

УДК 551.435.537 (571.56)

РАЗНОВОЗРАСТНЫЕ ДРЕВНИЕ АЛАСЫ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

© 2021 г. Е. С. Горбатов^{1,*}, С. Ф. Колесников², С. А. Кузьмина³

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

²Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, Россия

³Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия

*E-mail: e.s.gor@mail.ru

Поступила в редакцию 19.11.2019 г.

После доработки 22.02.2020 г.

Принята к публикации 06.10.2020 г.

Термокарстовые озера и образующиеся при их участии особые формы рельефа — аласы, широко распространены на территории Северо-Востока России. Отложения аласного комплекса занимают важное место в составе четвертичных отложений этого региона. Их возраст преимущественно голоценовый, более древние образования встречаются значительно реже. Отложения древнего аласного комплекса (нижний — верхний неоплейстоцен) были изучены нами в разрезах на побережье моря Лаптевых (Ойгосский яр, п-ов Широкостан). Строение толщ разного возраста, относящихся к аласному комплексу, похоже. Их формирование связано с неоднократными эпохами потепления и увлажнения климата, причем наиболее важным явилось увеличение влажности. Протаивание сильнольдистых толщ носило локальный характер и наиболее ярко проявилось в местах скопления воды, где образовывались замкнутые термокарстовые котловины, в которых формировались аласные отложения с многоярусным комплексом псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам (ПЖЛ). Полученные результаты позволяют расширить представления о распространении древнего аласного комплекса на территории Северо-Востока России, выявить некоторые его диагностические особенности (наличие таберитов, озерных отложений с комплексом псевдоморфоз по ПЖЛ, увеличение крупности озерных осадков от центра к периферии котловин, большое количества аллохтонного торфа в середине и автохтонного в кровле аласных толщ), наметить пути получения палеогеографической информации из данного типа отложений.

Ключевые слова: Северо-Восток России, четвертичные отложения, ледовый комплекс, аласные отложения, полигонально-жильные льды, псевдоморфозы, структуры облекания

DOI: 10.31857/S0435428121010041

ВВЕДЕНИЕ

Алас — особая форма лимногенного рельефа, характерная для равнин Северо-Востока России. Хотя по геологическим меркам термокарстовые озера отличаются весьма коротким периодом существования [1], они играют огромную роль в формировании рельефа, способствуют биоразнообразию и имеют большое значение в хозяйстве коренных народов Севера. Развитие аласа начинается с протаивания многолетнемерзлой породы и образования термокарстового озера. Это может происходить как в тундре, так и в тайге. Со временем озеро мелеет, на его берегах появляется луговая растительность, происходит образование торфа. В финале все озеро превращается в луговину, что приносит полезное разнообразие в окружающий тундровый или таежный ландшафт.

Достаточно быстро луговая растительность аласов исчезает под натиском зональной, но само

их существование играет важную роль в экосистеме Севера. Сейчас на аласах пасутся домашние лошади и коровы, а в прошлом они поддерживали популяции диких копытных, помогая им пережить неблагоприятные периоды изменений климата.

Аласные отложения нередко встречаются на территории Северо-Востока России. В их состав входят торфяники, палеопочвы; под аласом образуются табериты — протаявшие и уплотненные осадки. Характерная черта строения аласного комплекса — наличие псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам (далее ПЖЛ), что в наибольшей степени отличает его от других типов отложений. Большинство авторов считают, что основным фактором термокарстовых процессов послужило повышение температуры и влажности климата. Этот факт обоснован в работах А.А. Григорьева, В.А. Кудрявцева, А.И. Попова, Е.М. Ка-



Рис. 1. Схема расположения изученных обнажений.

1–3 – Этрыканский яр (п-ов Широкостан), 4 – Ойягосский яр (пролив Дм. Лаптева).

тасонова, С.В. Томирдиаро, Т.Н. Каплиной и многих других [2–6]. С повышением количества осадков возникает зона избыточного увлажнения, и на слабодренированной поверхности скапливается вода. Постепенно образуются озера, что вызывает протаивание подстилающих сильнольдистых отложений.

Отложения аласного комплекса очень характерны для Северо-Востока, где были подробно описаны [5–9]. Практически каждый разрез позднеплейстоценового ледового комплекса венчается более или менее мощным голоценовым торфяником, где можно отыскать линзы озерных отложений и прочие признаки аласов.

Сравнительно недавно исследователи стали обращать внимание на более древние отложения аласного комплекса. Они были описаны А.А. Архангеловым [10] в долине реки Б. Чукочьей, Т.Н. Каплиной в разрезах Дуваный яр, Аллаиха, на побережье пролива Дм. Лаптева [11] и в других разрезах Северо-Востока России [7, 8, 11–13]. Как древние, так и голоценовые аласы развивались на ледовом комплексе (наличие в породе подземного льда – необходимое условие образования аласа) во время потепления и увлажнения климата. Горизонты с отложениями аласного комплекса служат признаками термохронов, поэтому нам важно знать диагностические признаки этой структуры. В случае с древними аласными комплексами это не всегда легко сделать. В данной работе мы попытались показать некоторые характерные признаки, по которым аласный комплекс выделяется в разрезе.

Данная статья посвящена описанию нескольких ранее неизученных многоярусных разновоз-

растных разрезов аласного комплекса, расположенных на берегу моря Лаптевых – в проливе Дм. Лаптева (обнажение Ойягосский яр) и на п-ове Широкостан (Этрыканский яр) (рис. 1). Полевые исследования проводились почти полвека назад, отчего работу никак нельзя назвать новой, но, тем не менее, она имеет свою особенную ценность. Дело в том, что побережье моря Лаптевых подвержено активной термоабразии. По нашим наблюдениям, проводившимися в 1970-х годах на Ойягосском яре, только за один сильный шторм берег отступал на 5–10 м. За годы, прошедшие со времени первых описаний, отдельные горизонты были уничтожены, другие, наоборот, обнажились, в первую очередь это касается отложений аласного комплекса, залегающих в виде линз различного размера. В меньшей степени изменения затронули характер обнаженности разновозрастных отложений ледового комплекса, хотя и их вид в разрезах изменился со времени первого описания. По данным причинам наиболее древние отложения аласного комплекса, погребенные под осадками куччугуйской свиты, не всегда могут быть обнаружены при посещении разреза.

СТРАТИГРАФИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ

За основу стратиграфического выделения толщ нами взята схема О.И. Иванова с изменениями [14]. В настоящее время в региональной схеме выделены новые горизонты и слои [12]. При работе со старыми публикациями следует учитывать, что продолжительность четвертичного периода в последнее время была сильно увеличена [15]. Новые временные границы изменили пред-

ставление о возрасте некоторых горизонтов. Так, олёрская свита, имевшая, согласно региональной схеме, возраст поздний плиоцен — ранний плейстоцен [16], теперь считается ранне-среднео-плейстоценовой.

Определение абсолютного возраста для древних аласов — задача непростая. Активное образование значительной части из изученных доголоценовых аласов связано с последним сильным потеплением в начале позднего плейстоцена (116–128 тыс. л. н.). Очевидно, что в данном случае невозможно опираться на радиоуглеродный метод. К тому же термокарстовые процессы способствуют активным постседиментационным деформациям в толще накопленных отложений, отчего термолюминесцентный и уран-ториевый методы не всегда дают достоверные результаты, в частности, из-за возможности повторного экспонирования осадков. Здесь могла бы быть полезна тефрохронология (основной метод датирования похожих отложений на Аляске и Юконе [17–19]), но в разрезах севера Якутии вулканические пеплы пока не описаны, хотя они известны на Чукотке [8]. Биостратиграфический метод тоже не помогает, так как в отложениях аласного комплекса, в силу тафономических причин, мало остатков млекопитающих.

Итак, в определении возраста древних аласов нам приходится опираться в основном на положение в разрезе и данные климатостратиграфии. Несмотря на кажущуюся ненадежность такого подхода, для древних аласных комплексов его удастся применить. Подстилающие отложения обычно охарактеризованы данными по млекопитающим или термолюминесцентными датировками, а перекрывающие нередко входят в диапазон действия радиоуглеродного метода [11]. Ботаническая и энтомологическая характеристика древнего аласного комплекса — а такие отложения обычно богаты органикой — позволяет провести подробную реконструкцию климата и природной обстановки [11, 20, 21].

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА

Полевые работы в 1970-х годах проводились на многокилометровом обнажении Ойягосский яр на побережье пролива Дм. Лаптева и на п-ове Широкостан на побережье моря Лаптевых. Всего изучено три разреза (рис. 1). Этот район замечателен обилием костных остатков мамонтовой фауны и сейчас активно эксплуатируется сборщиками бивней, но научные экспедиции его посещают не слишком часто. В 1980–2000 гг. геологические работы здесь кардинальным образом сократились из-за трудностей с финансированием и логистикой.

В районе развита крайне обедненная растительность севера типичной тундры [22], климат холодный, с частыми туманами. В плейстоцене, в связи с более отдаленным положением береговой линии, климат данной территории не был подвержен влиянию холодного моря, поэтому оценка изменения климата должна производиться с учетом этого обстоятельства [20].

Разрезы Ойягосского яра и Широкостана изучались по методикам 1970-х годов: проводилась детальная зачистка обнажений с целью подробного выяснения условий залегания толщ, литологического, криогенного, посткриогенного строения, отбирались образцы на разные анализы, в первую очередь для спорово-пыльцевого (определения Е.В. Тер-Григорян). Разрезы обязательно изучались по латерали, чтобы проследить распространение слоев, и это позволило провести интересные наблюдения. В начале 2000-х годов наши коллеги [12, 20, 23, 24] расширили спектр применяемых анализов, в разрезе Ойягосский яр древний аласный комплекс был изучен достаточно подробно, получены датировки и данные палеонтологического анализа из разреза на о-ве Б. Ляховский [20, 21, 25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обнажение Ойягосский яр на берегу моря Лаптевых является стратотипическим. Следует отметить, что с названием, образованным от Ойягосского яра, существует некоторая путаница. В работе В.И. Кайялайнен и Ю.Н. Кулакова 1965 г. [26] ойягосская свита описана как озерно-болотные отложения конца плейстоцена и голоцена. В решениях Международной комиссии по стратиграфии (МСК) 1982 г. [16] выделен ойягосский горизонт как нижний из трех в едомном надгоризонте, соответствующий зырянскому криохрону, что резко противоречит описанию Кайялайнен и Кулакова. Позже название ойягосская свита (объединяющая ойягосский и молотковский горизонты) появилась в современной схеме стратиграфии пролива Дм. Лаптева уже как нижняя из двух свит в составе едомного надгоризонта [12]. В настоящее время принято считать, что Ойягосский яр является стратотипом ойягосской свиты в понимании В.Е. Тумского [12], а не Кайялайнен и Кулакова, хотя последние употребили это название раньше. По правилу приоритета следовало бы принимать ойягосскую свиту в ее первоначальном смысле (отложения термохрона), но такое понимание не прижилось, так как возраст и стратиграфическое положение данного образования оставались непонятными.

Многокилометровое обнажение Ойягосский яр изучалось многими исследователями [12, 20, 23, 27, 28] наиболее активно в последние годы в связи



Рис. 2. Контакт крест-юряхской и куччугуйской свит на о-ве Б. Ляховский около устья реки Зимовье (фото С.А. Кузьминой).



Рис. 3. Разрез плейстоценовых отложений на о-ве Б. Ляховский около устья реки Зимовье. В основании разреза обнажены породы куччугуйской свиты, прослеживается горизонт торфа крест-юряхской свиты (в виде козырька) и выше залегает мощный ледовый комплекс (фото С.А. Кузьминой).

с российско-германской программой “Система моря Лаптевых 2000”. Из древних аласных комплексов в последних публикациях подробно описан только один [20], относящийся к крест-юряхской свите и отражающий условия последнего межледникового (MIS 5).

Отложения крест-юряхской свиты (Q_3^{1kr}) изучены достаточно хорошо [12, 14, 20, 23, 28]. Они были встречены на многих участках данного района. Их образование было приурочено к обширным термокарстовым котловинам глубиной до 10–15 м, сформировавшимся в результате вытаивания ПЖЛ в кровле куччугуйского (или быччугийского) горизонта. Процесс термокарста носил явно избирательный характер и максимально проявился на участках наибольшего развития ПЖЛ в нижележащих отложениях, относящихся, по мнению В.Е. Тумского [12], к быччугийской свите.

На о-ве Б. Ляховский в устье реки Зимовье получены датировки для куччугуйской свиты. Самая древняя дата термолюминесцентным методом показала 134 ± 22 тыс. лет (Lya-2) [21].

Горизонт с крупными псевдоморфозами по ПЖЛ (крест-юряхская свита) в разрезе Ойягосский яр Н.Н. Романовским [29] был отнесен к отложениям последнего межледникового еще в 1961 г. Во время экспедиции 1970-х годов эти характерные отложения были отмечены на нескольких участках разреза. Похожий горизонт был позже описан на северном берегу пролива Дм. Лаптева на о-ве Б. Ляховский [21], где оказался выражен даже лучше, чем на материке. На о-ве Б. Ляховский термолюминесцентным методом получены даты 102 ± 16 (Lya-11) и 99 ± 15 (Lya-10) тыс. лет [21].

Крест-юряхская свита представлена темно-серыми алевритами, переполненными органическими остатками: растительный детрит, включая

веточки кустарников, семена, пресноводные моллюски, насекомые, остракоды и другие пресноводные ракообразные. Органического детрита настолько много (особенно по сравнению с нижележащими почти пустыми слоями), что после шторма море покрывается ветками и блестящими надкрыльями жуков. В свите имеются один или два яруса псевдоморфоз. Нижний ярус образует ярко выраженную границу с нижележащими песчаными алевритами куччугуйской свиты (рис. 2). Верхний менее заметен и встречается не везде. На о-ве Б. Ляховский по нашим наблюдениям 1999 г. он распознается по прослою с моллюсками. Выше крест-юряхской свиты залегают отложения ледового комплекса (рис. 3).

Палеонтологическая характеристика крест-юряхских аласов позволяет сделать два вывода. Первый – осадки формировались в условиях относительно теплого озера. На это указывают семена водных растений, включая, по крайней мере, три вида рдестов, водяную сосенку, уруть и водные лютики, а также внушительный комплекс околотовных растений, таких как различные виды осок и пушиц, кипрей болотный, ежеголовник северный, сабельник болотный [20]. Из водных беспозвоночных были найдены 16 видов личинок хирономид, 11 видов остракод (ракушковых рачков), 10 видов ветвистоусых рачков, 2 вида жуков плавунцов, три вида жуков водолюбов, а также ряд прибрежных видов жуков и клопов [20].

Второй вывод – условия формирования крест-юряхского аласа были значительно более теплые, чем сейчас. Даже упомянутые выше водные виды указывают на более теплый, чем современный, климат, а наземные организмы включают даже ряд видов, более характерных для лесной зоны, чем для тундры. Например, в отложениях крест-

юряхской свиты на Ойягосском яре были найдены муравьи [20], а на Б. Ляховском — комплекс видов жуков стафилинид и латридии — обитателей лесной подстилки [21]. Лесной растительности там, скорее всего, не было, но южная кустарниковая тундра с высокими кустами (крупные ветки найдены в отложениях) очевидно существовала.

Реконструкции температуры самого теплого месяца для крест-юряхских отложений Ойягосского яра по данным Ф. Кинеста [20], показывают, что она была на 6–10° выше современной. Даже учитывая поправку на большую удаленность от морского побережья в плейстоцене, разница в климате выходит очень значительная.

Более древний аласный комплекс в разрезе Ойягосский яр описывается только по результатам 1970-х годов. Согласно этим наблюдениям, в нижней части разреза Ойягосского яра в виде сводового поднятия залегает сложно построенная толща, в которой отмечены три яруса псевдоморфоз по ПЖЛ (рис. 4). Псевдоморфозы имеют хорошо выраженную клиновидную форму, их тела в нижней части выполнены отдельными кусками торфа и линзами алеврита. На контакте с вмещающими осадками заметны сколы и следы размыва. В верхней части толщи наблюдается чередование тонких прослоев алеврита, тонкозернистого песка, аллохтонного торфа, образующих структуры облекания.

В центральных частях свода отмечены ПЖЛ, имеющие четко выраженную клиновидную форму. Их высота обычно не более 3–5 м, ширина в верхней части — до 2 м. Каждый ярус венчает слой торфа, отражающий субаэральный этап развития территории. Скорее всего, торф был сформирован частично в условиях болота (особенно верхние его горизонты) и не исключено, что он является ископаемой почвой. Это самые древние ПЖЛ Северо-Востока России из описанных в литературе.

В споро-пальцевом спектре нижнего аласа Ойягосского яра преобладает пыльца древесных и кустарниковых растений (до 60%), в которых доминирует пыльца мелколиственных деревьев — березы и ольхи, из травянистых преобладает разнотравье *Superaceae*, из спор — *Sphagnum* (определения Е.В. Тер-Григорян). Состав растительности свидетельствует о климате значительно более теплом, чем современный. По мнению Е.В. Тер-Григорян, это потепление произошло в начале раннего неоплейстоцена, что позволяет отнести данные отложения к серкинской свите $Q_1-Q_2^{1sr}$ (по О.А. Иванову [14]).

Близкие спорово-пыльцевые спектры приводят П.А. Никольский с коллегами [24]. Эти данные можно сопоставить со спектрами олерской свиты из разрезов на реках Б. Чукочьей и Алазее

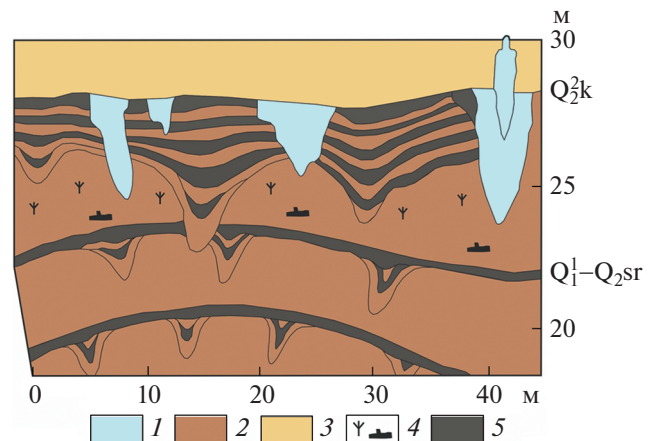


Рис. 4. Фрагмент обнажения Ойягосский яр, где обнаружен аласный комплекс, относящийся, предположительно, к серкинской свите — самый древний из описанных в районе побережья моря Лаптевых.

1 — лед, 2 — алеврит, 3 — песчаный алеврит, 4 — древесные остатки, 5 — торф.

[30, 31]. Нами в 1983 г. был описан горизонт с псевдоморфозами в составе олёрской свиты на реке Алазее, отсюда были извлечены остатки насекомых [32]. К сожалению, сохранность насекомых оказалась плохой, поэтому удалось определить только несколько фрагментов водных жуков. Отложения были переполнены раковинами пресноводных моллюсков.

Возраст олерской свиты по остаткам млекопитающих и палеомагнитным данным [33] определяется как ранний — средний неоплейстоцен. На о-ве Б. Ляховский, в устье реки Зимовье для юкагирской свиты (толща внешне выглядит аналогом олёрской свиты и содержит ярус ПЖЛ), из торфа, перекрывающего жилу, уран-ториевым методом получена дата $200\,900 \pm 3400$ (sample TMS-Hv) лет [25].

Сейчас трудно понять, насколько точно коррелируются древние аласы, описанные из нижнего горизонта разреза Ойягосский яр, с региональными свитами. Прямых указаний на возраст данной толщи нет, так как характерные крупные или мелкие млекопитающие непосредственно из низов разреза не получены, а подобранные под обрывом кости могли поступать из разных горизонтов. Нам остается принять во внимание сочетание реконструкции климата как относительно теплого и положения в разрезе — ниже другого теплого горизонта (крест-юряхского). Так как в юкагирской свите существенных следов потепления не отмечено, а олёрская свита употребляется преимущественно как региональное подразделение на территории Колымской низменности, наиболее вероятным кандидатом остается серкинская свита, хотя данное определение в доста-

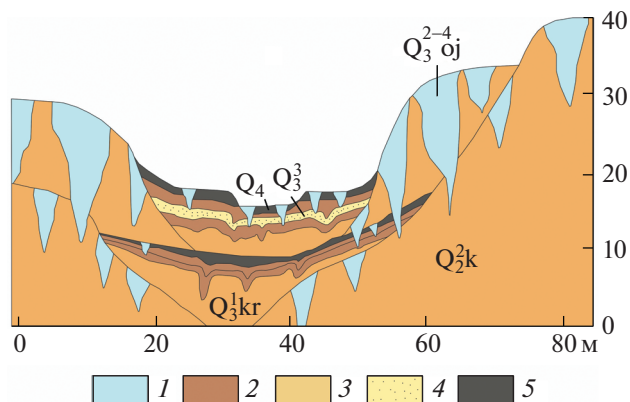


Рис. 5. Строение обнажения Этрыканский яр, где видно многоярусное строение древнего аласного комплекса.

1 — лед, 2 — алевроит, 3 — песчаный алевроит, 4 — песок, 5 — торф.

точной степени условно. Наилучшим решением было бы выделение отдельной свиты, но пока для этого недостаточно оснований. Остается ждать следующего эпизода хорошей обнаженности разреза.

Таким образом, в разрезах побережья пролива Дм. Лаптева по наблюдениям разных лет отмечаются два древних аласных комплекса. Верхний имеет четкую стратиграфическую привязку — он относится к последнему межледниковью (MIS 5). Эти отложения до сих пор хорошо представлены в разрезах и доступны для изучения. Нижний древний аласный комплекс был доступен для изучения только в 1970-х годах, хотя не исключено, что термоабразия вскрыет данную толщу вновь. Ограниченность методов определения абсолютного возраста в то время не позволила получить четкую стратиграфическую привязку нижнего аласного комплекса. Строение же этого комплекса, с горизонтом ПЖЛ в кровле и перекрывающим торфом, позволяет сопоставить его кровлю с юкагирской свитой. Если это так, то в разрезе Ойягосский яр раньше обнажались породы ненамного древнее 200 тысяч лет, образовавшиеся во время термохрона. В таком случае, скорее всего, это был термохрон MIS 7.

Аласный комплекс п-ова Широкостан представлен тремя разновозрастными толщами (рис. 5). Они подробно изучены в нескольких разрезах, два аласных комплекса являются древними и один голоценовым.

Наиболее древний аласный комплекс на Широкостане относится к началу позднего неоплейстоцена (крест-юряхская свита, по О.А. Иванову) [14] (Q_3^1kr). Он хорошо прослеживается во многих обнажениях, морфологически похож на хорошо изученные крест-юряхские отложения в раз-

резах пролива Дм. Лаптева (см. выше), залегает на так же хорошо различимой толще кучугуйской свиты (см. выше) и перекрывается ледовым комплексом. Однако на Широкостане строение древнего аласного комплекса отличается большей мощностью — в некоторых частях разреза озерно-болотные отложения с горизонтами торфа и псевдоморфозами по ПЖЛ достигают 20 м. Местами эта толща разделяется посередине горизонтом с ПЖЛ (рис. 5). В бортах котловин крест-юряхский аласный комплекс перекрывается отложениями ойягосской свиты, имеющими зыряно-сартанский возраст (Q_3^{2-4oj}). В центре котловин оба аласных комплекса накладываются друг на друга, создавая впечатление единой толщи.

Из верхнего ледового комплекса в разрезе около устья реки Зимовье (о-в Б. Ляховский) получена серия радиоуглеродных датировок [21, 23]. Самые древние даты лежат ниже предела временного разрешения метода (их более половины: древнее 52020 (KIA-12542), 54050 ± 3130 (KIA-9889) и другие), несколько датировок вписываются в каргинский интервал (35680 ± 400 –390 (KIA-12548), 38080 ± 2270 –1770 (KIA-25705) и др.) и несколько указывают на сартанский возраст (23920 ± 180 (KIA-41334), 29390 ± 200 (KIA-41336) и др.).

В строении отложений крест-юряхского горизонта на Широкостане выделяются фации глубоководных, мелководных водоемов и субаэральные отложения. Отложения глубоководных фаций прослеживаются в центральных частях котловин, где они представлены глинистым алевроитом с тонкими горизонтальными прослоями песчаного алевроита и аллохтонного торфа. Максимальная мощность этой части разреза 5–7 м. По направлению к бортам котловин состав отложений становится более легким, увеличивается доля песчаного материала. В прибрежных частях встречены древесные фрагменты белоствольной березы толщиной до 10–15 см. В центральной части осадки глубоководной фации перекрыты отложениями мелководной с преобладанием опесчаненного алевроита и аллохтонного торфа. Венчают разрез сильнодислоцированные отложения в виде криотурбаций (рис. 6). Формирование их связано с криогенными процессами в деятельном слое, при котором резко возрастают внутренние напряжения, вызывающие конвективное перемещение разных по плотности осадков [34]. Во многих местах этот горизонт перекрыт автохтонным торфом мощностью до 0.5 м.

В спорово-пыльцевых спектрах основания горизонта преобладает пыльца травянисто-кустарничковых растений (до 50%); в них много спор (до 33%) и пыльцы деревьев и кустарников (17%). Преобладает пыльца злаковых (57%) и растений группы разнотравья; также доминируют споры зеленых мхов. Вверх по разрезу быстро увеличи-

вается количество пыльцы древесно-кустарниковых растений, среди которых доминирует пыльца кустарниковой ольхи и берез секций *Albae* и *Nana*, встречается пыльца лиственницы. Данный спектр позволяет предполагать наличие в это время кустарниковой тундры с присутствием древовидной березы и лиственницы.

Отложения аласного комплекса отличаются большим набором криогенных и посткриогенных образований. В осадках глубоководной фации наблюдается слоистая криогенная текстура с разреживанием шлиров льда книзу, что свидетельствует об эпигенетическом типе промерзания. В вышележащих осадках криогенная текстура массивная.

Для аласного комплекса характерно наличие сети ПЖЛ и псевдоморфоз по ним. Жильные льды располагаются обычно в краевых частях котловин, перекрытые вышележащими отложениями ойягосской свиты. Ледяные жилы имеют двухъярусное строение. Нижняя их часть — в виде клина высотой до 2 м, в верхней части жилы ступенчато выклиниваются, уменьшаясь по ширине от 1 м до 0.1 м при высоте до 1.5 м. По мере приближения к центру котловин ледяные жилы становятся одноярусными и постепенно исчезают.

Второй горизонт древнего аласного комплекса на Широкостане сопоставляется с хайырской свитой [14], выделенной О.А. Ивановым. Отложения этой свиты выполняли термокарстовые котловины, образовавшиеся в результате вытаивания мощных ПЖЛ в отложениях ойягосской свиты. Принципиально строение хайырского аласного комплекса не отличается от крест-юряхского. Прослеживается закономерная смена фаций снизу вверх и от центра котловины к ее периферии. Отличие заключается лишь в том, что в основании толщи залегают неслоистые алевроиты сизого цвета. Они представляют собой оттаявшие осадки ойягосской свиты и выделяются как табельные.

Для данной толщи, как и для вышеописанной, характерно наличие большого количества криогенных и посткриогенных образований. Отложения глубоководной фации имеют в основном слоисто-сетчатую криогенную текстуру с разреживанием ледяной решетки книзу, что свидетельствует об эпигенетическом типе промерзания. Но там, где данный тип отложений ложится на сохранившиеся осадки ледового комплекса, можно наблюдать наклонно ориентированные шлиры льда. Причем внизу их больше, что, по видимому, свидетельствует о промерзании отложений снизу одновременно с осадконакоплением. В верхней части разреза преобладает массивная и атакситовая криотекстуры. Характерной особенностью хайырского аласного комплекса является наличие мощных псевдоморфоз по

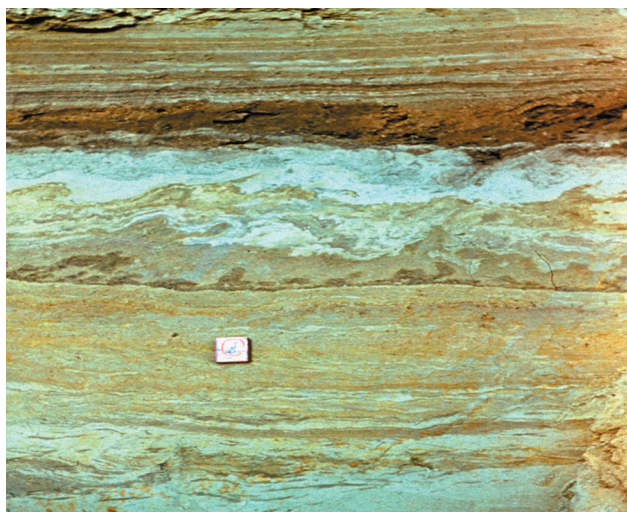


Рис. 6. Криотурбации в верхней части аласного комплекса разреза Этрыканский яр, перекрытые более молодыми озерными отложениями (фото С.Ф. Колесникова).

ПЖЛ, достигающих ширины и высоты 10–15 м. Они пронизывают всю толщу и частично в виде узких клиньев уходят в подстилающие отложения крест-юряхской свиты.

В спорово-пыльцевых спектрах в разных образцах преобладают то пыльца травянисто-кустарниковых растений (до 57%), то древесно-кустарниковых (47%), содержание спор может достигать 45%. Среди пыльцы травянисто-кустарниковых растений доминирует пыльца злаковых, меньше осоковых, разнотравья. В группе деревьев и кустарников преобладает пыльца тундровых кустарников. В составе спор в большом количестве присутствуют споры сфагновых мхов, папоротников. Этот спектр свидетельствует о климате более теплом, чем современный.

Интерпретация возраста двух горизонтов древнего аласного комплекса на Широкостане неоднозначна. Если считать, что низы ойягосской свиты с ПЖЛ непременно относятся к криохрону MIS 4, то горизонт с мощными псевдоморфозами никуда кроме как к MIS 3 отнести нельзя. Между тем достаточно убедительные данные свидетельствуют против того, чтобы рассматривать MIS 3 как серьезный термохрон [35, 36]. В разрезе Мамонтовый Хайта на Быковском п-ове, откуда получен уникальный непрерывный ряд радиоуглеродных датировок, никакого значительного потепления в каргинское время не отмечено, хотя некоторые изменения (небольшое потепление и увеличение влажности, а также неустойчивость обстановки) имели место [36]. Стратотипический для каргинского интервала разрез Молотковский Камень на реке Малый Анюй (оттуда были выделены молотковские слои каргинского времени

[16]) при повторном изучении перестал быть стратотипическим потому, что все даты из молотовских слоев оказались за пределами [35]. На о-ве Б. Ляховский из низов ойягосской свиты, откуда были получены за пределами датировки, и из середины разреза, откуда были получены каргинские датировки, споро-пыльцевые комплексы и ископаемые насекомые не показывают следов сильного потепления [37]. Итак, образование мощных псевдоморфоз, которые характерны для хайырской свиты, скорее всего, не могло происходить в каргинское время. Не исключено, что два яруса древнего аласного комплекса на Широкостане были образованы во время MIS 5, но в разные его интервалы. Например, подстадия MIS 5c, отделенная от максимума межледниковья (MIS 5e) холодным интервалом MIS 5d, характеризуется весьма выраженным резким пиком потепления, видным на кривых и по антарктическому, и по гренландскому кернам льда [38].

ВЫВОДЫ

Древние аласные отложения разного возраста широко представлены в разрезах низменностей Северо-Востока России. Все они несут общие признаки строения: таберальные образования, озерные отложения, толщи торфа, псевдоморфозы по ПЖЛ. Главными причинами формирования аласного комплекса явились потепление и увлажнение климата, что подтверждено результатами палинологического анализа, изучения макроостатков растений и беспозвоночных, включая насекомых и ракообразных. В условиях слабо дренируемой поверхности ледового комплекса это приводило к скоплению воды на ограниченных участках в виде озер, что способствовало локальному вытаиванию ПЖЛ. В процессе развития аласных котловин наблюдались периоды, когда прекращалось осадконакопление, формировался сильно дислоцированный горизонт, осложненный криотурбациями, отражающий субаэральную стадию в развитии аласов. Этот горизонт может служить маркером при поиске отложений аласного комплекса в разрезах, где псевдоморфозы не слишком хорошо выражены. Далее происходило промерзание толщ с новым образованием ПЖЛ. При последующем протаивании возникали многоярусные разновозрастные аласные отложения. Для аласных комплексов характерно наследование структуры. Нередко аласные комплексы, как древние, так и голоценовые, концентрируются на территории, где когда-то первый раз произошло протаивание ПЖЛ, отчего образовалась локальная депрессия.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность С.Д. Разумному за помощь в подготовке некоторых графических материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рассказов А.А., Горбатов Е.С. Лимногеология и эволюция озерного литогенеза. М.: ИФЗ РАН, 2019. 192 с.
2. Григорьев А.А. Об оледенении территории Якутии в четвертичный период // Труды комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1932. Вып. 1. С. 21–35.
3. Кудрявцев В.А. О термокарсте // Вопросы физической географии полярных стран. М.: Наука, 1958. С. 101–106.
4. Попов А.И. Вечная мерзлота Западной Сибири. М.: Географиз, 1953. 230 с.
5. Катасонов Е.М. Аласные отложения и таберальные образования // Геология кайнозоя Якутии. 1982. С. 110–121.
6. Томирдиаро С.В. Лёссово-ледовая формация Восточной Сибири в плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1980. 183 с.
7. Каплина Т.Н. Аласные отложения Северной Якутии // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 4. С. 3–17.
8. Котов А.Н. Аласный и ледовый комплекс отложений северо-западной Чукотки (побережье Восточно-Сибирского моря) // Криосфера Земли. 1998. Т. 11. № 1. С. 11–18.
9. Каплина Т.Н., Ложкин А.В. Возраст аласных отложений Приморской низменности Якутии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1979. № 2. С. 69–76.
10. Архангелов А.А. Подземное оледенение севера Колымской низменности в позднем кайнозое // Проблемы криолитологии. М.: Изд-во МГУ, 1977. Вып. VI. С. 26–58.
11. Каплина Т.Н. Древние аласные комплексы Северной Якутии (сообщение 2) // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 2. С. 20–30.
12. Тумской В.Е. Особенности криолитогенеза отложений Северной Якутии в среднем неоплейстоцене – голоцене // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 10–12.
13. Архангелов А.А., Кузнецова Т.П., Льянос-Мас А.В. Криолитогенез аласных отложений (на примере мыса Чукочий) // Проблемы криолитологии. М.: Изд-во МГУ, 1981. Вып. IX. С. 125–139.
14. Иванов О.А. Стратиграфия и корреляция неогеновых и четвертичных отложений субарктических равнин Восточной Якутии // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука, 1972. С. 202–211.
15. Gibbard P.L. and Head M.J. The newly-ratified definition of the Quaternary System / Period and redefinition of the Pleistocene Series / Epoch, and comparison of proposals advanced prior to formal ratification. Episodes. 2010. No. 33. P. 152–158.

16. *Шер А.В., Каплина Т.Н., Овандер М.Г.* Унифицированная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Яно-Колымской низменности и ее горного обрамления. Объяснительная записка / Гл. ред. Н.А. Шило // Решения Межвед. стратиграфического совещ. по четвертич. системе Востока СССР (Магадан, 1982 г.). Объяснительные записки к региональным стратиграфическим схемам, Магадан, СВ КНИИ ДВО АН СССР, 1987. С. 29–69.
17. *Westgate J.A.G., Pearce W., Preece S.J., Schweger C.E., Morlan R.E., Pearce N.J.G., and Perkins. T.W.* Tephrochronology, magnetostratigraphy and mammalian faunas of Middle and Early Pleistocene sediments at two sites on the Old Crow River, northern Yukon Territory. *Canada Quaternary Research*. 2013. No. 79. P. 75–85.
18. *Froese D.G., Lowe D.J., Knott J.R., and Slate J.L.* Global tephra studies: John Westgate and Andrei Sarna-Wojcicki commemorative volume. *Quaternary International*. 2008. No. 178. P. 1–3.
19. *Jensen B.J.L., Preece S.J., Lamothe, M., Pearce N.J.G., Froese D.G., Westgate J.A., Schaefer J., and Beget J.* The Variegated (VT) tephra: a new regional marker for middle to late Marine Isotope Stage 5 across Yukon and Alaska. *Quaternary International*. 2011. No. 246. P. 312–323.
20. *Kienast F., Wetterich S., Kuzmina S., Schirmermeister L., Andreev A., Tarasov P., Nazarova L., Kossler A., Frolova L., and Kunitsky V.* Paleontological records indicate the occurrence of open woodlands in a dry inland climate at the present-day Arctic coast in western Beringia during the Last Interglacial. *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. No. 17–18. P. 2134–2159.
21. *Andreev A.A., Grosse G., Schirmermeister L., Kuzmina S.A., Novenko E.Yu., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Ilyashuk B.P., Kuznetsova T.V., Krbetschek M., Meyer H., and Kunitsky V.* Late Saalian and Eemian palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island (Laptev Sea region, Arctic Siberia). *Boreas*. 2004. No. 33. P. 319–348.
22. *Чернов Ю.И.* Жизнь тундры. М.: Мысль, 1980. 236 с.
23. *Wetterich S., Schirmermeister L., and Andreev A.A.* Eemian and Late Glacial / Holocene palaeoenvironmental records from permafrost sequences at the Dmitri Laptev Strait // *Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2009. Vol. 279. No. 1–2. P. 73–95.
24. *Никольский П.А., Басилян А.Э., Симакова А.Н.* Новые данные по стратиграфии верхнекайнозойских отложений в районе мыса Святой Нос // Ландшафтно-климатические изменения, животный мир и человек в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Ин-т географии РАН, 1999. С. 51–60.
25. *Schirmermeister L., Oezen D., and Geyh M.A.* 230Th/U dating of frozen peat, Bol'shoy Lyakhovsky Island (North Siberia). *Quaternary Research*. 2002. Vol. 57. P. 253–258.
26. *Кайялайнен В.И., Кулаков Ю.Н.* Основные черты истории геологического развития Яно-Инди́гирской (Приморской) низменности в неоген-четвертичное время // Тр. НИИГА. М.: Недра, 1965. 143 с.
27. *Архангелов А.А., Михалёв Д.В., Николаев В.И.* Реконструкция условий формирования многолетней мерзлоты и палеоклимата Северной Евразии // Развитие областей многолетней мерзлоты и перигляциальной зоны Северной Евразии и условия расселения древнего человека. М.: Ин-т географии РАН, 1996. С. 85–109.
28. *Kienast F., Tarasov P., and Schirmermeister L.* Continental climate in the East Siberian Arctic during the last interglacial: implications from paleobotanical records. *Global and Planet. Change*. 2008. Vol. 60. No. 3–4. P. 535–562.
29. *Романовский Н.Н.* О строении Яно-Инди́гирской приморской аллювиальной равнины и условиях ее формирования // Мерзлотные исследования. 1961. Вып. 2. С. 129–138.
30. *Шер А.В.* Млекопитающие и стратиграфия плейстоцена крайнего Северо-Востока СССР и Северной Америки. М.: Наука, 1971. 310 с.
31. *Каплина Т.Н., Лахтина О.В., Рыбакова Н.О.* Кайнозойские отложения среднего течения р. Алазеи (Колымская низменность) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 8. С. 51–63.
32. *Кузьмина С.А.* Позднекайнозойские насекомые бассейна р. Алазеи (Колымская низменность) // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1989. Т. 64. № 4. С. 42–55.
33. *Sher A.V.* A brief overview of the Late-Cenozoic history of the Western Beringian lowlands. In: *M.E. Edwards, A.V. Sher, R.D. Guthrie* (Eds). *Terrestrial paleoenvironmental studies in Beringia*, Fairbanks, University of Alaska Museum. 1997. P. 3–6.
34. *Костяев А.Г.* О происхождении клиновидных и складчатых деформаций слоев в четвертичных отложениях // Проблемы палеогеографии и морфогенеза в полярных странах и высокогорье. М.: Изд-во МГУ, 1964. С. 131–164.
35. *Sher A.V. and Plakht I.R.* Radiocarbon dating and problems of the Pleistocene stratigraphy in lowlands of the Northeast USSR. *International Geology Review*. 1988. No. 30(8). P. 853–867.
36. *Sher A.V., Kuzmina S.A., Kuznetsova T.V., and Sulerzhitsky L.D.* New insights into the Weichselian environment and climate of the Eastern-Siberian Arctic, derived from fossil insects, plants, and mammals. *Quaternary Science Reviews*. 2005. No. 24. P. 533–569.
37. *Andreev A.A., Grosse G., Schirmermeister L., Kuznetsova T.V., Kuzmina S.A., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Novenko E.Y., Meyer H., Derevyagin A.Y., Kienast F., Bryantseva A., and Kunitsky V.V.* Weichselian and Holocene palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island, New Siberian Archipelago, Arctic Siberia. *Boreas*. 2009. No. 38(1). P. 72–110.
38. *Andersen K.K., Azuma N., Barnola J.M. et al.* North Greenland Ice Core Project members. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*. 2004. No. 431. P. 147–151.

Different-age ancient alases of the North-East of Russia

E. S. Gorbatov^{a, #}, S. F. Kolesnikov^b, and S. A. Kuzmina^c

^a*Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS (IPE RAS), Moscow, Russia*

^b*Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russia*

^c*Borissiak Paleontological Institute of the RAS, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: e.s.gor@mail.ru*

Thermokarst lakes and alases are widespread in the North-East of Russia. These structures are part of Quaternary deposit of the region and mostly of Holocene age. The alas complex of the older age is less common. Here we present the study of alas complex sections as old as Lower – Upper Neopleistocene from the Laptev Sea coast (Oyagoss yar, Shirokostan peninsula). The principal composition of these structures of different ages is quite similar. Their formation is correlated with warm intervals when the moisture content increased. Melting of the ice-rich sediment took place locally. Accumulation of the melted water increased the melting and lead to formation of separated thermokarst depressions where succession of the lake-bog-soil sediments with ice-wedge casts (pseudomorphosis) began to accumulate. Current research expands the knowledge about distribution of the alas complex in the north-eastern Russia, allows to recognize its features (the presence of tabers, lacustrine sediments with a complex of pseudomorphs along the ice wedge, the increase in grain size of lacustrine sediments from the center to the periphery of the basins, a large number of values of allochthonous peat in the middle and autochthonous in the top of alas strata), and suggests how to extract paleogeographic information from this type of deposit.

Keywords: North-East of Russia, Quaternary deposits, Ice complex, Alas deposits, wedge polygonal ice, ice wedge casts, draping structure

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors thank S.D. Razumnyi for his help in some illustration editing.

REFERENCES

1. Rasskazov A.A. and Gorbatov E.S. *Limnogeologiya i evolyutsiya ozerogo litogeneza*. (Limnogeology and evolution of lacustrine lithogenesis). M.: IFZ RAN (Publ.), 2019. 192 p. (in Russ.)
2. Grigoriev A.A. *Ob oledenении территории Якутии в четвертичный период*. (On glaciation of Yakutia in the Quaternary period). *Trudy komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. M.: Nauka (Publ.), 1932. Vyp. 1. P. 21–35. (in Russ.)
3. Kudryavtsev V.A. *O termokarste*. (On thermokarst). *Voprosy fizicheskoi geografii polyarnykh stran*. M.: Nauka (Publ.), 1958. P. 101–106. (in Russ.)
4. Popov A.I. *Vechnaya merzlota Zapadnoi Sibiri*. (Permafrost of West Siberia). M.: Geografiz (Publ.), 1953. 230 p. (in Russ.)
5. Katasonov E.M. *Alasnye otlozheniya i taberal'nye obrazovaniya*. (Alas deposits and taberal formations). *Geologiya kainozoya Yakutii*. 1982. P. 110–121. (in Russ.)
6. Tomirdiaro S.V. *Lessovo-ledovaya formatsiya Vostochnoi Sibiri v pleistotsene i golotsene*. (Loess-ice formation in East Siberia during the Late Pleistocene and Holocene). M.: Nauka (Publ.), 1980. 183 p. (in Russ.)
7. Kaplina T.N. *Alasnye otlozheniya Severnoi Yakutii*. (Alas deposits of the Northern Yakutia). *Kriosfera Zemli*. 2009. Vol. XIII. No. 4. P. 3–17. (in Russ.)
8. Kotov A.N. *Alasnyi i ledovyi kompleks otlozhenii severo-zapadnoi Chukotki (poberezh'e Vostochno-Sibirskogo morya)*. (Alas and ice complex deposits Northwest of Chukotka (Coast of the East Siberian Sea)). *Kriosfera Zemli*. 1998. Vol. 11. No. 1. P. 11–18. (in Russ.)
9. Kaplina T.N. and Lozhkin A.V. *Vozrast alasnykh otlozhenii Primorskoj nizmennosti Yakutii*. (Age of alas deposits of the Coastal Lowland of Yakutia). *Izv. AN SSSR. Seriya Geologicheskaya*. 1979. No. 2. P. 69–76. (in Russ.)
10. Archangelov A.A. *Podzemnoe oledenение severa Kolymskoi nizmennosti v pozdnem kainozoe* (Underground glaciation of the northern Kolyma Lowland in the Late Cenozoic). *Problemy kriolitologii*. M.: MGU (Publ.), 1977. Vyp. VI. P. 26–58. (in Russ.)
11. Kaplina T.N. *Drevnie alasnye komplekсы Severnoi Yakutii (soobshchenie 2)*. (Ancient alas complexes North Yakutia (message 2)). *Kriosfera Zemli*. 2011. Vol. XV. No. 2. P. 20–30. (in Russ.)
12. Tumskoi V.E. *Osobennosti kriolitogeneza otlozhenii Severnoi Yakutii v srednem neopleistotsene – golotsene*. (Cryolithogenesis Features of sediment North Yakutia Middle Neopleistocene-Holocene). *Kriosfera Zemli*. 2012. Vol. XVI. No. 1. P. 12–10. (in Russ.)
13. Archangelov A.A., Kuznetsova T.C., and Lyanos-Mas A.V. *Kriolitogeneza alasnykh otlozhenii (na primere mysy Chukoch'ii)*. (Cryolithogenesis alas deposits (on the example of Cape Chukochii)). *Problemy kriolitologii*. Vyp. IX. M.: MGU (Publ.), 1981. P. 125–139. (in Russ.)
14. Ivanov O.A. *Stratigrafiya i korrelyatsiya neogenovykh i chetvertichnykh otlozhenii subarktickikh ravnin Vostochnoi Yakutii*. (Stratigraphy and correlation of Neogene and Quaternary sediments sub-Arctic plains Eastern Yakutia). *Problemy izucheniya chetvertichnogo perioda*. M.: Nauka (Publ.), 1972. P. 202–211. (in Russ.)
15. Gibbard P.L. and Head M.J. The newly-ratified definition of the Quaternary System. Period and redefinition of the Pleistocene Series. Epoch, and comparison of proposals advanced prior to formal ratification. *Episodes*. 2010. No. 33. P. 152–158.
16. Sher A.V., Kaplina T.N., and Ovander M.G. *Unifitsirovannaya regional'naya stratigraficheskaya skhema chetvertichnykh otlozhenii Yano-Kolymskoi nizmennosti i ee*

- gornogo obramleniya. *Ob'yasnitel'naya zapiska* (Unified Regional Stratigraphic Chart for the Quaternary deposits in the Yana-Kolyma Lowland and its mountainous surroundings. Explanatory Note). *Resheniya Mezhdomestvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po chetvertichnoi sisteme Vostoka SSSR (Magadan, 1982 g.)*. *Ob'yasnitel'nye zapiski k regional'nym stratigraficheskim skhemam*. N.A. Shilo (Ed.). Magadan: SV KNII DVO AN SSSR (Publ.), 1987. P. 29–69. (in Russ.)
17. Westgate J.A.G., Pearce W., Preece S.J., Schweger C.E., Morlan R.E., Pearce N.J.G., and Perkins T.W. Tephrochronology, magnetostratigraphy and mammalian faunas of Middle and Early Pleistocene sediments at two sites on the Old Crow River, northern Yukon Territory. *Canada Quaternary Research*. 2013. No. 79. P. 75–85.
 18. Froese D.G., Lowe D.J., Knott J.R., and Slate J.L. Global tephra studies: John Westgate and Andrei Sarina-Wojcicki commemorative volume. *Quaternary International*. 2008. No. 178. P. 1–3.
 19. Jensen B.J.L., Preece S.J., Lamothe M., Pearce N.J.G., Froese D.G., Westgate J.A., Schaefer J., and Beget J. The Variegated (VT) tephra: a new regional marker for middle to late Marine Isotope Stage 5 across Yukon and Alaska. *Quaternary International*. 2011. No. 246. P. 312–323.
 20. Kienast F., Wetterich S., Kuzmina S., Schirrmeister L., Andreev A., Tarasov P., Nazarova L., Kossler A., Frolova L., and Kunitsky V. Paleontological records indicate the occurrence of open woodlands in a dry inland climate at the present-day Arctic coast in western Beringia during the Last Interglacial. *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. No. 17–18. P. 2134–2159.
 21. Andreev A.A., Grosse G., Schirrmeister L., Kuzmina S.A., Novenko E.Yu., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Ilyashuk B.P., Kuznetsova T.V., Krbetschek M., Meyer H., and Kunitsky V. Late Saalian and Eemian palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island (Laptev Sea region, Arctic Siberia). *Boreas*. 2004. No. 33. P. 319–348.
 22. Chernov Yu.I. *Zhizn' tundry*. (Life of the tundra). M.: Mysl (Publ.), 1980. 236 p. (in Russ.)
 23. Wetterich S., Schirrmeister L., and Andreev A.A. Eemian and Late Glacial. Holocene palaeoenvironmental records from permafrost sequences at the Dmitri Laptev Strait. *Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2009. Vol. 279. No. 1–2. P. 73–95.
 24. Nikol'skiy P.A., Basiyan A.E., and Simakova A.N. *Novye dannye po stratigrafii verkhnekainozoiskikh otlozhenii v raione mysy Svyatoi Nos*. (New data on stratigraphy Late Cenozoic sediments near Cape Svyatoi Nos). *Landshaftno-klimaticheskie izmeneniya, zhivotnyi mir i chelovek v pozdnem pleistotsene i golotsene*. M.: In-t geografii RAN (Publ.), 1999. P. 51–60. (in Russ.)
 25. Schirrmeister L., Oezen D., and Geyh M.A. 230Th/U dating of frozen peat, Bol'shoy Lyakhovsky Island (North Siberia). *Quaternary Research*. 2002. Vol. 57. P. 253–258.
 26. Kaiyalaynen V.I., Kulakov, and Yu. N. *Osnovnye cherty istorii geologicheskogo razvitiya Yano-Indigirskoi (Primorskoi) nizmennosti v neogen-chetvertichnoe vremya*. (Main features of the history of geological development of Yana-Indigirka Lowland in the Neoge-Quaternary). *Trudy NIIGA*. M.: Nedra (Publ.), 1965. 143 p. (in Russ.)
 27. Archangelov A.A., Mikhalev D.V., and Nikolaev V.I. *Rekonstruktsiya uslovii formirovaniya mnogoletnei merzloty i paleoklimata Severnoi Evrazii*. (Reconstruction of conditions of formation of permafrost and paleoclimate of Northern Eurasia). *Razvitie oblasti mnogoletnei merzloty i periglyatsional'noi zony Severnoi Evrazii i usloviya rasseleniya drevnego cheloveka*. M.: Institut geografii (Publ.), 1996. P. 85–109. (in Russ.)
 28. Kienast F., Tarasov P., and Schirrmeister L. Continental climate in the East Siberian Arctic during the last interglacial: implications from paleobotanical records. *Global and Planet. Change*. 2008. Vol. 60. No. 3–4. P. 535–562.
 29. Romanovskii N.N. *O stroenii Yano-Indigirskoi primorskoi allyuvial'noi ravniny i usloviyakh ee formirovaniya*. (On the structure of the alluvial plain in the Yana-Indigirka coastal lowlands and the conditions of its formation). *Merzlotnye issledovaniya*. M.: MGU (Publ.), 1961. Vyp. 2. P. 129–138. (in Russ.)
 30. Sher A.V. *Mlekopitayushchie i stratigrafiya pleistotsena Krainego Severo-Vostoka SSSR i Severnoi Ameriki*. (Mammals and stratigraphy of the Pleistocene of the extreme Northeast of the USSR and North America). M.: Nauka (Publ.), 1971. 310 p. (in Russ.)
 31. Kaplina T.N., Lahtina O.V., and Rybakova N.O. *Kainozoiskie otlozheniya srednego techeniya r. Alazei (Kolymskaya nizmennost')*. (Cenozoic deposits of the middle stream of r. Alazei (Kolyma Lowland)). *Izv. AN SSSR. Seriya geologicheskaya*. 1981. No. 8. P. 51–63. (in Russ.)
 32. Kuzmina S.A. *Pozdnekainozoiskie nasekomye basseina r. Alazei (Kolymskaya nizmennost')*. (Late Pleistocene insects from the Alazea river (Kolyma Lowland)). *Bulleten' MOIP. Otdel geologicheskii*. 1989. No. 64 (4). P. 42–55. (in Russ.)
 33. Sher A.V. A brief overview of the Late-Cenozoic history of the Western Beringian lowlands. In: M.E. Edwards, A.V. Sher, R.D. Guthrie, (Eds). *Terrestrial paleoenvironmental studies in Beringia, Fairbanks, University of Alaska Museum*. 1997. P. 3–6.
 34. Kostyaev A.G. *O proiskhozhdenii klinovidnykh i skladchatykh deformatsii sloev v chetvertichnykh otlozheniyakh*. (About the origin of the wedge-shaped and folded deformation of layers in Quaternary sediments). *Problemy paleogeografii i morfogeneza v polyarnykh stranakh i vysokogor'e*. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1964. P. 131–164. (in Russ.)
 35. Sher A.V. and Plakht I.R. Radiocarbon dating and problems of the Pleistocene stratigraphy in lowlands of the Northeast USSR. *International Geology Review*. 1988. No. 30(8). P. 853–867.
 36. Sher A.V., Kuzmina S.A., Kuznetsova T.V., and Sulerzhitsky L.D. New insights into the Weichselian environment and climate of the Eastern-Siberian Arctic, derived from fossil insects, plants, and mammals. *Quaternary Science Reviews*. 2005. No. 24. P. 533–569.
 37. Andreev A.A., Grosse G., Schirrmeister L., Kuznetsova T.V., Kuzmina S.A., Bobrov A.A., Tarasov P.E., Novenko E.Y., Meyer H., Derevyagin A.Y., Kienast F., Bryantseva A., and Kunitsky V.V. Weichselian and Holocene palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island, New Siberian Archipelago, Arctic Siberia. *Boreas*. 2009. No. 38(1). P. 72–110.
 38. Andersen K.K., Azuma N., Barnola J.M. et al. North Greenland Ice Core Project members. High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*. 2004. No. 431. P. 147–151.