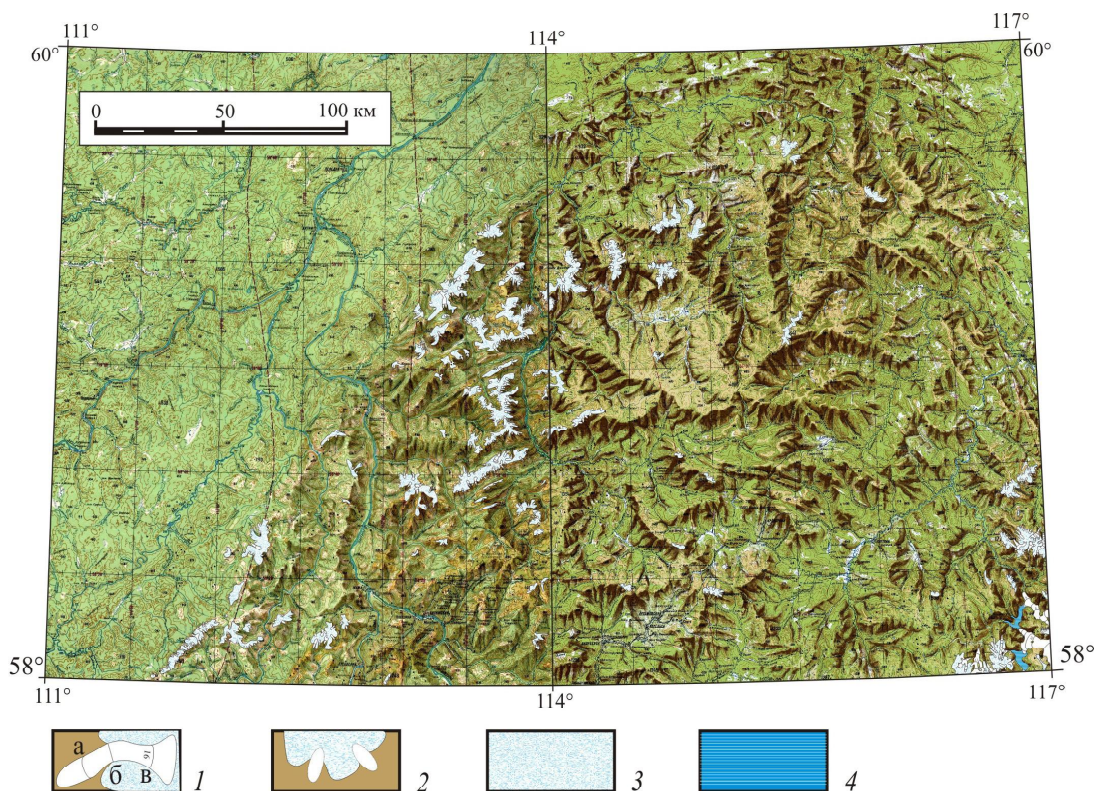


Рис. 3. Палеогеографическая карта сартанского оледенения Патомского нагорья (листы О-49-Б и О-50-А): 1. Ледник и изолинии поверхности ледника кратные 100: а – изолинии в области питания; б – в области абляции; в – фирновая линия; 2. Снежник; 3. Область питания; 4. Ледниково-подпрудное озеро / Fig. 3. Paleogeographic map of the Sartan glaciation of the Patomsky highland (sheets O-49-B and O-50-A): 1. Glacier and character of glacier surface isolate have a multiplicity of 100: а – ablation area; б – firn edge; в – glacier nourishment area; 2. Snow patch; 3. Snowline; 4. Ice-dam lake

Таблица 3 / Table 3

Типоморфные ледники сартанского оледенения Северо-Байкальского нагорья (лист О-49-В) / Typomorphic glaciers of the Sartan glaciations North Baikal Highlands(sheet O-49-B)

№ п/п	Местоположение / Location		Абсолютные отметки, м / Absolute markings, m				Гляциоформы / Glacial forms	
	ледник / glacier	координаты / coordinates	водораздел / watershed	головной кар / main cirque	конец ледника / glacier terminus	снеговая линия / snowline	экзарационные / exaration	аккумулятивные / accumulative
1	Безымянный (голец Окунь) / Nameless (char Perch)	57°45'33" с. ш. 110°07'46" в. д.	1400	980 озеро, к. г. / г. г.	820	1000	+++	+++
2	Окунь (гора 1628 м) / Perch (mountain 1628 m)	57°46'51" с. ш. 110°15'07" в. д.	1628	1150	870	900... 1000	+++	+++
3	Ороран (гора 1182 м) / Ororan (mountain 1182 m)	57°46'05" с. ш. 110°50'56" в. д.	1160	воронка	980	1100	+	+++
4	Кедровый (гора 1350 м) / Cedar (mountain 1350 m)	57°38'52" с. ш. 110°29'59" в. д.	1350	отсутствует	1260	1250	+	++
5	Дранский (голец 1283 м) / Dransky (char 1283 m)	57°14'28" с. ш. 110°15'53" в. д.	1283	880 озеро	750	900... 950	+++	+++



Продолжение табл. 3

№ п/п	Местоположение / Location		Абсолютные отметки, м / Absolute markings, m				Гляциформы / Glacial forms	
	ледник / Glacier	координаты / Coordinates	водо-раздел / Watershed	головной кар / Main cirque	конец ледника / Glacier terminus	снеговая линия / Snowline	экзарационные / Exaration	аккумулятивные / Accumulative
6	Рассошка (р. Чечуй) / Rassoshka (r. Chechuy)	57°29'36" с. ш. 109°42'58" в. д.	1500	1150 озеро, к. г. / r. g.	820	1000	+++	+++
7	Безымянный (р. Чая) / Nameless (r. Chaya)	57°25'56" с. ш. 110°00'12" в. д.	1280	отсутствует	730	1200...1300	-	+++
8	Ниж. Рассоха (р. Чая) / Nizh. Rassokha (r. Chaya)	57°28'19" с. ш. 109°53'34" в. д.	1580	1280 озеро, к. г. / r. g.	760	1100...1200	+++	+++
9	Безымянный (хр. Ачиткан) / Nameless (ridge Akitkan)	57°21'12" с. ш. 109°33'46" в. д.	1500	1220 озеро, к. г. / r. g.	650	1000...1050	+++	+++
10	Прав. Рассоха (р. Чечуй) / Right. Rassokha (r. Chechuy)	57°13'39" с. ш. 109°21'06" в. д.	1570	1200	730	1000	+++	+++
11	Безымянный (р. Чая) / Nameless (r. Chaya)	57°14'28" с. ш. 110°15'53" в. д.	1422	ложбина	1020	1300...1350	-	++
12	Чарво (1590 м) / Charvo (1590 m)	57°05'50" с. ш. 110°53'38" в. д.		1590 озеро	1110	1400...1500	+++	++
13	Безымянный (р. Верх. Рассоха) / Nameless (Upper Rassokha River)	57°10'46" с. ш. 109°09'46" в. д.	1280	910 озеро	820	950	+++	+++
14	Верх. Рассоха (р. Кутима) / Top. Rassokha (R. Kutima)	57°06'36" с. ш. 109°00'30" в. д.	1250	980 озеро	750	960...1000	+++	+++
15	Мал. Чечуй / Small. Chechuy	57°05'40" с. ш. 109°29'35" в. д.	1311	отсутствует	800	1200	-	+++
16	Западная Кутима (Р. Кутима) / Western Kutima (R. Kutima)	57°04'46" с. ш. 109°10'44" в. д.	1600	1290	1130	1170	+++	+++
17	Домугда (г. 1573 м) / Domugda (city 1573 m)	56°44'45" с. ш. 108°52'00" в. д.	1540	1200	840	1150	+++	+++
18	Амнундакан (р. Бол. Чуя) / Amnundakan (r. Bol. Chuya)	56°50'47" с. ш. 110°45'17" в. д.	1800	1480 озеро, к. г. / r. g.	1020	1500	+++	++
19	Безымянный (р. Бол. Чуя) / Nameless (r. Bol. Chuya)	56°47'25" с. ш. 110°58'13" в. д.	1700...1800	1350 озеро	1120	1500	+++	+++
20	Солоскит (хр. Мал. Ачиткан) / Soloskit (Ridge Mal. Akitkan)	56°42'31" с. ш. 109°23'32" в. д.	1732	1450 ложбина	1230	1400...1500	+	++
21	Прав. Черепаниха (левый отвершек) / Right. Cherepanikha (left screwdriver)	56°44'52" с. ш. 108°35'08" в. д.	1080...1150	940 к. г. / r. g.	700	850...900	+++	++
22	Аэлита (р. Неручанда) / Aelita (r. Neruchanda)	56°24'43" с. ш. 109°35'22" в. д.	1933	1660 озеро	1280	1400...1500	+++	+++

Окончание табл. 3

23	Чико (гора 1634 м) / Chico (mountain 1634 m)	56°48'17" с. ш. 109°53'24" в. д.	1634	1500 ложбина	1200	1500	+	++
24	Олокит / Olokit	56°32'44" с. ш. 110°20'02" в. д.	1735	1340 озеро, к. г. / r. g.	1030	1500...1600	+++	++
25	Дзелинда (хр. Верхнеангарский) / Dzelinda (Verkhneangarsky ridge)	56°06'01" с. ш. 110°42'00" в. д.	2065	1650	1330	1630	+++	+++
26	Безымянный (р. Кичера) / Nameless (r. Kichera)	56°05'20" с. ш. 110°09'53" в. д.	2010	1550 озеро, к. г. / r. g.	1040	1600	+++	+++
27	Дургань (р. Окунайка) / Durgan (Okunayka river)	56°05'14" с. ш. 108°12'27" в. д.	1168	980 воронка	750	1000	+++	++

Примечание см. табл 1, 2.

Ложбина – блюдцеобразное расширение в вершине долины /

Notes: see table 1, 2.

Hollow – saucer-shaped extension at the top of the valley

В условиях небольшой разницы между нижней границей хионосферы и высотами вершинного пояса горных сооружений существенное влияние на формирование ледников оказывает ветровое перераспределение слабо развитого снежного покрова. В результате перемещения снега в подветренные части склонов возникали снежные массы большой мощности, что приводило к возникновению ледников № 2, 3, 9, 15 (см. табл. 3). На такое явление указывают приуроченность каров к склонам восточной и юго-восточной экспозиции, развитие нивационных цирков и часто отсутствие следов оледенения в долинах, ориентированных по другим румбам.

И в настоящее время незначительные снежные накопления концентрируются в основном на подветренных склонах активизируя морозный забой, который придает современную контрастность былым серповидным нивационным карам.

Западное обрамление Северо-Байкальского нагорья представлено относительно узким и протяженным хребтом Аkitкан, расчлененным поперек долинами рек Большая Миня, Кутима, Чечуй и Чаа. Глубокая депрессия снеговой границы и относительно высокие водоразделы (1600...1740 м) обусловили возникновение многочисленных сетчатых,

сложных и простых долинных ледников протяженностью до 15 км с областями питания, расчлененными глубокими долинами рек, пересекающими хребет. Возникла цепочка нешироких (15...20 км) центров оледенения, протянувшаяся субмеридионально с юго-запада на северо-восток на 210 км (рис. 5).

Южное обрамление Северо-Байкальского нагорья представлено горными сооружениями высотой 1700...2578 м. К ним относятся (см. рис. 1): южная оконечность хребта Аkitкан (1700...2067 м); гольцы Довырен (2114 м), Иняптук (2514 м); хребты малой протяженности Унгдар (2293 м), Бурпала (2063 м); юго-западные оконечности хребтов Сынныр (2308 м) и Верхнеангарский (2529 м). Несмотря на повышение снеговой границы в восточном направлении с 1000...1100 м н.у.м. в долине реки Окунайка до 1600 м и более в бассейне р. Кичера, значительная высота водораздельных пространств привела к развитию огромного поля сетчатого оледенения (с элементами горно-покровного). Верховья долин Левая Миня, Тья, Холодная и Чаа с притоками Абчада и Олокит превратились практически в ледомы (см. рис. 5). Выводные ледники сформировали огромные конечно-моренные комплексы с бугристо-западным и грядовым рельефом исключительной выразительности и сохранности.

Восстановление положения нижней границы хионосферы имеет принципиальное значение для латеральной корреляции следов оледенения при составлении палеогеографической карты (см. рис. 2, 4). Особенности деформации нижней границы хионосферы обусловлены глобальными, региональными и локальными причинами, как правило, влияющими совместно. Тем не менее, при контрастном характере морфоструктур разных порядков и ориентированности в пространстве, создаются условия, где можно оценить преобладающее влияние отдельного фактора.

Глобальное понижение снеговой границы прослеживается от средних широт на север. Оно наиболее точно устанавливается на пространствах Прибайкалья и Забайкалья, где отсутствуют хребты субмеридиональной ориентировки. В частности, в Восточном Забайкалье по меридиану от гольца Сохондо до хребтов Удокан и Кодар палеоснеговая граница сартанского оледенения понижалась от 1900...2000 м на юге до 1600...1700 м на севере Забайкальского края, что соответствовало понижению на 300 м высотных климатических зон на расстоянии 900 км.

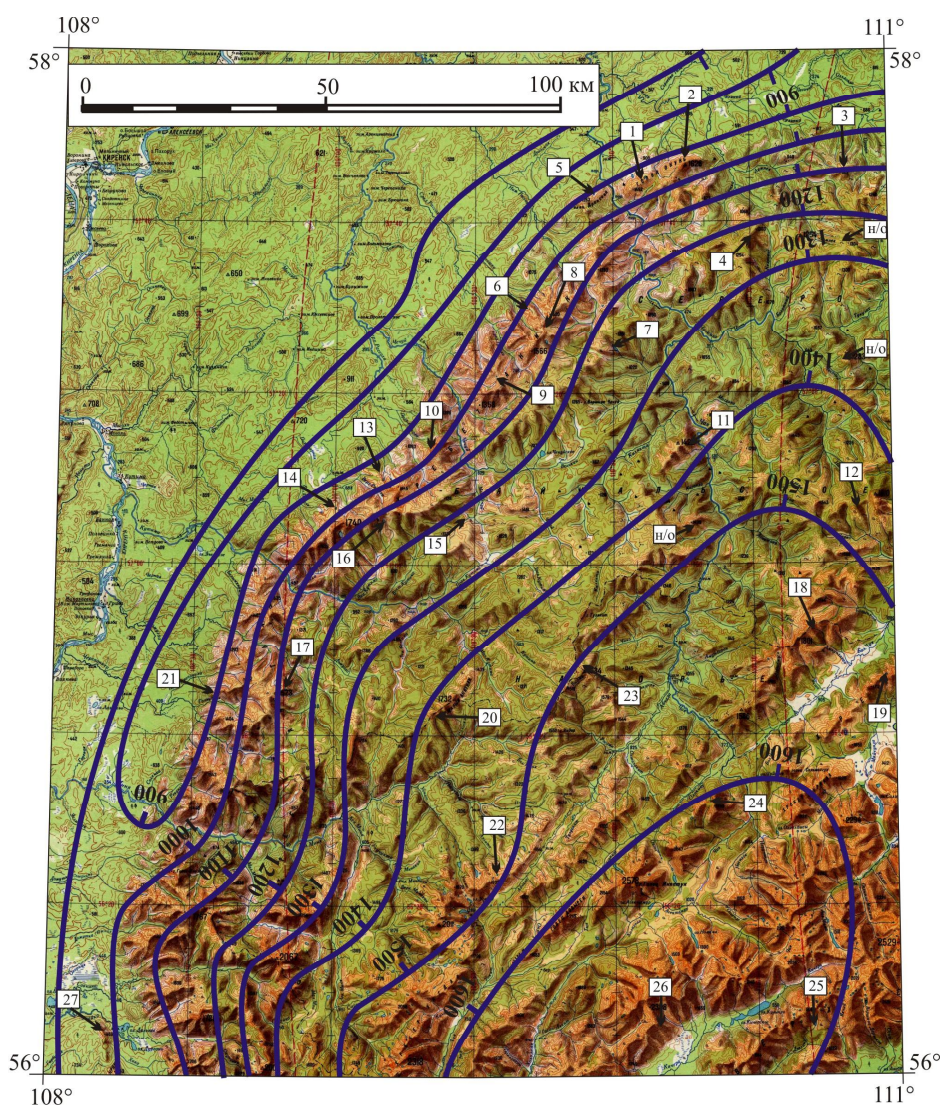


Рис. 4. Снеговая граница сартанского оледенения Северо-Байкальского нагорья (лист О-49-В).  
 Условные обозначения см. рис. 2 / Fig. 4. Sartan glaciation snowline in the North-Baikal highland  
 (sheet O-49-B). Legend see fig. 2.



Рис. 5. Палеогеографическая карта сартанского оледенения Северо-Байкальского нагорья. Условные обозначения см. рис. 2 / Fig. 5. Paleogeographic map of the Sartan glaciation of the North-Baikal highlands. Legend see fig. 2.

В Прибайкалье эта деформация выражена менее контрастно в связи с меридиональной ориентировкой большинства высокогорных хребтов с альпинотипным рельефом. Здесь существенное значение приобретают

региональные факторы, влияющие на деформацию орографической снеговой границы.

Современные знания о климате Прибайкалья и Забайкалья свидетельствуют, что фактическое количество осадков, рассчитан-

ное по вертикальному градиенту от предгорных метеостанций, на высотах 2500...2600 м составляет 800...1000 мм/год. Из них более половины – твердые, так как период с температурой воздуха ниже 0 °С на этой высоте продолжается 10 месяцев в году. Очевидно, что и в сартанское время существовала такая закономерность. Депрессия палеоснеговой границы на 2000...2100 м и более по сравнению с современной климатической, равной 3100 м, и продолжительный период с отрицательной среднегодовой температурой воздуха приводили к существенному увеличению снегового питания. На это указывают и преимущественно сетчатый характер оледенения, и размеры ледников – до многих десятков километров по долинам рек Миня, Чая, Большая Чуя, Кичера, Левая Мама и др. (см. рис. 5).

С региональными причинами связана глубочайшая депрессия снеговой линии до уровня 900 м и ниже, обусловленная перехватом влагонесущих атмосферных масс. Она прослеживается под основанием резко выраженного и относительно высокого западного уступа Северо-Байкальского нагорья, осложненного узким и протяженным хребтом Аkitкан. К этой же категории причин, вызывающих своеобразное поведение орографической снеговой линии, можно отнести ее характер в восточном направлении. В частности: дефицит влажности в тыловой части хр. Аkitкан, выполняющий функцию барьера западному переносу атмосферной влаги; относительно низкие водораздельные пространства в центральных частях Северо-Байкальского нагорья; практически совпадающий рост высоты местности с повышением снеговой границы в восточном направлении. Этим определены крайне незначительные по площади области питания ледников на водораздельных пространствах среднего и нижнего течения р. Чая (см. рис. 4, 5). Особенно сильно это влияние отобразилось в центральной части Патомского нагорья, где сокращение осадков в твердом виде привело к формированию изолированного максимума снеговой границы не позволяющего формироваться ледникам на высотах 1500 м и более.

Локальные причины, вызывающие деформацию орографической снеговой границы, рассматриваются на примере ярко выраженного экспозиционного фактора в

пределах субширотного-ориентированного западного окончания Верхнеангарского хребта. На южном мегасклоне в верховье р. Дзелинда ледники с прекрасно сохранившимися конечными моренами оканчивались на высоте 1300...1350 м (см. табл. 3, ледник № 25). Снеговая линия, установленная по отметкам проксимальных концов береговых морен, проходила на высоте 1630 м. В противоположном направлении ледники по крутым трогам, расчленяющим северный мегасклон хребта, достигали его подножья, где сливались с магистральным ледником Кичера. Конечно-моренный амфитеатр с концевым озером Кулинда располагается на уровне 550 м. Снеговая граница проходила на высоте 1300...1400 м. Таким образом, локальная депрессия снеговой границы в этом районе, обусловленная экспозиционным фактором, могла достигать 250...330 м.

В высокогорных районах с альпинотипным рельефом, как на хребтах южного обрамления Северо-Байкальского нагорья, глубокие долины и высокие борта трогов создавали теневой эффект, способствующий понижению среднегодовой температуры приземного воздуха. Положение фирновой границы оказывалось на 100...200 м ниже орографической. Повсеместно симбиоз каровых ледников с нивационными проявлениями четко трассируют снеговую границу в периферийных частях горных сооружений, а также ограничивают центры оледенений, имеющие небольшую площадь. При реставрации ледников и анализе высот, на которых установлены снеговые границы, выясняется, что довольно часто фирновая граница на ледниках в глубоких долинах проходит ниже орографической снеговой линии на 100 м и более. Это обусловлено комплексными причинами: экспозицией мегасклонов хребтов, «теневым» эффектом расчлененного рельефа и влиянием обширных ледовых масс, выполнявших роль «холодильника», понижающего среднесуточную температуру приземного воздуха.

На представленных палеокартах изохионы отражают деформации снеговой границы, обусловленные преимущественно региональными причинами. Это связано с тем, что на картах масштаба 1:500 000 многие элементы рельефа, вызванные локальными причинами, генерализованы. Более детально искривления нижней границы хионосферы можно ото-

бразить на палеокартах масштаба 1:200 000 и крупнее.

**Заключение.** В результате исследования реконструированы пространственные границы и параметры ледников в эпоху сартанского оледенения для разобщенных горных сооружений Патомского и Северо-Байкальского нагорий и построена палеогеографическая карта. Установлена депрессия снеговой границы в максимум последнего похолодания на 2000...2100 м по отношению к современной климатической. Выявлено изменение кривизны нижней границы хionoсферы в зависимости от климатических особенностей и физико-географических условий территории, определены площади питания ледников.

Установлено, что по морфологии оледенение рассматриваемых территорий является горно-долинным и сетчатым с несколькими участками горно-покровного, приуроченными к уплощенным поверхностям вершинного пояса горных сооружений.

По разнице между изолиниями поверхности льда и тальвегом долины в поперечном разрезе определяется мощность ледника, которая могла достигать 400...600 м.

Россыпи, шлиховые потоки и вторичные геохимические ореолы в пределах реконструированных пространственных границ ледников исследуемой территории могут быть оторваны от коренных источников и смещены в направлении движения ледовых масс, что необходимо учитывать при выполнении массовых поисковых работ и шлихового опробования.

Полученные новые палеогеографические данные повысят возможности более эффективного картирования четвертичных отложений в пределах Северо-Байкальского и Патомского нагорий и выявления в этой области конкретных участков речных долин, благоприятных для россыпеобразования.

#### Список литературы

1. Безрукова Е. В., Кулагина Н. В., Летунова П. П., Шестакова О. Н. Направленность изменений растительности и климата Байкальского региона за последние 5 миллионов лет (по данным палинологического исследования осадков озера Байкал) // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 5. С. 739–749.
2. Белоусов В. М., Инешин Е. М., Сулержицкий Л. Д., Тетенькин А. В. Модель формирования рельефа Мамаканского геологического субрайона // Археологическое наследие Байкальской Сибири. 2002. № 2. С. 21–42.
3. Еникеев Ф. И., Потемкина В. И., Старышко В. Е. Стратиграфия и эволюция климата и растительности позднего кайнозоя Северного Забайкалья. Новосибирск: Гео, 2013. 131 с.
4. Инешин Е. М. Динамика развития ледниковых обстановок и заселение человеком Байкало-Патомского нагорья в плейстоцене – раннем голоцене (новые данные по гляциологии) // Известия Лаборатории древних технологий. 2003. № 1. С. 50–57.
5. Колман С. М., Купцов В. М., Джойнс Г. А., Картер С. Дж. Радиоуглеродное датирование Байкальских осадков // Геология и геофизика. 1993. Т. 34, № 10-11. С. 68–77.
6. Кривоногов С. К. Осадконакопление во впадинах Байкальской рифтовой зоны в позднем плейстоцене и голоцене: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук: 25.00.01. Иркутск, 2010. 31 с.
7. Леви К. Г., Мац В. Д., Куснер Ю. С., Кириллов П. Г., Алакшин А. М., Толстов С. В., Осипов Э. Ю., Ефимова И. М., Бак С. Постгляциальная тектоника в Байкальском рифте // Российский журнал наук о Земле. 1998. № 1. С. 23–24.
8. Мац В. Д., Покатилов А. Г. Стратиграфия четвертичных отложений в береговой полосе озера Байкал // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1976. № 3. С. 133–139.
9. Осипов Э. Ю., Грачев М. А., Мац В. Д. Реконструкция горных ледников последнего плейстоценового оледенения в северо-западной части Баргузинского хребта (Северное Прибайкалье) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 7. С. 652–663.
10. Margold M., Jansen J. D., Gurinov A. L., Codilean A. T., Fink D., Preusser F., Reznichenko N. V., Mifsud Ch. Extensive glaciations in Transbaikalia, Siberia, at the Last Glacial Maximum // Quaternary Science Reviews. 2016. Vol. 132. P. 161–174.
11. Margold M., Jansen J. D., Codilean A. T., Preusser F., Gurinov A. L., Fujioka T., Fink D. Repeated megafloods from glacial Lake Vitim, Siberia, to the Arctic Ocean over the past 60,000 years // Quaternary Science Reviews. 2018. No. 187. P. 41–61.
12. Osipov E. Y., Khlystov O. M. Glaciers and melt water flux Lake Baikal during the Last Glacial Maximum // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 2010. Vol. 294. P. 4–15.

## References

1. Bezrukova E. V., Kulagina N. V., Letunova P. P., Shestakova O. N. *Geologiya i geofizika* (Geology and geophysics), 1999, vol. 40, no. 5, pp. 739–749.
2. Belousov V. M., Ineshin E. M., Sulerzhitsky L. D., Tetenkin A. V. *Arheologicheskoe nasledie Baykalskoy Sibiri* (Archaeological heritage of Baikal Siberia), 2002, no. 2, pp. 21–42.
3. Enikeev F. I., Potemkina V. I., Staryshko V. E. *Stratigrafiya i evolyutsiya klimata i rastitelnosti pozdnego kajnozoya Severnogo Zabaykaliya* (Stratigraphy and evolution of the climate and vegetation of the Late Cenozoic of Northern Transbaikalia). Novosibirsk: Geo, 2013. 131 p.
4. Ineshin E. M. *Izvestiya Laboratorii drevnykh tekhnologii* (Bulletin of the Laboratory of Ancient Technologies), 2003, no. 1, pp. 50–57.
5. Kolman S. M., Kuptsov V. M., Yoyns G. A., Carter S. J. *Geologiya i geofizika* (Geology and Geophysics), 1993, vol. 34, no. 10–11, pp. 68–77.
6. Krivonogov S. K. *Osadkonakopleniye vo vpadinakh Baykalskoy riftovoy zony v pozdnem pleystotsene i golotsene: avtoref. dis. ... d-ra geol.-miner. nauk: 25.00.01* (Sediment accumulation in the depressions of the Baikal rift zone in the Late Pleistocene and Holocene: abstract dis. ... dr. geol.-miner. sciences: 25.00.01). Irkutsk, 2010. 31 p.
7. Levi K. G., Matz V. D., Kusner Yu. S., Kirillov P. G., Alakshin A. M., Tolstov S. V., Osipov E. Yu., Efimova I. M., Bak S. *Rossiyskiy zhurnal nauk o Zemle* (Russian Journal of Earth Sciences), 1998, no. 1, pp. 23–24.
8. Mats V. D., Pokatilov A. G. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya geograficheskaya* (Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Geographic series), 1976, no. 3, pp. 133–139.
9. Osipov E. Yu., Grachev M. A., Mats V. D. *Geologiya i geofizika* (Geology and geophysics), 2003, vol. 44, no. 7, pp. 652–663.
10. Margold M., Jansen J. D., Gurinov A. L., Codilean A. T., Fink D., Preusser F., Reznichenko N. V., Mifsud Ch. *Quaternary Science Reviews* (Quaternary Science Reviews), 2016, vol. 132, pp. 161–174.
11. Margold M., Jansen J. D., Codilean A. T., Preusser F., Gurinov A.L., Fujioka T., Fink D. *Quaternary Science Reviews* (Quaternary Science Reviews), 2018, no. 187, pp. 41–61.
12. Osipov E. Yu., Khlystov O. M. *Paleogeography. Paleoclimatology. Paleoecology* (Paleogeography. Paleoclimatology. Paleoecology), 2010, vol. 294, pp. 4–15.

Работа выполнена по проекту IX.137.1.1 (№ госрегистрации АААА-А17-117011210078-9)

## Коротко об авторе

## Briefly about the author

Еникеев Фарид Исхакович, д-р геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. Область научных интересов: мелко- и среднемасштабное гидро- и геологическое картирование, геология кайнозойских отложений, палеогеография, криология, россыпеобразование

Farid Enikeev, doctor of geol.-mineralogical sciences, leading scientific researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: medium-scale hydro- and geological mapping, Cenozoic sediment geology, paleogeography, cryology, placer formation

## Сведения о корреспондирующем авторе

Решетова Светлана Александровна, ст. науч. сотрудник лаборатории Геохимии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия.  
srescht@mail.ru

Svetlana Reshetova, senior scientific, researcher of the Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia.

## Образец цитирования

Еникеев Ф. И. Палеогеография Сартанского оледенения Патомского и Северо-Байкальского нагорий // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26, № 8. С. 16–30. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-16-30.

Enikeev F. Paleogeography of the sartan glaciation of the patomsky and north-baikal highlands // Transbaikalian State University Journal, 2020, vol. 26, no. 8, pp. 16–30. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-8-16-30.

Статья поступила в редакцию: 05.06.2020 г.  
Статья принята к публикации: 27.07.2020 г.