

№ 30—31 — 2007

Главный редактор

А. Ф. Морозов

Первый заместитель главного редактора

О. В. Петров

Заместители главного редактора

А. И. Жамойда, В. Л. Масайтис, Т. М. Барабанова

Редакционная коллегия

Е. А. Басков, Г. М. Беляев, В. А. Глебовицкий, А. С. Киреев, В. И. Колесников,  
Л. И. Красный, Ю. Г. Леонов, Л. В. Оганесян, М. В. Ошуркова, В. К. Путинцев,  
Д. В. Рундквист, А. А. Смыслов, М. А. Спиридонов, В. С. Сурков, Ю. М. Шувалов

Бюро редколлегии

А. И. Жамойда (пред.), Т. М. Барабанова, В. И. Колесников,  
В. Л. Масайтис, О. В. Петров, В. К. Путинцев

К. ЗИГЕРТ (AWI, Потсдам, Германия), Г. ШТАУХ, Ф. ЛЕМКУЛЬ  
(Аахенский ун-т, Германия), А. И. СЕРГЕЕНКО (ИГАБМ СО РАН, Якутск),  
Б. ДИКМАНН, С. ПОПП (AWI, Потсдам, Германия),  
И. Н. БЕЛОЛЮБСКИЙ (ИГАБМ СО РАН, Якутск)

## РАЗВИТИЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ ВЕРХОЯНСКОГО ХРЕБТА И ЕГО ПРЕДГОРИЙ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ НОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сообщаются новые данные о хронологии ледниковых образований Верхоянского хребта и его предгорий. Они базируются на более чем 50 новых датировках, полученных методами IRSL (стимулированная инфракрасным светом люминесценция) и AMS (радиоуглеродное датирование ускорительной масс-спектрометрией). Результаты указывают на то, что оледенение Верхоянья древнее, чем до сих пор считалось. В последний гляциальный максимум заметного развития оледенения не было.

New evidence on the chronology of Pleistocene glacial formations in the Verkhoyansk Mountains is presented. It is based on more than 50 new IRSL and radiocarbon (AMS) datings. The results suggest that glaciations in the Verkhoyansk Range are older than believed heretofore. Our data do not support any extensive glaciation during the Last Glacial Maximum.

За последние годы было получено много новых данных, относящихся к развитию оледенения и условий окружающей среды Западной и Средней Сибири [19, 9], а также Дальнего Востока [7]. Верхоянский горный регион относительно мало изучен. Удаленность Верхоянского хребта от источников влаги, резкая континентальность климата — главные причины незначительных размеров современных ледников, несмотря на весьма суровый климат в этом регионе. Палеогеографическая информация с прилегающих территорий позволяет предполагать, что подобный климат, даже с еще более высокой континентальностью, чем сегодня, существовал и в позднем плейстоцене [11, 15, 16].

Вопросы о размерах четвертичных оледенений и их хронология до сих пор остаются спорными. В то время как большинство авторов реконструирует для последнего гляциального максимума ограниченное горное оледенение [1, 10, 12, 21], некоторые полагают, что верхоянские ледники были частью пан-Арктического ледникового щита [8]. В Западном Верхоянье выделяют до десяти морен [3–5]. Очевидно, что в максимальное оледенение выводные ледники достигали левобережья р. Лена, отесняя ее русло к западу [3]. Однако вопрос, происходило ли это в среднем или позднем плейстоцене, остается нерешенным. Объясняется это тем, что до

настоящего времени хронология ледниковых событий в этом регионе базируется только на давних радиоуглеродных датировках, сомнительность которых была многократно доказана [1, 2, 6].

В рамках осуществления германско-российского проекта 2002–2004 гг. получены новые данные о стратиграфии четвертичных отложений Верхоянского хребта и его предгорий и о хронологии оледенений. Полевые работы проводились в Среднем Верхоянье в бассейнах рек Тумара (правого притока Нижнего Алдана) и Дянышка (правого притока р. Лена). При исследованиях использовался комплекс методов, включающий геоморфологические исследования с применением аэро- и космических снимков, определение абсолютного возраста методом IRSL (стимулированная инфракрасным светом люминесценция) и AMS (радиоуглеродное датирование ускорительной масс-спектрометрией), а также геохронологические, литологические, минералогические, изотопно-геохимические и палинологические исследования [13, 14, 17, 18].

**Методы исследования.** Участки для полевых работ были выбраны при помощи дистанционных методов. Использовались снимки Landsat 7 и Corona. Первые служили основой для составления карт, в то время как последние, имеющие разрешение до 4 м, служили для проверки

точности интерпретации форм рельефа. Были изучены обнажения в долинах рек и прилегающей территории, методом IRSL датировано 47 образцов. Методика анализа подробно изложена в работе Г. Штауха и др. [18]. Отбор образцов проводился прежде всего в сезонноталом слое на глубинах от 1,5 до 2,0 м, что диктовалось близким к поверхности залеганием многолетней мерзлоты. Чаще всего отбирались эоловые, флювиальные и флювиогляциальные отложения, залегающие над моренами или их замещающие. В отдельных случаях для определения возраста удалось собрать образцы собственно моренного материала. Кроме того, был получен ряд новых радиоуглеродных возрастов методом AMS для перигляциальных отложений как Среднего, так и Северного Верхоянья.

**Результаты.** В бассейне р. Тумара обнаружены четыре четко выраженных конечно-моренных комплекса. Наиболее высоко расположенный находится в горах, а остальные три – в предгорьях (рис. 1). Последние хорошо выделяются

своими размерами и влиянием на гидрографическую сеть, степенью флювиогляциального расчленения и срезания поверхности, расположением и размерами озер. Три морены на предгорной равнине, в отличие от небольшой и эродированной горной, состоят из крупных концентрических валов и четко различаются по вышеуказанным ландшафтным признакам.

Первая морена (I) находится в 30 км выше выхода реки из гор, на абсолютной высоте 380 м. Выше по реке конечных морен не найдено. Морена I состоит из нескольких, сильно эродированных небольших валов (рис. 2). Наиболее четко она выражена на правом берегу, где вал в 2,5 км длиной примерно на 40 м возвышается над флювиогляциальной равниной. Выше первого моренного вала находится группа озер и еще несколько небольших валов (рис. 2, B). Вниз по реке за мореной следуют три флювиогляциальных конуса выноса. К северу моренный комплекс I завершается низкой, плохо сохранившейся грядой (рис. 2, C). Древнее дно

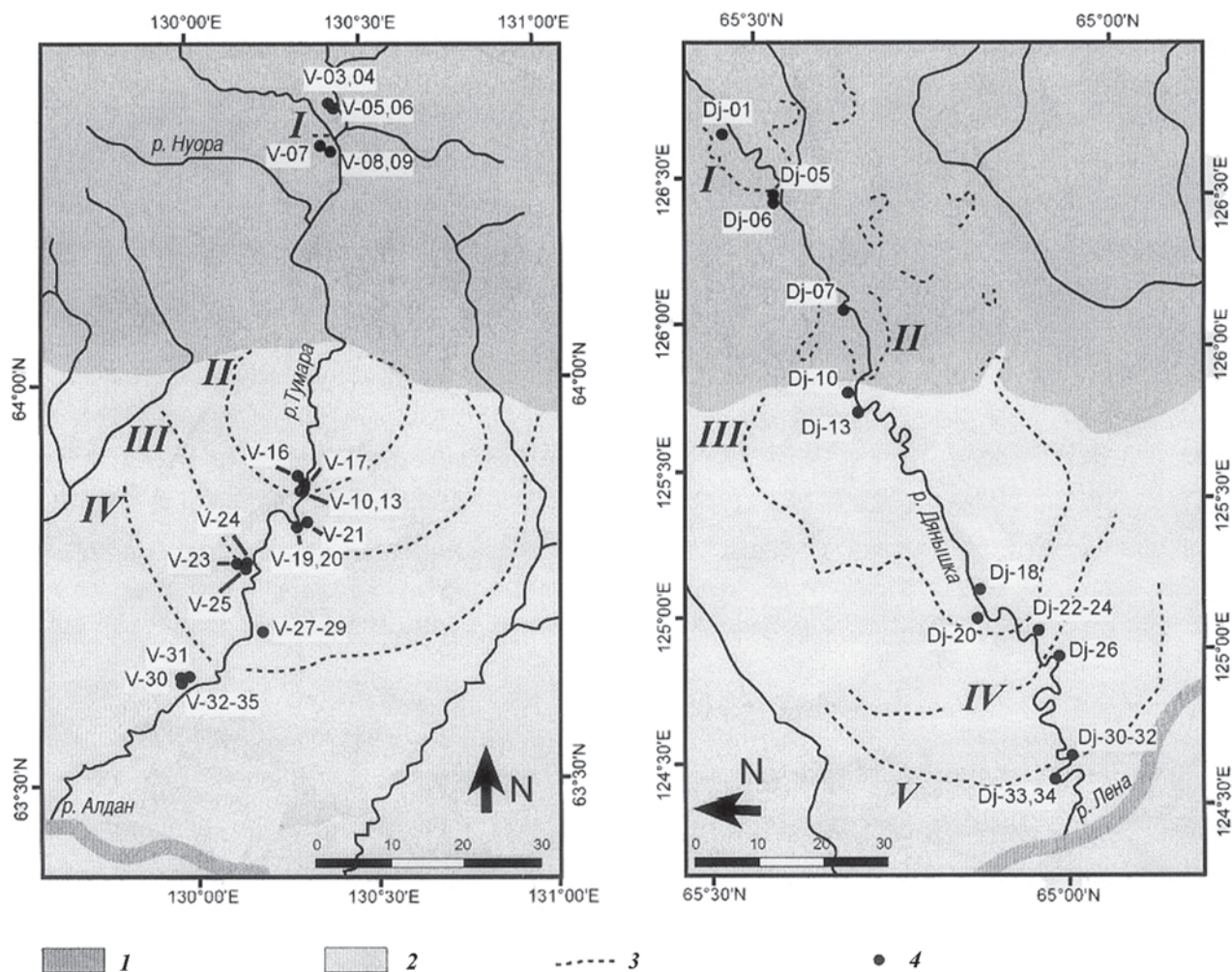


Рис. 1. Расположение конечных морен (I–V) и образцов, отобранных для датирования методом IRSL в бассейнах рек Тумара (слева) и Дяньшжа (справа), по Г. Штаух и др. [18]

1 – горы, 2 – предгорья, 3 – моренный гребень, 4 – места отбора образцов





нарушена разломом, который рвет также морену IV, но не морену I. Поэтому можно предположить, что блоковое смещение происходило до образования последней.

В основании моренного сооружения III лежит остаток донной морены, состоящий из плотного, сильно глинистого нижнего слоя и верхнего слоя из более рыхлого песчанистого моренного материала. Для последнего был получен возраст  $86,9 \pm 6,8$  тыс. лет (обр. V-25). Морена перекрыта флювиогляциальным галечником и покровом лессовидных отложений мощностью 1–4 м, IRSL-возраст которых составляет  $48,5 \pm 3,9$  тыс. лет (обр. V-23).

Наиболее удаленная от гор конечная морена IV сильно эродирована и морфологически наименее выразительна. Поверхность этого длинного моренного вала покрыта цепочками озер, которые здесь, однако, отличаются большими размерами. Основание моренного сооружения IV также состоит из плотной донной морены, которая перекрыта песчаным моренным материалом. Для эоловых покровных отложений на морене удалось получить два IRSL-возраста:  $107 \pm 10$  и  $123,0 \pm 9,5$  тыс. лет (обр. V-27 и V-28).

Из вышеприведенных геохронометрических данных следует, что все морены в бассейне р. Тумара древнее 50, а внешние — 80 и 100 тыс. лет.

**В бассейне реки Дянышка** выделяются в горной части два моренных комплекса, на предгорной равнине — три крупных конечно-моренных дуги (рис. 1). Морена I расположена в 35 км выше выхода реки из гор, около устья р. Саганджа (рис. 3). Моренный комплекс разделен выходом скальных пород. Расстояние между сторонами моренной дуги, включая ее выход в

соседнюю долину, составляет 15 км. Поверхность морены покрыта озерами. Выделяются три стадии отступления. Выше по реке присутствуют остатки боковой морены, которые поднимаются с 200 м непосредственно около конечной морены и до 600 м далее по долине. В прилегающих долинах боковые морены лежат еще выше. Ниже по течению к конечной морене примыкает сильно эродированный флювиогляциальный конус выноса.

В отличие от первой морены в долине р. Тумара, морена I здесь почти полностью укрыта эоловыми песчаными и лессовидными отложениями. В языковом бассейне гляциальные отложения перекрыты глинистыми и песчанистыми озерными осадками, над которыми залегают пески и лессы явно эолового генезиса. Для эоловых песков IRSL-возраст составляет  $39,7 \pm 3,1$  тыс. лет (обр. Dj-1), т. е. несколько моложе, чем для покровных отложений на конусе выноса морены I в долине р. Тумара.

Вторая конечная морена II расположена прямо у выхода из гор (рис. 1). Она сохранилась только как низкий вал, но на космических снимках четко выделяется. Как на северной, так и на южной стороне долины реки конечная морена переходит в боковые морены. Яркие выраженные стадии отступления и цепи озер, характерные для морен на р. Тумара, здесь отсутствуют. Моренные отложения прослеживаются по дну долины на 12 км вверх по реке. Они перекрыты эоловыми песками, а сверху лессовидными осадками. Образец Dj-07 из эоловых песков с глубины 80 см дал IRSL-возраст  $10,1 \pm 1,0$  тыс. лет. Пески соответствуют по возрасту пескам с конуса выноса морены I в долине р. Дянышка.

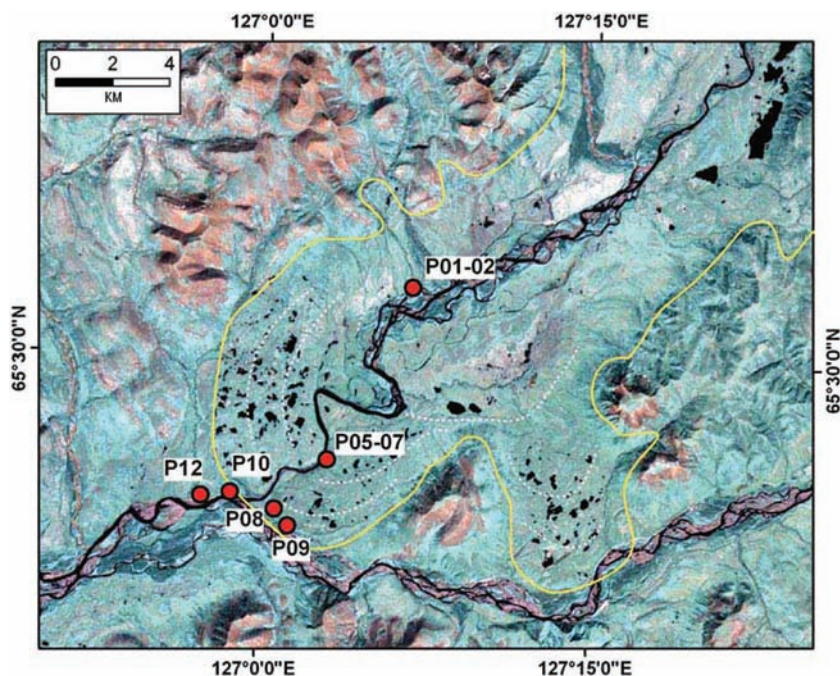


Рис. 3. Морена I в бассейне р. Дянышка (фрагмент космического снимка системы Corona). P10, P12 и т. п. — положение изученных профилей по [17]



Самая длинная моренная дуга III с нерегулярной формой (рис. 1) достигает вблизи гор абс. высоты 380 м, около бывшего ледникового языка высота составляет 180–250 м. Узкий вал на поверхности морены маркирует максимальное выдвижение ледника. Внутри моренной дуги выделяется пять стадий отступления. Четкие цепи озер развиты только локально. Эоловый покров здесь преимущественно песчанистый. Покрытые растительностью песчаные дюны имеют возраст  $11,6 \pm 1,0$  тыс. лет (обр. Dj 18), лессовидные отложения на самом западном участке конечной морены —  $26,8 \pm 2,0$  тыс. лет (обр. Dj 20).

Три датировки (обр. Dj 22, 23, 24) были получены в разрезе на западном скате морены. Возраст желтых базальных песков  $92,3 \pm 6,5$  тыс. лет, перекрывающих их эоловых отложений  $12,7 \pm 1,0$ , а вышележащих  $31,6 \pm 2,3$  тыс. лет. Возраст верхнего образца, по-видимому, завышен. Состав тяжелой фракции всех этих осадков свидетельствует о привносе материала из долины р. Лена в периоды интенсивной эоловой деятельности.

Морена IV четко прослеживается только на юге и западе речного бассейна. Она слабо выделяется в ландшафте и во многих местах сильно разрушена талыми водами более молодого ледника, образовавшего морену III. К северу от реки она достигает максимальной высоты (около 200 м). Ядро морены нигде не было обнажено, однако на высоте 163 м на моренном гребне прямо с поверхности лежат грубые обломки. Лессовидные покровные отложения были изу-

чены на молодой речной террасе, в 8 м над уровнем реки. Для образца Dj 26, отобранного в их основании, был получен IRSL-возраст  $11,2 \pm 1,3$  тыс. лет.

Морена V сохранилась только как отдельный вал, который ориентирован параллельно р. Лена. Она лежит в 70 км от гор на высоте 50 м. В остальных местах морена полностью эродирована (рис. 1). К югу морена состоит из тонких слоев диамиктового материала и более мощных прослоев песка. Эта толща подверглась гляциогенным деформациям. Высокое содержание глины в диамиктоне позволяет предположить его донноморенное происхождение. Выше второго диамиктового слоя следует маломощный слой песка, на котором развит палеопочвенный горизонт. Для этих песков возраст составляет  $135 \pm 9$  тыс. лет (обр. Dj 30), а деформированных внутриморенных песков —  $141 \pm 10$  тыс. лет (обр. Dj 31). В лессовидных отложениях, перекрывающих основную морену к западу, были обнаружены скопления ветрогранников.

В 4 км северо-восточнее прорыва р. Дянышка через морену V было изучено строение 16-метровой террасы р. Лена. Получены два IRSL-возраста: для песков  $157 \pm 11$  тыс. лет (обр. Dj 34), для перекрывающих их лессовидных отложений  $9,2 \pm 0,8$  тыс. лет (обр. Dj 33). Отложения террасы содержат различные криогенные структуры (криотурбации, ледяные и изначально земляные жилы), которые образовались, по-видимому, в позднем голоцене. В поверхность террасы врезана ложбина стока,

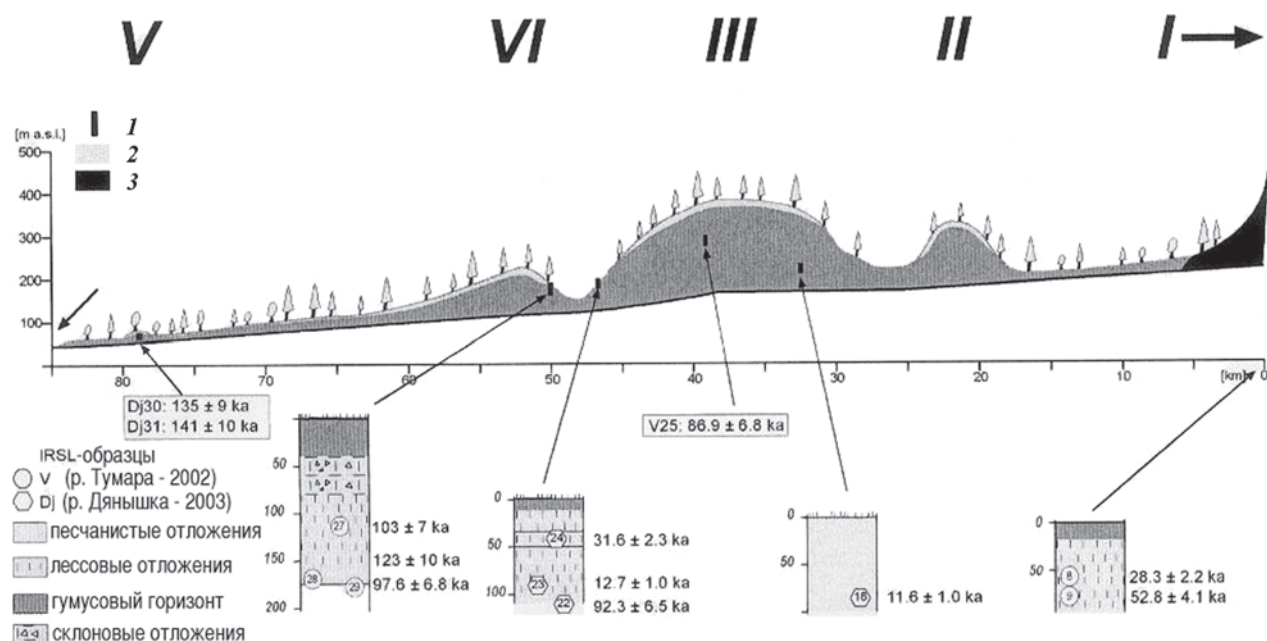


Рис. 4. Схематический разрез конечных морен в западном предгорье Верхоянского хребта с упрощенными профилями покровных отложений и IRSL-возрастами, по Г. Штаух и др.[18] (V–I – номера конечных морен)

1 – разрезы, 2 – эоловые отложения, 3 – Верхоянский хребт

**РАДИОУГЛЕРОДНЫЙ ВОЗРАСТ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО ВЕРХОЯНЬЯ**  
(датировки производились методом AMS в лаборатории им. Лейбница, г. Киль)

Образец	Место отбора образца	Глубина отбора, м	Лабораторный номер	<sup>14</sup> C-возраст, лет	Калиброванный возраст, лет
ОТ-11	Мыс Оголох-Тумуса, обн. 1	11,5	KIA29855	48 270 + 3500/-2460	
ОТ-17		9,2	KIA29856	42 450 + 870/-780	
ОТ-20		2,5	KIA29857	19 012 ± 124	20 608
ОТ-23		0,7	KIA29858	8398 ± 36	7519, 7499, 7484
ДП-1	Руч. Дарпи, обн. 1	6,0	KIA29859	5527 ± 46	4352
ДП-9		10,3	KIA29860	17 291 ± 89	18 628
ЭД-56	Руч. Элидеп, обн. 12	0,8	KIA29861	25 420 ± 160	

целиком заполненная мощным торфяником. Радиоуглеродные датировки показали для базального слоя торфа возраст  $12\,590 \pm 300$ , для слоя 1,2 м от верхней границы торфяника  $6840 \pm 50$  лет [20].

Представленные результаты существенно отличаются от принятой хронологии оледенений Верхоянского горного региона. Из ранее описанных десяти стадий оледенения, сформировавших конечные морены [3–5], нами было подтверждено только пять (рис. 4). Выдвигавшиеся из гор ледники оставили крупные конечные морены в западных предгорьях Верхоянского хребта (II–IV в бассейне р. Тумара; III–V в бассейне р. Дянышка). Морены I, сформированные последним заметным оледенением Верхоянья, в обеих изученных бассейнах были встречены только в горах. Четыре горные конечные морены моложе 50 тыс. лет, описанные предшественниками, нам обнаружить не удалось. Неясно, соответствует ли морена V в бассейне р. Дянышка одной из выделенных ранее погребенных морен [3–5]. Однако в обоих изученных бассейнах обнаружены отложения, которые могут быть отнесены к более древним оледенениям.

Все полученные данные указывают на то, что оледенение Верхоянья древнее, чем до сих пор считалось. По IRSL-датировкам ни одна из изученных конечных морен не была сформирована в последний гляциальный максимум. Дистанционными методами также не обнаружено молодых морен. Оледенение этого времени должно быть совсем незначительным, поскольку более древние моренные образования не несут на себе следов последующей ледниковой эрозии. За это говорят морфология наиболее высоко расположенных морен (I), а также перекрывающие их ненарушенные эоловые отложения.

С этими данными согласуются новые датировки, полученные по Северному Верхоянью и прилегающей территории. Они свидетельствуют о непрерывном накоплении перигляциальных осадков на предгорной равнине с 60 тыс. лет

назад до перехода к голоцену [15] и о существовании перигляциальных условий в горных долинах в последний гляциальный максимум — около 17 тыс. лет назад (таблица).

Осадконакопление в перигляциальных ландшафтах позднего неоплейстоцена сопровождалось аккумуляцией огромных масс подземного льда [15], что привело к образованию ледового комплекса на обширных равнинах Якутии. Такие геокриологические условия, наряду с остатками криоаридной флоры и фауны [11, 15, 16], свидетельствуют об экстремальной континентальности климата в это время и объясняют отсутствие существенных наземных оледенений. Наши результаты не позволяют реконструировать для Верхоянья сколько-нибудь значительное оледенение в последний гляциальный максимум.

Работа выполнена при финансовой поддержке Мецецкого исследовательского общества (DFG), грант Nu378/12-1 и -2.

1. *Архипов С. А.* Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1990. 95 с.
2. *Астахов В. И.* О хроностратиграфических подразделениях верхнего плейстоцена Сибири // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 11. С. 1207–1220.
3. *Астахов В. И., Мангеруд Я.* О возрасте каргинских межледниковых слоев на Нижнем Енисее // Докл. РАН. 2005. Т. 403. № 1. С. 63–66.
4. *Кинд Н. В., Колпаков В. В., Сулержицкий Л. Д.* Возраст оледенений в Верхоянском горном регионе // Известия АН СССР. 1971. Сер. геол. № 10. С. 135–144.
5. *Колпаков В. В.* Гляциальный и перигляциальный рельеф Верхоянской ледниковой области и новые радиоуглеродные датировки // Региональная геоморфология районов нового освоения. М., 1979. С. 83–98.
6. *Колпаков В. В., Белова А. П.* Радиоуглеродные датировки в ледниковой области Верхоянских гор и их предгорьях // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1980. С. 230–235.
7. *Brigham-Grette J., Gualtieri L. M., Glushkova O. Yu.* et al. Chlorine-36 and <sup>14</sup>C chronology support a limited last glacial maximum across Central Chukotka, North-Eastern Siberia, and no Beringia ice sheet // Quaternary Research. 2003. Vol. 59. P. 386–398.

8. Grosswald M. G., Hughes T. J. The Russian component of an Arctic Ice Sheet during the Last Glacial Maximum // *Quaternary Sci. Rev.* 2002. Vol. 21. P. 121–126.
9. Hubberten H.-W., Andreev A., Astakhov V. I. et al. The periglacial climate and environment in the Northern Eurasia during the last glaciation // *Quaternary Sci. Rev.* 2004. Vol. 23 (11/13). P. 1333–1357.
10. Isaeva L. L. Late Pleistocene Glaciations of the North Central Siberia // *Late Quaternary environment of the Soviet Union* / Ed. Velichko A.A. London: Longman, 1984. P. 21–30.
11. Kienast F., Schirmermeister L., Siegert C., Tarasov P. Paleobotanical evidence for warm summer during the last cold stage // *Quaternary Res.* 2005. Vol. 63 (3). P. 283–300.
12. Kotljakov V. A., Kravzova V. I., Dreyer N. N. *World Atlas of snow and ice resources.* Moscow: Nauka, 1997. 392 p.
13. Popp S., Diekmann B., Meyer H. et al. Paleoclimate signals as inferred from stable-isotope composition of ground ice in the Verkhoyansk foreland, Central Yakutia // *Permafrost and Periglacial Processes.* 2006. Vol. 17. P. 119–132.
14. Popp S., Belolyubsky I., Lehmkuhl F. et al. Sediment provenance of late Quaternary morainic, fluvial, and loess-like deposits in the southwestern Verkhoyansk Mountains (Eastern Siberia) and implications for regional paleo-environmental reconstructions. Submitted to *Geological Journal* (in review).
15. Schirmermeister L., Siegert C., Kuznetsova T. V. et al. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia // *Quaternary International.* 2002. Vol. 89. P. 97–119.
16. Sher A. V., Kuzmina S. A., Kuznetsova T. V., Sulerzhitsky L. D. New insights into the Weichselian environment and climate of the East Siberian Arctic, derived from fossil insects, plants, and animals // *Quaternary Sci. Rev.* 2005. Vol. 24 (5/6). P. 553–569.
17. Stauch G. Jungquartäre Landschaftsentwicklung im Werchojansker gebirge, Nordost Sibirien // *Aachener Geographische Arbeiten.* 2006. Vol. 45. 176 S.
18. Stauch G., Lehmkuhl F., Frechen M. Luminescence chronology from the Verkhoyansk Mountains (North-Eastern Siberia). *Quaternary geochronology*, 2007 (in press).
19. Svendsen J. I., Alexanderson H., Astakhov V. I. et al. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Sci. Rev.* 2004. Vol. 23 (11/13). P. 1229–1272.
20. Werner K., Andreev A., Diekmann B., Zech W. Holocene vegetation history of the Verkhoyansk Mountains foreland, North-Eastern Siberia. *Terra Nostra.* 2005. Vol. 3. P. 146–147.
21. Zamoruev V. Quaternary glaciation of North-Eastern Asia / P. L. (Eds.) *Quaternary glaciations – extent and chronology. Part III: South America, Asia, Africa, Australia, Antarctica* / Eds. Ehlers J. & Gibbard. Amsterdam: Elsevier, 2004. P. 321–323.