



ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЛАМА-ПЯСИНСКОГО РАЙОНА В ГОЛОЦЕНЕ

✉ *Борцов А.В.*

РГПУ имени А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

✉ *bav_mgt@mail.ru*

Приведены результаты собственных полевых исследований и архивных данных по изучению геокриологических условий Норило-Пясинского района. На наиболее удаленных и наименее изученных участках в истоке р. Пясины и в западной части котловины оз. Лама были проведены детальные полевые геокриологические исследования. Полученные данные послужили основой для разработки палеогеографического сценария для голоцена, на основании которого задавался ход изменения среднегодовой температуры на поверхности пород и моделировалось изменение температурного поля пород во времени. При проведении ретроспективных расчетов была определена мощность деятельного слоя, а также среднегодовая температура пород на подошве слоя сезонного оттаивания или промерзания в различные периоды голоцена для двух участков – на западном берегу оз. Лама и у истока р. Пясины. Геокриологические условия отличались динамичностью, т.к. напрямую зависели от температурного и влажностного климатических режимов. Установлено, что, несмотря на относительную близость указанных участков, в течение голоцена многолетнемерзлые породы у истока р. Пясины не оттаивали даже во время оптимума, тогда как среднегодовая температура пород на оз. Лама в период с 10000 до 4500 лет назад была положительной.

Ключевые слова: *голоцен, многолетнемерзлые породы, геокриологические условия, температурный режим пород, полевые геокриологические исследования, реконструкция палеогеографических условий*

Введение. Восстановление природных условий в голоцене является важной задачей, решение которой позволяет реконструировать геокриологические условия прошлого (особенности формирования и изменения температуры пород, реконструкции мощности слоя сезонного промерзания и протаивания) и прогнозировать их развитие в будущем. Район исследования расположен на стыке Западно-Сибирской и Северо-Сибирской низменностей, а также Среднесибирского плоскогорья (плато Путорана) и характеризуется относительно быстрыми и высокоамплитудными колебаниями климата.

Современные мерзлотные условия северных территорий во многом определяются палеогеографической историей их развития на протяжении четвертичного периода. В ледниковых районах динамика палеомерзлотных условий практически не изучена. Норило-Пясинский район - уникальный по сложности изменения природной обстановки в позднем неоплейстоцене и в голоцене, т.к. здесь происходили неоднократные длительные трансгрессии моря, многократные покровные и горные оледенения и формировалось огромное палеоозеро.

Изучаемый район представляет собой холмистую ледниковую равнину с хорошо развитой озерно-речной сетью (озера Пясино, Мелкое, Лама, реки Норильская и др.). Здесь распространены разновозрастные ледниковые, озерные и аллювиальные отложения, которым соответствуют определенные формы рельефа.

Изменения растительного покрова в пределах равнинной территории связаны с широтно-зональным изменением климатических условий, с различиями геолого-генетических типов отложений, а также гидрогеологической и геокриологической неоднородностью района. Граница лесотундры и северной тайги проходит на юге котловины оз. Пясино. В пределах западной части котловины оз. Лама развиваются елово-березовые и березово-лиственничные леса, не характерные для данных широт.

В результате сочетания ландшафтно-климатических условий и геолого-геоморфологического строения на территории обособляются три зоны: Северо-Сибирская низменность на севере, Норильская долина (с котловиной оз. Мелкого) и котловина оз. Лама. Общие закономерности изменения геокриологических условий равнинной территории в целом подчиняются законам широтной географической зональности, и определенным ландшафтными зонам соответствуют определенные геокриологические зоны.

На наиболее удаленных и наименее изученных участках в истоке р. Пясины и в западной части котловины оз. Лама (рис. 1) были проведены детальные полевые геокриологические исследования сотрудниками геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в 1991-1992 гг. и в 1997 г. (при непосредственном участии автора) [Melles *et al.*, 2006] по методике, разработанной под руководством В.А. Кудрявцева на кафедре геокриологии МГУ им. М.В. Ломоносова [Методика..., 1979]. На основе ландшафтного районирования территории на ключевых участках был проведен анализ закономерностей формирования среднегодовой температуры пород и глубины сезонного оттаивания (промерзания). За пределами ключевых участков полевые исследования имели рекогносцировочный характер, и оценка геокриологических условий выполнена на основе ландшафтного районирования и математического моделирования.

Так как данные непосредственных термометрических наблюдений ограничены, для установления закономерностей формирования среднегодовой температуры пород на указанных участках проведена количественная оценка влияния различных природных факторов на температуру пород и мощность сезонного (СТС) или сезонномерзлого (СМС) слоев по методу С.Н. Булдовича [Булдович, 2001]. Данная методика основана на анализе связи между температурным режимом пород и уровнем годового теплообмена в них. Расчет ведется через величину годовых теплооборотов, которые определяются целым рядом параметров ландшафтно-климатических и геологических факторов, среднегодовой температурой пород и мощностью СТС (СМС). Для каждого микрорайона были определены мощности СТС (СМС), а также среднегодовые температуры пород на подошве слоя сезонного оттаивания или промерзания (t_{ξ}).

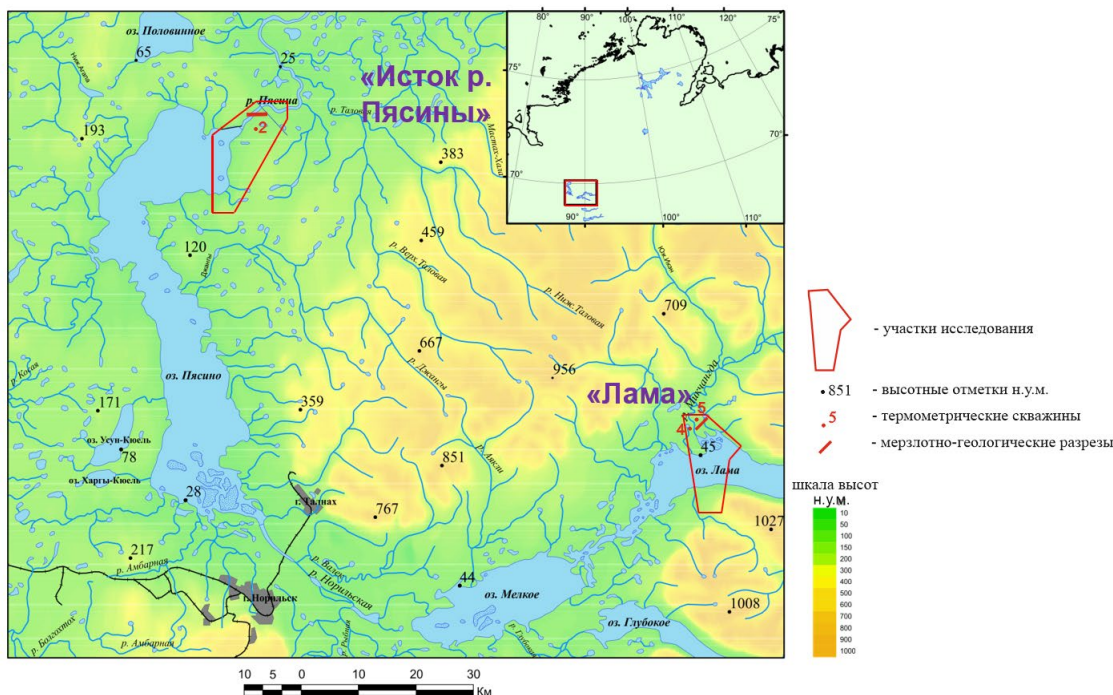


Рис. 1. Обзорная карта района исследований.

Оценка современной среднегодовой температуры пород

По результатам моделирования и фактическим данным на ландшафтной основе получены оценки современной среднегодовой температуры пород на подошве СТС (СМС).

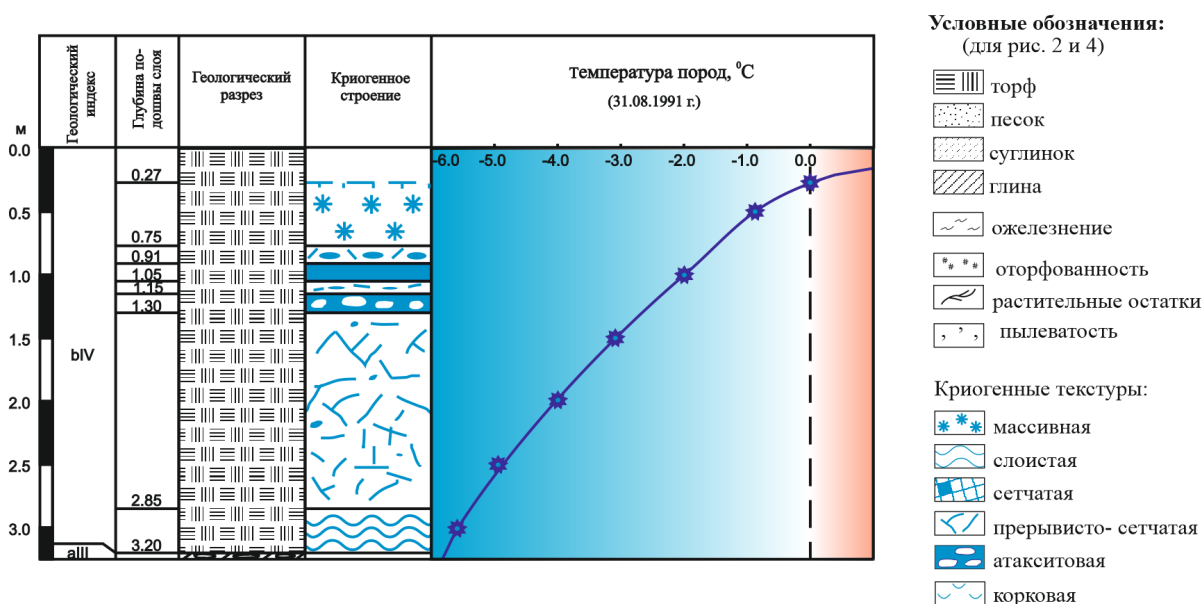


Рис. 2. Заболоченная котловина на междуречье в истоке р. Пясины (скв. 2-МГУ) (по материалам Норило-Пясинской экспедиции геологического ф-та МГУ).

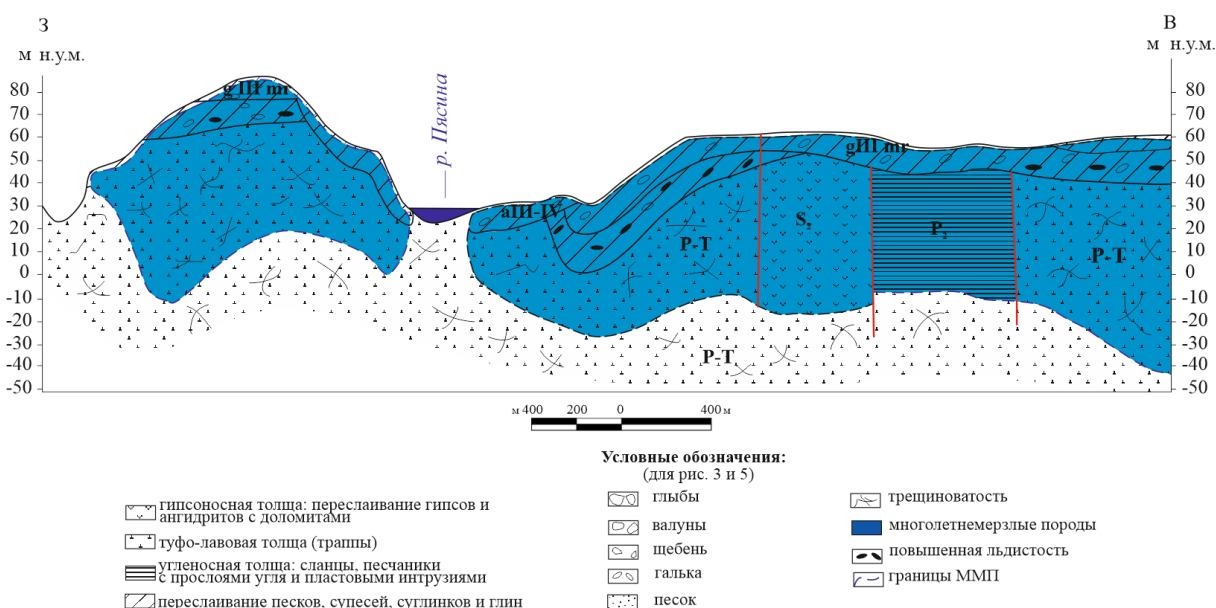


Рис. 3. Мерзлотно-геологический разрез в истоке р. Пясины (по материалам Норило-Пясинской экспедиции геологического ф-та МГУ).

Территория вокруг оз. Пясино и в истоке р. Пясины характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью от 50 до 450 м. t_{Σ} изменяется от -7.8°C в торфяниках, где отсутствует древесно-кустарниковая растительность и маломощный снег, до $-2...-4^{\circ}\text{C}$ на песчаных и валунно-щебнистых отложениях. На рис. 2 приводится температура пород (до $-5,5^{\circ}\text{C}$), измеренная в скважине, пробуренной на заболоченной котловине в истоке р. Пясины, а на рис. 3 на мерзлотно-геологическом разрезе в истоке р. Пясины отражается характер распространения ММП

мощностью до 100 м. В Норильской долине ММП не имеют повсеместного распространения, талики занимают здесь около 30 % всей площади. Мощность ММП изменяется от 10-15 до 150-200 м, а t_{ξ} от $-0.1...-1^{\circ}\text{C}$ до $-4...-5^{\circ}\text{C}$. Западная часть котловины оз. Лама характеризуется прерывистым распространением ММП и высокими t_{ξ} , от $+0.8$ до -2.5°C (рис. 4). В массивах пород, представленных песчаными разностями озерных и аллювиальных отложений, МПП, как правило, отсутствуют. В западной части котловины оз. Лама, по данным геофизических исследований экспедиции геологического факультета МГУ (Зайцев В.Н., Гурский Ю.Н., Лисицына О.М. и др. Промежуточный информационный отчет по теме: «Рекультивация объектов Норило-Пясинской водной системы». Фонды геол. ф-та МГУ, 1991, 1992), мощность ММП изменяется от 16 до 34 м при удалении от озера (рис. 5).

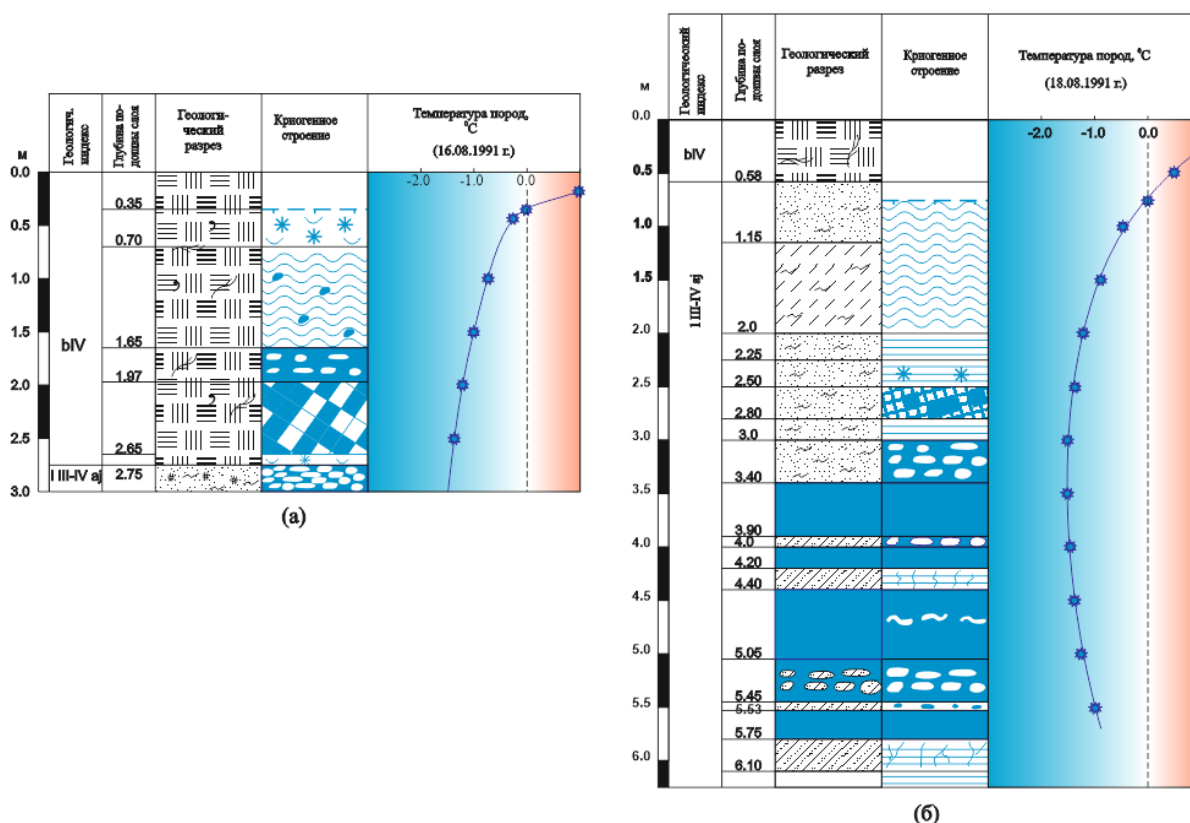


Рис. 4. II озерная терраса оз. Лама (а) - скв. 4-МГУ, (б) – скв. 5-МГУ (по материалам Норило-Пясинской экспедиции геологического ф-та МГУ)

Таким образом, значения современных среднегодовых температур пород на подошве слоя сезонного промерзания-протаивания изменяются в широком диапазоне (от -7.8 до $+0.8^{\circ}\text{C}$) и определяются комплексом ландшафтно-климатических условий. Относительно небольшие (для заполярного района) мощности ММП во многом определены ледниковой историей района, в том числе длительным существованием огромного пресноводного Вальковского водоема, достигшего своего максимального развития в каргинское время и включавшего в себя озера Пясино, Мелкое и Лама [Шевелева, Хомичевская, 1967; Карпов, 1996]. Промерзание вальковских отложений происходило по мере деградации древнего ледникового подпрудного водоёма сверху вниз эпигенетически в условиях открытой системы, в результате длительного процесса промерзания водоносных подозёрных таликов, при свободном подтоке к фронту промерзания таликовых вод. Характерной особенностью ленточных глин Норильской котловины является наличие в них, кроме

текстурообразующих, многоярусных пластовых сегрегационных льдов. Для северной части территории характерны погребенные ледниковые льды в муруктинской морене. Сочетание широтной ландшафтно-климатической зональности и истории геологического развития района выразилось в формировании наиболее суровых условий в окрестностях оз. Пясино. Геокриологические условия западной части котловины озера Лама являются слишком мягкими для района, расположенного почти на три градуса севернее полярного круга. Такое состояние обусловлено, кроме прочего, микроклиматом, характерным именно для западной части котловины оз. Лама.

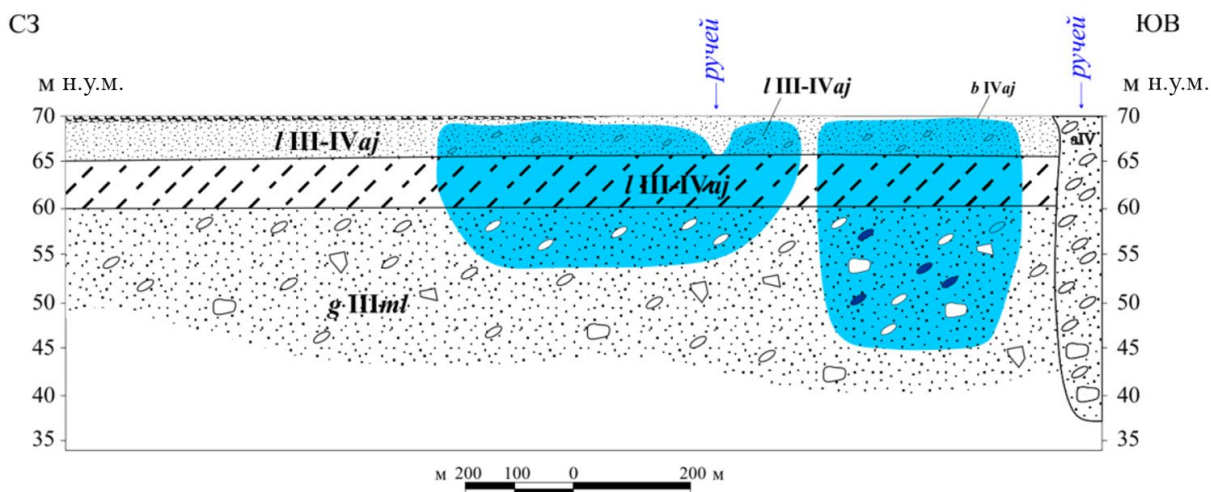


Рис. 5. Мерзлотно-геологический разрез на северном берегу оз. Лама (по материалам Норило-Пясинской экспедиции геологического ф-та МГУ).

Реконструкция палеогеографических условий для голоценового времени

Несмотря на то, что события, происходившие в голоцене в южной части Таймыра, были весьма интересными и неоднозначными, фактических данных по этому вопросу, к сожалению, гораздо меньше, чем по другим территориям. Тем не менее, работы, выполненные на основе анализа данных полевых исследований, проводившихся в конце 90-х – начале 2000 гг., в частности [Hahne, Melles, 1999; Koshkarova, 1995; Andreev et al., 2004], позволяют уточнить хронологические границы периодов и более достоверно воссоздать те природные условия, которые были характерны для основных этапов развития Таймыра. Немаловажным аспектом в последние десятилетия при восстановлении природных условий в голоцене является переход от преимущественно качественных характеристик к количественным, связанных с развитием различных методов, разрабатываемых российскими учеными. В этой связи необходимо отметить, помимо информационно-статистического метода (ИСМ) В.А. Климанова, основанного на корреляции с климатическими показателями не отдельных видов, а всего спорово-пыльцевого спектра [Климанов, 1976], также относительно молодой метод функциональных типов растительности (ФТР) П.Е. Тарасова [Tarasov, 1998], позволяющий на основе ряда объективных количественных и качественных критериев реконструировать растительность по палинологическим данным. В основе метода П.Е. Тарасова лежит идея использования экологических групп или ФТР, выделяемых по ряду морфологических и биоклиматических признаков. Ценность методов заключается в возможности использования количественных критериев интерпретации палинологических данных, содержащих информацию разной степени детальности и полученных в разное время разными исследователями. Также метод ФТР позволяет одновременно проводить реконструкцию растительности и климата. Методики Климанова и Тарасова по восстановлению количественных характеристик климата были всесторонне апробированы

и на данный момент широко используются как российскими, так и зарубежными исследователями и в целом дают надежные результаты.

Реконструкция климатических условий района исследований была выполнена на основании данных палинологических и диатомовых исследований, а также изучения макроостатков растительности. Детальные палинологические [Hahne, Melles, 1999] и диатомовые [Kienel, 1999] исследования были выполнены в озерных осадках западной части оз. Лама. На основании данных по керну и ^{14}C датировок, полученных из торфяника на северном берегу озера (образцы отбирались с участием автора), были выявлены качественные и количественные характеристики климата и растительности [Andreev et al., 2004]. Палеоботанические исследования проводились в местах, расположенных между 68 и 70° с.ш. вдоль линии Соленая-Дудинка-Норильск-Хантайка-Кулюмбе-Лама-Аякли-Котуй [Koshkarova, 1995] и их целью было изучение палинологических данных и растительных остатков из торфяных болот.

Поскольку количественные палеоклиматические характеристики получены разными исследователями с использованием различных методик и имеют некоторые расхождения, в работе сделана попытка учесть весь спектр изменений климатических характеристик для моделирования геоэкологических условий в различные периоды голоцена. В целом, характеристика природной обстановки для пребореального и более раннего времени принимается на основе данных В.А. Климанова и П.Е. Тарасова [Andreev et al., 2004], а для более позднего времени, учитывая детальность исследований по В.Л. Кошкаровой [Koshkarova, 1995].

Граница между неоплейстоценом и голоценом определена по резкому возрастанию количества пыльцы, спор и диатомовых водорослей в осадках [Kienel, 1999] (рис. 6).

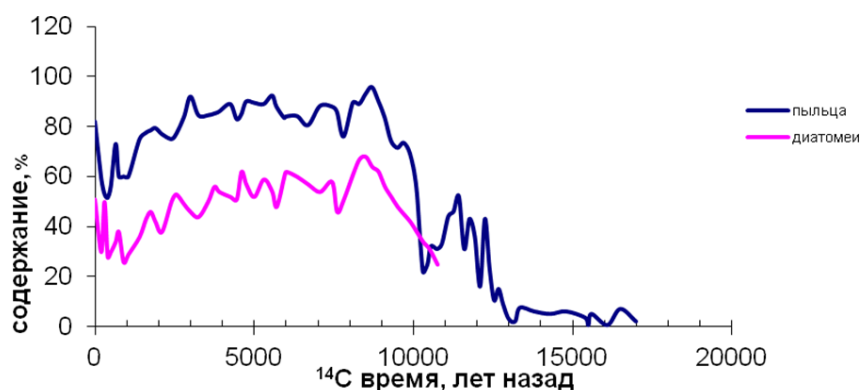


Рис. 6. Изменение содержания диатомей, а также пыльцы деревьев и кустарников (оз. Лама) по [Kienel, 1999].

Переход от сартана к голоцену характеризовался повышением температуры воздуха в течении беллинга, аллереда и предбореального периода с похолоданиями в среднем и молодом дриасе (рис. 7). В течении беллинга (13000-12300 л.н.) была развита плотная злаково-травянистая тундра и температура июля по данным П.Е. Тарасова [Andreev et al., 2004] была на 2 °C ниже современной.

Средний дриас (12300-12000 л.н.) имел короткую продолжительность, понижение температуры воздуха отмечается по отчетливому сокращению пыльцы деревьев, отсутствию кустарников и распространению артемизии, средние температуры воздуха в июле понижались на 3 °C.

В течении межстадиала аллерёд (12000-11000 л.н.) имело место незначительное потепление и распространение кустарниковых берез и ив, июльская температура воздуха была на 1 градус ниже современной.

В молодом дриасе (11000 – 10300 л.н.) отмечается некоторое похолодание, которое привело к сильному сокращению березового кустарника [Hahne, Melles, 1999]. Спорово-

пыльцевые спектры для вальковских отложений в Норильском районе, к которым привязана дата 10700 ± 200 л. н., указывают на распространение в это время заболоченной тундры. Выше содержание пыльцы деревьев резко увеличивается [Кинд, 1974].

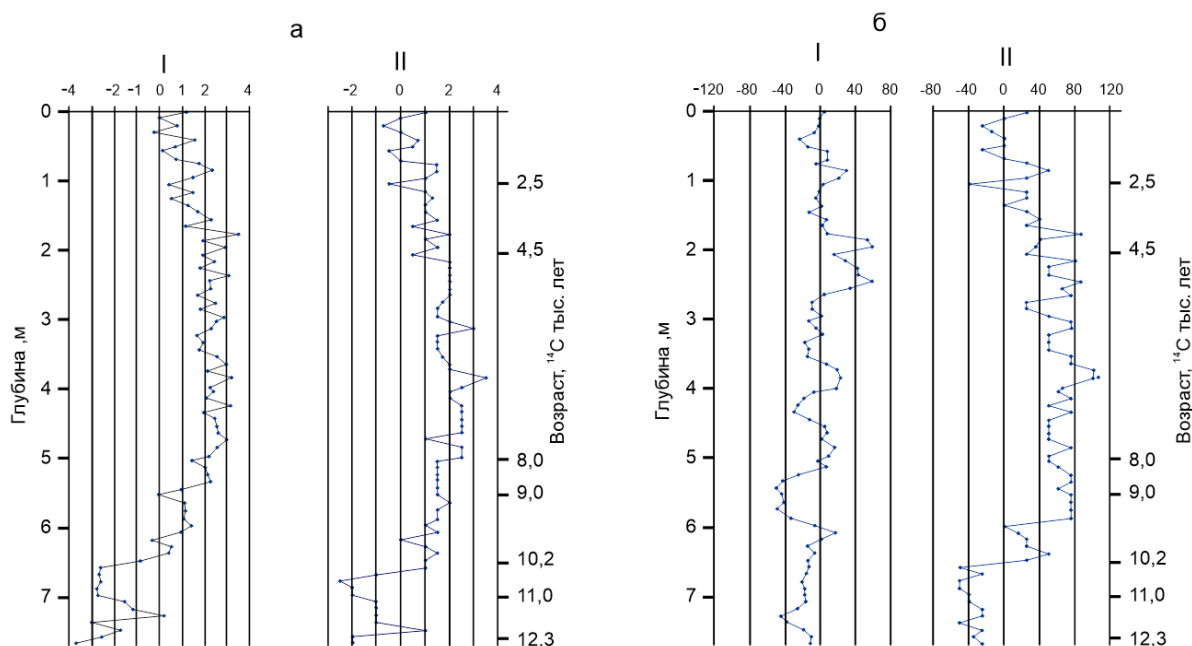


Рис. 7. Реконструкция аномалий (а) - среднеиюльской температуры, °С, и (б) - годового количества осадков, мм, по пыльцевым спектрам из донных осадков оз. Лама, полученная методом ФТР (I) и информационно-статистическим методом (II) по [Andreev et al., 2004].

Поздний пребореальный и бореальный периоды четко представляют голоценовый климатический оптимум. Пребореальный период голоцена характеризуется широким распространением ассоциаций карликовой березы и кустарниковой ивы (вероятно, аналогичным в современной кустарниковой тундре) около 10 300-9000 лет назад. Высокое содержание пыльцы лиственницы, датированное примерно 9700-9600 годами ^{14}C , указывает на то, что в то время лиственничный лес уже существовал вблизи озера Лама. Такие пики, датированные примерно 9600-9000 годами назад, характерны также для пыльцы и макрофоссилий растений Западной Сибири, юго-западного Таймыра и восточного Таймыра. Лиственничный лес доминировал в растительности 9600-9000 лет назад [Andreev et al., 2004]. В бореале (9000-8000 л.н.) разреженные березовые леса замещаются густым лиственнично-еловым лесом в районе оз. Лама, характерным для южной тайги. Климатические условия были следующие (Табл. 1): средняя январская температура воздуха (T_I) приблизительно - на 4 °С выше современной, среднеиюльская (T_{VII}) - на 2 °С выше, осадки холодного периода (P_x) - примерно на 50 мм меньше, теплого (P_t) - на 80 мм больше, чем в настоящее время [Koshkarova, 1995]. В то же время, по данным Климанова и Тарасова, средняя январская температура отличалась от современной на 1-2 °С, а среднеиюльская на 1 °С [Andreev et al., 2004].

Переход от бореала к атлантическому периоду (8000 л. н.) характеризовался значительным уменьшением пыльцы деревьев, указывая на незначительное понижение температуры воздуха. Атлантический период характеризовался интенсивным болотообразованием и накоплением гипнового и осокового торфа [Andreev et al., 2004; Koshkarova, 1995]. Состав леса существенно изменяется относительно предыдущего периода. Среди основных лесобразующих пород были лиственница, береза и ель, причем доля последней сократилась [Гитерман и др., 1970]. Южная тайга замещается заболоченной разновидностью северной тайги. Увеличивается площадь зарослей ольхи. Роль типичных таежных видов в травянистом покрове сокращается за счет расширения болотных видов. Наши полевые исследования в районе оз. Лама также показали, что для

этого периода характерно повышенное торфообразование. Для образцов торфа, отобранных в западной части оз. Лама, получены следующие радиоуглеродные датировки): 6860 л.н., 5970 л.н. и 4560 л.н.

Табл. 1. Реконструкция климатических условий в голоцене

		по [Хотинский, 1977]			по [Andreev et al., 2004; Koshkarova, 1995]		
Глобальное деление голоцена	Символ	Периоды по Блитт-Сернандеру	Подпериоды	Начало хронозон, лет назад	Δt_{VII} , °C	Δt_i , °C	ΔP , мм
Поздний голоцен	HI ₄ Q _{IV} ⁴	Субатлантический SA	SA ² поздний	1000			
			SA ¹ ранний	2500	-0.5	-1	0
Средний голоцен	HI ₃ Q _{IV} ³	Суббореальный SB	SB ² поздний	3000			
			SB ¹ ранний	4500	1.5	1	+20
		Атлантический AT	AT ² поздний	6500	2.0	5.0	+80
			AT ¹ ранний	8000	2.0	1.0	+20
Ранний голоцен	HI ₂ Q _{IV} ²	Бореальный BO	BO ² поздний	8500	2	5	+60...+80
			BO ¹ ранний	9000			
		Пребореальный PB		10000	1.0	2.0	+60
Древний голоцен	HI ₁ Q _{IV} ¹	Молодой дриас DR ³		11000	-2.0	-3.0	-40
		Аллерёд AL		12000	-1.0	-2.0	-40...-20
		Средний дриас DR ²		12300			

Климатические изменения в течении периода от 8000 до 6500 л. н. выразились в увеличении температуры воздуха и увеличении количества осадков относительно предшествующего периода, при этом среднегодовая температура и годовые осадки превышали современные. Так, T_i приблизительно на 1°C выше современной, T_{VII} - на 2 °C выше, P_x - примерно на 130 мм больше, P_T - на 180 мм больше, чем в настоящее время. Во вторую половину атлантического периода (6500-4500 л.н.) лесной покров представлял собой смешанный заболоченный лес из ели, березы, лиственницы и даже пихты (по палинологическим данным). Реконструированные климатические условия были следующие: T_i приблизительно на 5 °C выше современной, T_{VII} - на 2 °C, P_x - примерно на 50 мм меньше, P_T - на 120 мм больше, чем в настоящее время. Интенсивность торфонакопления была меньше, чем в первую половину периода. Эти данные хорошо согласуются с выводами А.А. Величко о том, что атлантический период характеризовался довольно высокой теплообеспеченностью, особенно в интервале 6000-5500 л.н., который принимается за климатический оптимум голоцена. При этом, отклонения зимних температур были более значительными, чем летних. Отклонения июльских температур достигали наибольших значений (до 4 °C) в высоких широтах, к северу от 65° с.ш. [Величко, 1994]. Лесотундра, представленная елово-лиственничными редколесьями с участием древовидной березы, распространилась на 150-200 км севернее ее современного положения. На Таймыре, на левобережье р. Хатанги, встречается древесина лиственницы, относящаяся по радиоуглеродным датам ко второй половине атлантического периода [Величко, 1994].

Суббореальный период (4500-2500 л. н.) по изменению пыльцы ели можно разделить на два холодных интервала, разделенных потеплением [Hanhe, Melles, 1999]. Возросла лесообразующая роль лиственницы и березы с еловыми и березовыми редколесьями,

сменяющимися зарослями березы. Также широко была распространена ольха, а сосна встречалась редко. Кустарниковые формы березы и ивы начали играть заметную роль в кустарниково-травянистом покрове. Виды бореальной тайги полностью исчезли. Температура воздуха по сравнению с предыдущим периодом понижается и климатические условия приближаются к современным.

Субатлантический период начался с ухудшения климатических условий и, соответственно, обеднения растительного покрова. В первую половину периода были распространены разреженные лиственничники и кустарниковая тундра. Климатические условия: T_I на 1° ниже современной, T_{VII} - на 0.5° ниже, P_x - на 30 мм меньше, P_T - на 20 мм меньше, чем в настоящее время. Во второй половине периода имело место новое наступление лиственничных лесов с елью, что характерно при улучшении климатических условий.

Расчет среднегодовой температуры пород и мощности деятельного слоя в голоцене. Расчет t_ξ и мощности СТС (ограниченного снизу многолетнемерзлыми породами) и СМС (подстилаемого толщей немерзлых грунтов) в голоценовое время проводился по методу С.Н. Булдовича для всех периодов, выделяемых в модернизированной шкале Блитт-Сернандера [Хотинский, 1977], поскольку они отражают все региональные палеоклиматические изменения.

На основе вышеизложенного палеогеографического сценария для периода 13 000 лет задаются скачкообразные изменения температуры воздуха, мощности снега, характера растительности и напочвенных покровов. Геологический разрез в расчетной области принимался с учетом представлений о геологическом строении участка исследований, при этом в расчетах учитывался реальный ход торфонакопления. В зависимости от мощности торфяных отложений изменялись теплофизические свойства и теплота фазовых переходов пород, принятые при моделировании. Для проведения ретроспективных расчетов была выбрана II терраса на западном берегу оз. Лама, сложенная аяклинскими и водно-ледниковыми отложениями, а также поверхность ледниковых отложений в зоне лесотундры на участке истока р. Пясины.

Результаты численного математического моделирования приведены в таблицах 2 и 3 и на рис.8.

Табл. 2. Результаты определения среднегодовой температуры пород на подошве слоя сезонного оттаивания или промерзания (t_ξ) и мощности СТС (СМС) (ξ , м) по хронопериодам голоцена на участке II террасы оз. Лама

	Период	$\Delta T_{VII}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_I, ^\circ\text{C}$	$h_{ch}, \text{м}$	напочвенный покров	$t_\xi, ^\circ\text{C}$	$\xi, \text{м}$
SA ¹	2500-1000	-0,5	-1	0.77	мохово-торфяной	-2.8	0.9
SB	4500-2500	1,5	1	0.8	мохово-торфяной	-0.3	1.1
AT ²	6500-4500	2	5	0.7	мохово-торфяной	2.0	1.4
AT ¹	8000-6500	2	1	0.9	моховой	1.2	1.0
BO	9000-8000	2	5	0.7	моховой	2.4	1.5
PB	10000-9000	1	2	0.65	моховой	0.8	1.4
DR ³	11000-10000	-2	-3	0.55	лишайниковый маломощный	-3.8	1.0
AL	12000-11000	-1	-2	0.5	лишайниковый маломощный	-3.3	1.1

Табл. 3. Результаты определения среднегодовой температуры пород на подошве слоя сезонного оттаивания (t_{ξ}) и мощности СТС по хронопериодам голоцена на участке ледниковых отложений (gQ_2^3m) у истока р. Пясины

	Период	$\Delta T_{VII}, ^\circ C$	$\Delta T_I, ^\circ C$	h_{ch}, m	напочвенный покров	$t_{\xi}, ^\circ C$	ξ, m
SA ¹	2500-1000	-0,5	-1	0,4	моховой	-6.2	0.4
SB	4500-2500	1,5	1	0,4	моховой	-3.9	0.9
AT ²	6500-4500	2	5	0,3	моховой	-2.0	1.0
AT ¹	8000-6500	2	1	0,5	моховой	-2.5	0.9
BO	9000-8000	2	5	0,3	моховой	-1.9	1.0
PB	10000-9000	1	2	0,3	моховой	-5.2	0.8
DR ³	11000-10000	-2	-3	0,2	лишайниковый маломощный	-8.8	0.5
AL	12000-11000	-1	-2	0,1	лишайниковый маломощный	-8.8	0.6

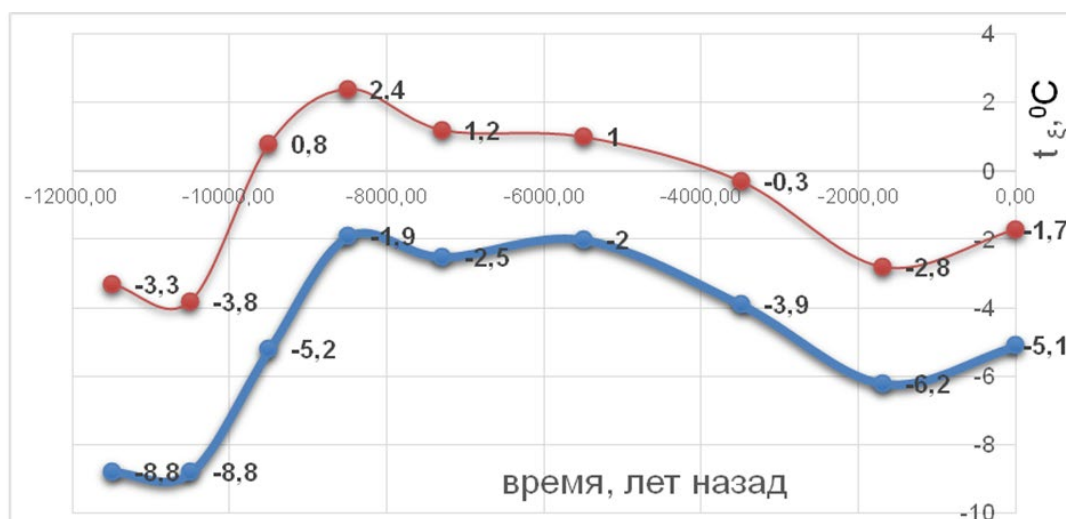


Рис. 8. Изменение температуры пород на подошве слоя сезонного оттаивания или промерзания в голоцене на II террасе оз. Лама (красный) и на моренных отложениях у истока р. Пясины (синий).

Восстановление природных условий в голоцене позволило реконструировать важнейшие геокриологические условия прошлого - особенности формирования и изменения температуры пород на подошве СТС (СМС), определить мощность этих слоев на двух участках Норило-Пясинского района. Район исследования в голоцене характеризуется относительно быстрыми и высокоамплитудными колебаниями климата. На двух участках на протяжении голоцена прослеживается отчетливая тенденция резких колебаний среднегодовой температуры и глубины деятельного слоя. Амплитуда среднегодовой температуры пород на подошве СТС (СМС) в различные периоды голоцена для двух участков несколько различается. Так, на участке «исток р. Пясины» мощность деятельного слоя изменяется более, чем в два раза (от 0.4 до 1.0 м), а на «участке оз. Лама» колебания несколько меньше (от 0.9 до 1.5 м). Среднегодовая температура пород на участке «исток р. Пясины» была отрицательной даже во время голоценового оптимума, при этом среднегодовая температура пород на «участке оз. Лама» в период с 10000 до 4500 лет назад была положительной. Только в период после голоценового оптимума при понижении температуры воздуха среднегодовые температуры пород на данном участке принимают отрицательные значения.

ЛИТЕРАТУРА

Булдович С.Н. Экспресс-метод оценки и прогнозирования температурного режима многолетнемерзлых пород // Материалы Второй конференции геокриологов России, МГУ им. М.В. Ломоносова, 6 – 8 июня 2001 г. Т. 2. С. 61-70.

Величко А.А., Андреев А.А., Климанов В.А. Динамика растительности и климата в тундровой и лесной зонах Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене. В кн.: Короткопериодные и резкие ландшафтно-климатические изменения за последние 15000 лет. Под ред. А.А. Величко. М., ИГ РАН. 1994. С. 4-60.

Гитерман Р.Е., Голубева Л.В., Коренева Е.В., Скиба Л.А. О колебаниях границы леса в верхнем плейстоцене и голоцене на севере Азии (по данным спорово-пыльцевого анализа) // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Гидрометеиздат, Ленинград. 1970. С. 236-242.

Карпов Е.Г., Барановский Е.Л. Палеогеографические условия формирования льдистости одновозрастных ленточных глин опорных разрезов Енисейского Севера // Тр. первой конф. геокриологов России. Т. 1. М., Изд-во МГУ, 1996, с. 223-232.

Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным // Тр. ГИН. 1974. вып. 257, 255 с.

Климанов В.А. К методике восстановления количественных характеристик климата прошлого // Вестник Московского ун-та. География. 1976. № 2. С. 92-98.

Методика мерзлотной съемки / Под ред. проф. В.А. Кудрявцева. Изд-во МГУ, 1979. 358 с.

Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М., Наука, 1977. 198 с.

Шевелева Н.С., Хомичевская Л.С. Геокриологические условия Енисейского севера. М., Наука, 1967. 128 с.

Andreev A.A., Tarasov P.E., Klimanov V.A., Melles M., Lisitsyna O.M., Hubberten H.-W. Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taymyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // Quaternary International. 2004. Vol. 122. Is. 1. P. 69-84. doi: 10.1016/j.quaint.2004.01.032

Hahne J., Melles M. Climate and vegetation history of the Taymyr Peninsula since Middle Weichselian time - palynological evidence from lake sediments // Land – ocean systems in the Siberian Arctic / H. Kassens et al. (eds). 1999, pp. 407-424. doi: 10.1007/978-3-642-60134-7_33

Kienel U. Late Weichselian to Holocene Diatom Succession in a Sediment Core from Lama Lake, Siberia and Presumed Ecological Implications / Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic. Dynamics and History. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999. P. 377-405. doi: 10.1007/978-3-642-60134-7_32

Koshkarova V.L. Vegetation response to global and regional environment change on the Taymyr Peninsula during the Holocene // Polar Geography. 1995. Vol. 19. Is. 2. P.145-1 doi: 10.1080/10889379509377566

Tarasov P.E., Cheddadi R., Guiot J., Bottema S., Peyron O., Belmonte J. A method to determine warm and cool steppe biomes from pollen data; application to the Mediterranean and Kazakhstan Regions // J.Quat.Sci. 1998. Vol.13. Is. 4. P 335-344. doi: 10.1002/(SICI)1099-1417(199807/08)13:4<335::AID-JQS375>3.0.CO;2-A

Melles M., Bolshiyanov D. Yu., Lisitzina O., Wagner B. (Eds.). Field evidence for the Late Quaternary climatic and environmental history of the southern Taymyr Peninsula, Central Siberia // Leipziger Geowissenschaften, band 15/16, Leipzig, 2006, pp. 1-112.

FEATURES OF THE FORMATION OF THE GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS OF THE LAMA-PYASINA DISTRICT IN HOLOCENE

Bortsov A.V.

A.I. Herzen Russian State Pedagogical University, Saint Petersburg, Russia

The results of our own field research and archival data on the study of the geocryological conditions of the Noril-Pyasinsky district are presented. In the most remote and least studied areas at the source of the Pyasina River and in the western part of the lake basin. Lama conducted detailed field geocryological studies. The data obtained served as the basis for the development of a paleogeographic scenario for the Holocene, on the basis of which the course of changes in the average annual temperature on the rock surface was determined and the change in the temperature field of rocks over time was modeled. During retrospective calculations, the thickness of the active layer was determined, as well as the average annual temperature of rocks at the bottom of the layer of seasonal thawing or freezing during different periods of the Holocene for two sites on the western shore of Lama Lake and at the source of the Pyasina river. Geocryological conditions are characterized by rapid variability, as they directly depend on the characteristics of the climate, especially temperature and humidity conditions. It was found that, despite the relative proximity of these sites, during the Holocene, permafrost rocks at the source of the Pyasina River did not thaw even during the optimum, whereas the average annual temperature of rocks on Lake Lama in the period from 10.000 to 4.500 years ago was positive.

Keywords: *Holocene, permafrost rocks, geocryological conditions, temperature regime of rocks, field geocryological studies, reconstruction of paleogeographic conditions*

REFERENCES:

- Buldovich S.N.* An express method for assessing and predicting the temperature regime of permafrost rocks. Proceedings of the Second Conference of Geocryologists of Russia, Lomonosov Moscow State University, June 6 – 8, 2001. Vol. 2. P. 61-70.
- Velichko A.A., Andreev A.A., Klimanov V.A.* Dynamics of vegetation and climate in the tundra and forest zones of Northern Eurasia in the Late Glacial and Holocene. In: Short-period and abrupt landscape and climatic changes over the past 15,000 years. Ed. A.A. Velichko, Moscow, IG RAS. 1994. P. 4-60.
- Giterman P.E., Golubeva L.V., Koreneva E.V., Skiba L.A.* On forest boundary fluctuations in the Upper Pleistocene and Holocene in Northern Asia (according to spore-pollen analysis) // The Arctic Ocean and its coast in the Cenozoic. Hydrometeoizdat, Leningrad, 1970, p. 236-242.
- Karpov E.G., Baranovsky E.L.* Paleogeographic conditions for the formation of ice content of single-age ribbon clays of the support sections of the Yenisei North // Proceedings of the 1st Conference of Geocryologists of Russia. Book 1, Moscow, 1996. P. 223-232.
- Kind N.V.* Geochronology of the late anthropogenic period according to isotopic data // Tr. GIN, 1974. Issue 257, 255 p.
- Klimanov V.A.* On the methodology for restoring quantitative characteristics of the climate of the past // Vestn. Moscow time. un-ta. Geography. 1976. № 2. P. 92-98.
- Permafrost survey technique / Edited by prof. V.A. Kudryavtsev. Moscow State University Publishing House, 1979. 358 p.
- Khotinsky N.A.* Holocene of Northern Eurasia, Moscow, Nauka Publ., 1977. 198 p.
- Sheveleva N.S., Khomichevskaya L.S.* Geocryological conditions of the Yenisei North. Moscow, Nauka, 1967. 128 p.
- Andreev A.A., Tarasov P.E., Klimanov V.A., Melles M., Lisitsyna O.M., Hubberten H.-W.* Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taymyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // Quaternary International. 2004. Vol. 122. Is. 1. P. 69-84. doi: 10.1016/j.quaint.2004.01.032
- Hahne J., Melles M.* Climate and vegetation history of the Taymyr Peninsula since Middle Weichselian time - palynological evidence from lake sediments // Land – ocean systems in the Siberian Arctic / H. Kassens et al. (eds). 1999, pp. 407-424. doi: 10.1007/978-3-642-60134-7_33
- Kienel U.* Late Weichselian to Holocene Diatom Succession in a Sediment Core from Lama Lake, Siberia and Presumed Ecological Implications / Land-Ocean Systems in the Siberian Arctic. Dynamics and History. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999. P. 377-405. doi: 10.1007/978-3-642-60134-7_32

Koshkarova V.L. Vegetation response to global and regional environment change on the Taymyr Peninsula during the Holocene // *Polar Geography*. 1995. Vol. 19. Is. 2. P.145-1 doi: 10.1080/10889379509377566

Tarasov P.E., Cheddadi R., Guiot J., Bottema S., Peyron O., Belmonte J. A method to determine warm and cool steppe biomes from pollen data; application to the Mediterranean and Kazakhstan Regions // *J.Quat.Sci.* 1998. Vol.13. Is. 4. P 335-344. doi: 10.1002/(SICI)1099-1417(199807/08)13:4<335::AID-JQS375>3.0.CO;2-A

Melles M., Bolshiyanov D. Yu., Lisitzina O., Wagner B. (Eds.). Field evidence for the Late Quaternary climatic and environmental history of the southern Taymyr Peninsula, Central Siberia // *Leipziger Geowissenschaften*, band 15/16, Leipzig, 2006, pp. 1-112.