

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY

<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-124-140>
УДК 551.515+551.583.7+551.34 (268.53)



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ORIGINAL ARTICLE

Природные условия района расположения полевой базы ААНИИ Хастыр на п-ове Хара-Тумус в Хатангском заливе

Д.Ю. Большианов^{1*}, В.Т. Соколов¹, Б.С. Погребов¹, Б.Я. Нафиков¹, А.В. Крылов²

¹ — ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

² — Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

*bolshiyarov@aari.ru

Резюме

В статье описаны природные условия настоящего времени и их изменения в прошлом в районе расположения полевой базы Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) на полуострове Хара-Тумус в Хатангском заливе. Полевая база организована в 2016 г. с целью обеспечения гидрометеорологической информацией нефтеразведочных работ в заливе. В настоящее время планируется ее закрытие по окончании работ, несмотря на очень благоприятное расположение для получения информации: о состоянии климата юго-западной части моря Лаптевых, слабо освещенной гидрометеорологическими наблюдениями, данными о ледовых условиях и колебаниях уровня моря в Хатангском заливе — важной части Северного морского пути; о режиме и процессах в толще многолетнемерзлых пород; о состоянии природной среды прошлого и настоящего. За 6 лет существования станции собран важный фактический материал по всем перечисленным направлениям исследований, обобщение которого является целью настоящей статьи.

Ключевые слова: Арктика, геологическое строение, гидрометеорологические условия, мерзлотные процессы, метеорологическая станция, палеогеография, Хатангский залив.

Для цитирования: Большианов Д.Ю., Соколов В.Т., Погребов Б.С., Нафиков Б.Я., Крылов А.В. Природные условия района расположения полевой базы ААНИИ Хастыр на п-ове Хара-Тумус в Хатангском заливе // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 2. С. 124–140. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-124-140>.

Поступила 25.01.2023

После переработки 28.03.2023

Принята 03.04.2023

Contemporary and ancient environmental conditions in the area of the AARI meteorological station Khastyr on Khatanga Bay on Hara-Tumus Peninsular

Dmitry Yu. Bolshiyarov^{1}, Vladimir T. Sokolov¹, Boris S. Pogrebov¹,
Boris Ya. Nafikov¹, Anton V. Krylov²*

¹ — *State Scientific Center of the Russian Federation Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia*

² — *A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia*

**bolshiyarov@aari.ru*

Summary

The aim of the article is to characterize the current and ancient environmental conditions in the area around a new AARI meteorological station, located in the west of the Khara-Tumus Peninsula (73° 49' 39,5" N 109° 39' 13,5" E) on the Khatanga Bay of the Laptev Sea. The Khastyr meteorological station was organized in 2016, and for the moment a 6-year (2017–2022) series of hydrometeorological observations has been performed. The average annual temperature at the station is –11.7 °C. The maximum temperature is 31.8 °C, the minimum temperature is –47.3 °C. The annual amount of atmospheric precipitation is 238 mm. The wind blows from west to east or from east to west during most of the year. The maximum wind speed is 28 m/sec, the average wind speed is 5,4 m/sec. The ice cover in the Khatanga Bay disappears in the second part of July and forms again in September-October. The winter lasts here for 9 months of the year.

The geological, geomorphological and permafrost structure along the shoreline near the station is investigated. The cliff consists of marine sediments of the Middle and Late Pleistocene. The IR-OSL dating of the sands from the cliff's basement shows that the sediments are 206 000 year old. The marine sediments, including Karginy deposits with wood and amber, dated by the radiocarbon method and shown to be 42 000 year old (45 000 calendar year old), are covered by Ice Complex sediments, the mammal bones from which have a radiocarbon age of 32 thousand years (36 thousand calendar years). The saiga (*Saiga tatarica*) bones found near the Taimyr Peninsula for the first time have a radiocarbon age of 17 thousand ¹⁴C years (22 thousand calendar years).

Permafrost processes are very active in this area of typical tundra. Therefore, a testing plot for investigating permafrost processes was organized on the territory of the station. Also, this place is very convenient for investigating coastal erosion processes. The Khastyr station can be used as a point for organizing complex studies of the natural environment in a typical tundra on the shore of Khatanga Bay.

Keywords: geological construction, Khatanga Bay, meteorological station, 6-year weather investigation, paleoenvironment, permafrost processes, the Arctic.

For citation: *Bolshiyarov D.Yu., Sokolov V.T., Pogrebov B.S., Nafikov B.Ya., Krylov A.V.* Contemporary and ancient environmental conditions in the area of the AARI meteorological station Khastyr on Khatanga Bay on Hara-Tumus Peninsular. *Arctic and Antarctic Research*. 2023, 69 (2): 124–140. [In Russian]. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-124-140>.

Received 25.01.2023

Revised 28.03.2023

Accepted 03.04.2023

ВВЕДЕНИЕ

Полевая база ААНИИ Хастыр, открытая 14 сентября 2017 г. (наблюдения ведутся с сентября 2016 г.), расположена на полуострове Хара-Тумус в Хатангском заливе, в точке с координатами 73° 49' 39,5" с. ш. 109° 39' 13,5" в. д. (рис. 1).

Полевая база находится в высокоширотной Арктике — в подзоне типичных (северных) тундр, на берегу Хатангского залива, где зима господствует 9 месяцев

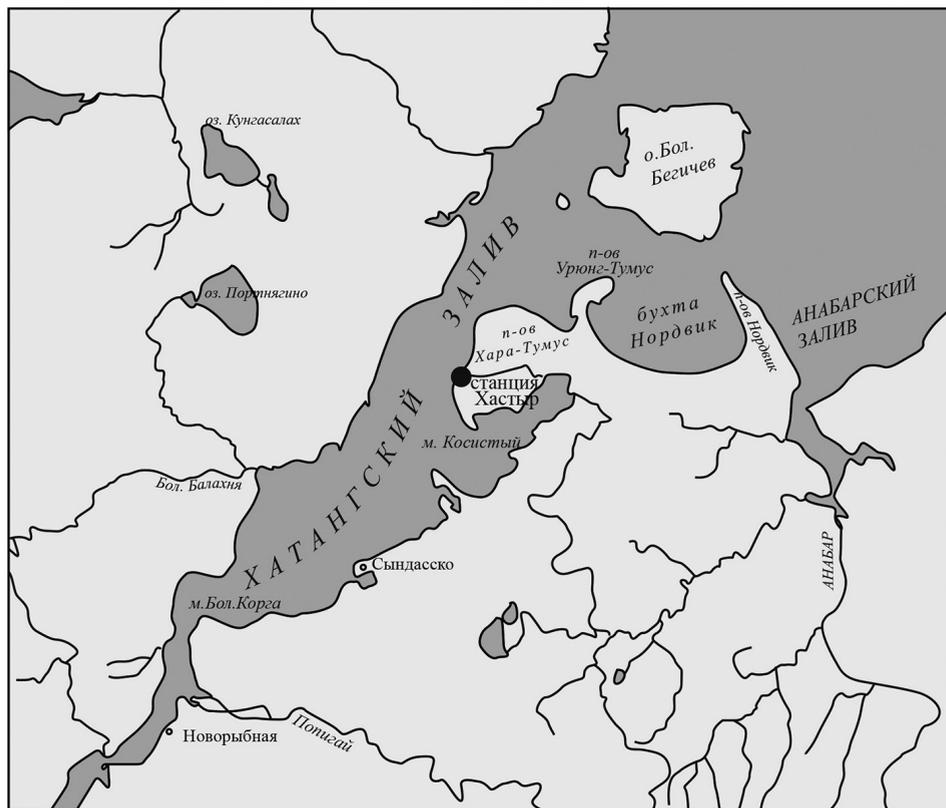


Рис. 1. Местоположение станции Хастыр

Fig. 1. Location of the Khastyr station

в году, залив очищается ото льда к концу июля, снег сходит с поверхности тундры в июне. Средняя температура января по обобщенным данным для этого района составляет $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, июля — $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает 205 мм в год, но это район избыточного увлажнения. В районе расположения станции дуют сильные ветры, в основном восточных и западных румбов. Среднегодовое количество дней со скоростями ветра более 15 м/с составляет 41. Суровость погоды в январе определяется индексом 2,5 шкалы Бодмана [1].

Станция занимает важное местоположение для проведения гидрометеорологических наблюдений, особенно если учесть, что в ближайшей округе гидрометеостанций нет. Расстояние до береговых станций: в Усть-Оленёке 350 км, Мыса Челюскина — 450 км, Хатанги — 315 км. В связи с закрытием гидрометеорологических станций о. Преображения, бухты Марии Прончищевой и ограниченным объемом информации АМСГ аэропорта Хатанга, новая станция дает возможность получить информацию о метеоусловиях на площади огромного пространства восточного Таймыра и юго-западного побережья моря Лаптевых. Наблюдения за уровнем моря осуществляются лишь на ближайшей полярной станции «Сога» около пос. Тикси (600 км к востоку). Были прекращены уровенные наблюдения на станции о. Голомянный (800 км к се-

веро-западу от Хастыра), а в поселках Хатанга (315 км к юго-западу от станции) и Усть-Оленёк уровень воды в устьях рек наблюдается по речной программе без современных привязок реперов к геодезической сети. Практически все побережье юго-западной части моря Лаптевых и северо-восточной части Карского моря осталось без наблюдений уровня моря, что совершенно неприемлемо в свете создания программ по развитию трассы Северного морского пути, а в научном плане недопустимо при исследованиях многолетних колебаний уровня Мирового океана.

Станция расположена на породах ледового комплекса в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) и состоит из: метеоплощадки, ледовой лаборатории, жилых модулей, дизель-электрической станции, кают-компании, бани, камбуза, складов, гаража, станции сжигания отходов, вертолетной площадки; оснащена малой транспортной техникой (снегоходы, лодки, квадроцикл) и бульдозером для зимних снегоуборочных работ. Все строения имеют основанием деревянные сваи, забуренные в ММП.

Полевая база ведет наблюдения по программе морской гидрометеорологической станции второго разряда. На ней производятся стандартные метеорологические и актинометрические наблюдения с использованием автоматической метеорологической станции, а также выполняются гидрологические и ледовые наблюдения в прилегающей части Хатангского залива. Целью статьи является обобщение полученных на станции за 6 лет наблюдений метеорологических параметров, геологических, геоморфологических, палеонтологических данных, свидетельствующих о развитии природной среды изучаемой территории в прошлом.

РЕЖИМ ПОГОДЫ ПО ДАННЫМ СТАНЦИИ

Среднемесячные, максимальные и минимальные температуры воздуха за шестилетний период наблюдений (2017–2022) представлены на рис. 2.

Среднегодовая температура воздуха за указанный период наблюдений составила $-11,7 \pm 1,4$ °С, максимальная и минимальная температуры воздуха за период наблюдений были 31,8 °С и $-47,3$ °С.

Для измерения осадков использовался снегомер Третьякова. На рис. 3 приведены данные о распределении количества осадков по месяцам.

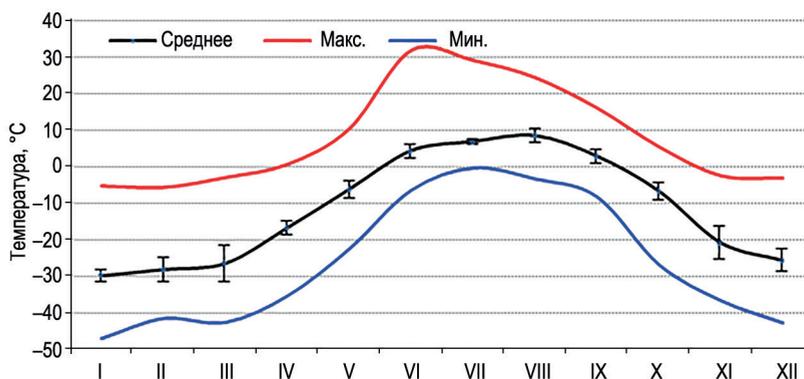


Рис. 2. Среднемесячные, максимальные и минимальные температуры воздуха (°С) по данным метеостанции Хастыр

Fig. 2. Average monthly, maximum and minimum air temperatures (°C) at the Khastyr station

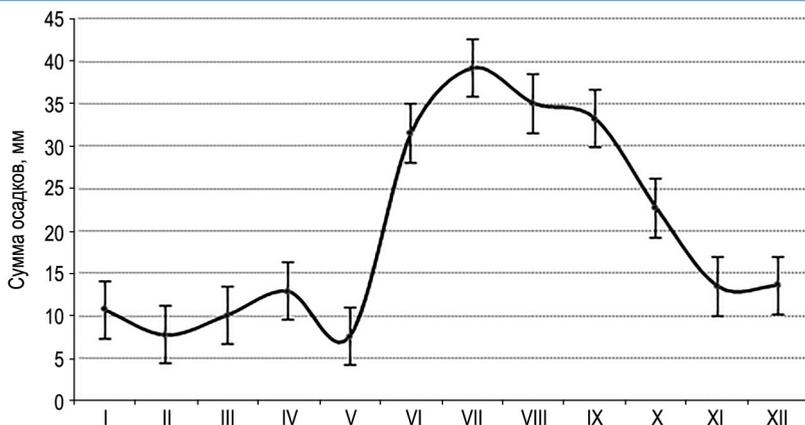


Рис. 3. Среднемесячное количество осадков (мм) и их стандартные отклонения за период 2017–2022 гг.

Fig. 3. Average monthly quantity and standard deviations of atmospheric precipitation (mm) at the Khastyr station in 2017–2022

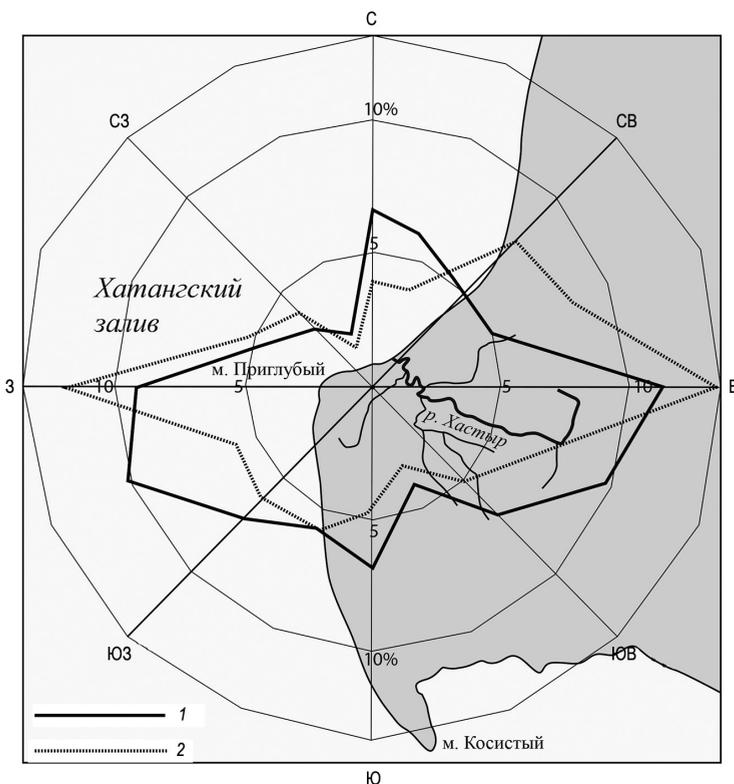


Рис. 4. Повторяемость направлений ветра за снежный период с октября по май (1) и бесснежный период с июня по сентябрь (2)

Fig. 4. Rose diagrams of wind directions for the snowy period (October–March) (1) and for the snowless period (June–September) (2)

Среднегодовая сумма осадков за период наблюдений составила 238 ± 45 мм. Наибольшее количество осадков выпадает с июня по октябрь. Высота снежного покрова к времени окончания снегонакопления в апреле–мае достигает 35 см. В 2017 и 2022 гг. его высота составляла 7–8 см. Максимальное снегонакопление (35 и 38 см) зафиксировано в мае 2019 г. и 2021 г. соответственно. Продолжительность периода без снега изменялась в пределах от 1,5 до 2 месяцев. Только в аномально теплом 2020 г. снега не было на поверхности тундры в течение 4 месяцев — с июня по сентябрь. Строения станции способствуют надувам снега толщиной до 1 м и более между ними.

Ветер в течение календарного года имеет преимущественно широтное направление, наиболее выраженное в период с мая по сентябрь (рис. 4). Еще более выраженные широтные направления ветров имеют место летом — с июня по сентябрь.

Средняя скорость ветра составляет 5,4 м/с, максимальная скорость достигает 28 м/с. Наибольшее количество метеорологических сроков со штилем отмечается в феврале и августе — 24 и 22 соответственно.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ

Станция Хастыр расположена на побережье Хатангского залива, в западной части п-ова Хара-Тумус, который резко выступает в залив с востока и перекрывает последний более чем на половину его ширины. Большая часть полуострова, а именно его западная часть, представляет собой морские террасы высотой до 75 м, в отличие от восточной части, которая характеризуется множеством термокарстовых озер, развивавшихся при затоплении полуострова морем в более позднюю фазу его формирования. Впрочем, эта низкая термокарстовая терраса восточной части полуострова также представляет собой морскую террасу, образование которой связано с протаиванием многолетнемерзлых пород при повышении уровня моря относительно современного, вероятно, уже в голоцене, как уже доказано для территории, прилегающей к дельте р. Лены [2]. Низовья р. Хастыр, на левобережье которой организована станция, представляют собой заполненную аллювиально-эстуарными осадками лагуну, отчлененную от залива пересыпью. Рельеф западной части полуострова — полого-увалистый, с большим количеством эрозионных долин, имеющих дендритовый в плане облик. Для долин рек характерны пологие склоны и V-образный поперечный профиль. На пологом склоне (южной и юго-восточной ориентировки) самой молодой из таких долин и самой нижней, впадающей в р. Хастыр прямо перед прораном, по которому последняя вытекает в море, расположена станция. С севера ее ограничивает термоабразионный уступ Хатангского залива высотой от первых до 40 м. Молодость долины, на склоне которой расположена станция, видна по отсутствию разработанного русла, вода стекает по травяному покрову между термокарстовыми воронками, заполненными водой. Термоабразионный уступ по всей протяженности п-ова Хара-Тумус (за исключением как раз устья р. Хастыр) срезает поверхность высокой террасы вместе с долинами рек, которые теперь часто обрываются в море своими бывшими верховьями. На карте динамики береговых процессов Хатангского залива (рис. 5), построенной в ААНИИ О.Н. Медковой [3], п-ов Хара-Тумус в районе устья р. Хастыр представлен активным клифом (термоабразионным уступом размыва), отступающим со скоростью до 1 м/год в условиях довольно слабого поступления наносов по нормали к берегу, т. к. волновая энергия слаба в этом направлении.

Вдольбереговые наносодвижущие силы, обусловленные волнением, проходя мимо устья р. Хастыр, встречаются с противоположно направленными потоками наносов у мыса Приглубый, где образуют двойную симметричную косу. Термоденудация бровки уступа и быстрая солифлюкция ежегодно поставляют на пляж довольно большой объем пород с крутого уступа, который, после размыва его волнами, включается во вдольбереговой поток наносов. Скорости отступления уступа размыва, который представлен клифом часто с нишей в основании, не так велики,

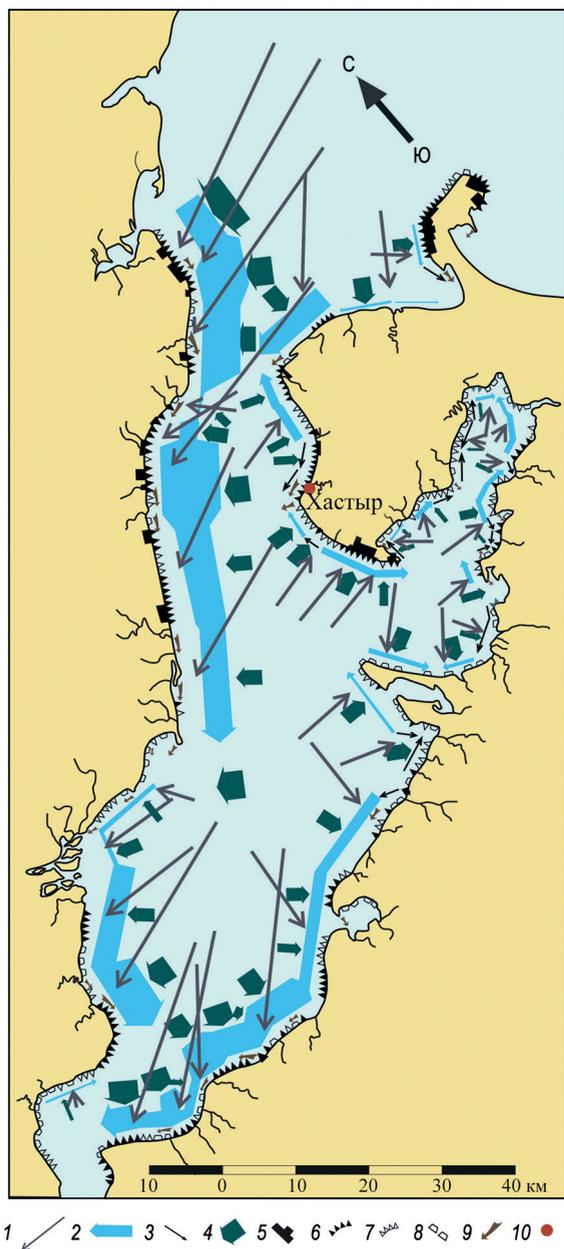


Рис. 5. Карта динамики берегов Хатангского залива, построенная О.Н. Медковой по методике Б.А. Попова и В.А. Совершаева [4]:

1 — энергетическая составляющая волнения (длина стрелки пропорциональна ее величине); 2 — вдольбереговая наносодвижущая составляющая потока волновой энергии (ширина стрелки пропорциональна ее величине); 3 — вдольбереговая наносодвижущая составляющая потока волновой энергии менее 300 условных единиц; 4 — нормальная к берегу наносодвижущая составляющая потока волновой энергии (ширина стрелки пропорциональна ее величине); 5 — среднемноголетние скорости отступления береговых уступов (толщина линии пропорциональна величине абразии); 6 — активный клиф; 7 — отмирающий клиф; 8 — отмерший клиф; 9 — направление развития современных аккумулятивных береговых форм рельефа; 10 — место расположения станции Хастыр

Fig. 5. Coastal dynamics map of the Khatanga Bay constructed by O.N. Medkova according to the method by B. Popov and V. Sovershaev [4]:

1 — power component of choppiness (the length of the arrow is proportional to its value); 2 — along-shoreline sediment transporting component of the wave energy (the width of the arrow is proportional to its value); 3 — along-shoreline sediment transporting component of the wave energy which is < 300 conventional units; 4 — perpendicular-to-the-shoreline sediment transporting component of the wave energy (the width of the arrow is proportional to its value); 5 — average annual speed of cliff retreating (the width of the arrow is proportional to the value of abrasion); 6 — active cliff; 7 — dying cliff; 8 — dead cliff; 9 — direction of present-day accumulative coastal forms displacement; 10 — location of the Khatyr station

как могли бы быть, если бы здесь происходило повышение уровня моря в многолетнем плане. Однако именно полуостров Хара-Тумус находится в зоне современного понижения уровня моря (по данным многолетних наблюдений на закрытой теперь гидрометеорологической станции Косистый [5]), отчего терморазрыв берега здесь не так велик, как на других берегах моря Лаптевых.

Геологическое строение полуострова определяется довольно мощной толщей четвертичных отложений, залегающих на меловых песчаниках, которые, однако, нигде, кроме мыса Косистый, не выходят на поверхность в районе западного побережья полуострова. Уступ размыва высотой до 40 м нацело сложен мерзлой толщей четвертичных отложений (рис. 6).

Основная часть разреза представлена песками морского происхождения, а сверху на песках залегают отложения ледового комплекса пород (ЛК), представляющие собой переслаивающиеся алевриты и растительные остатки. В рельефе ЛК

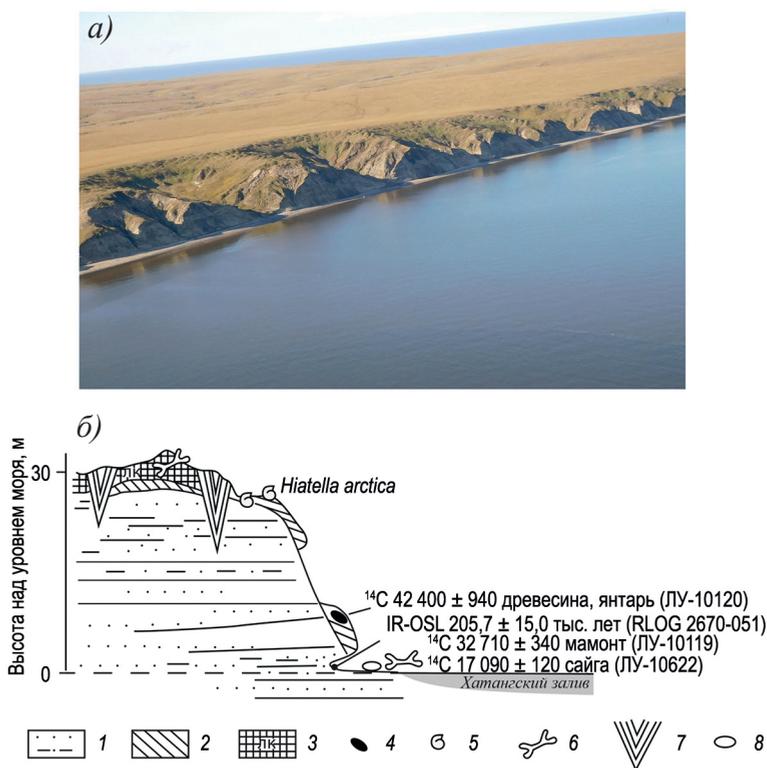


Рис. 6. Общий вид (а) и геологический разрез (б) уступа размыва п-ова Хара-Тумус в районе впадения р. Хастыр в Хатангский залив.

1 — пески и алевриты плейстоценового возраста; 2 — каргинские эстуарно-морские отложения; 3 — отложения ледового комплекса; 4 — линзы слоенки с древесиной и янтарем; 5 — раковины морских моллюсков; 6 — кости млекопитающих мамонтового фаунистического комплекса; 7 — ледяные жилы; 8 — галька и валуны

Fig. 6. View (a) and geological section (b) of the Khatanga Bay cliff in the place of Khashtyr River estuary.

1 — Pleistocene sand and silt; 2 — Karginian (MIS 3) marine and estuarine sediments; 3 — Ice Complex sediments; 4 — layered sands with drift wood and amber; 5 — shells of marine mollusks; 6 — bones of Ice Complex mammals; 7 — ice wedges; 8 — pebbles and boulders

проявляет себя в виде байджарахов, смещающихся вниз по склону. Из них периодически вытаивают кости животных мамонтового комплекса конца позднего неоплейстоцена и сносятся склоновыми движениями к подножию уступа размыва и далее на морское дно. Вблизи станции отобран бивень мамонта, залегавший на склонах распадка в 10 м выше уровня моря и снесенный из слоенки ЛК вниз потоком быстрой солифлюкции. Определение возраста органического материала радиоуглеродным методом выполнено в Лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. Кёппена СПбГУ. Радиоуглеродный возраст бивня составил 31710 ± 340 лет (36050 ± 360 лет — календарный возраст, ЛУ-10119). Радиоуглеродный возраст верхней части черепа сайгака, найденного у подножия уступа размыва мыса Отлогий в южной части полуострова, составил 17090 ± 120 лет (20650 ± 140 календарных лет, ЛУ-10622). Часть черепа с рогами была найдена на осушке пляжа, но не переносилась далеко, т. к. кости оказались в хорошо сохраненном состоянии. Череп также залегал в отложениях ЛК и был снесен вниз при разрушении уступа размыва. Это первая находка верхнеплейстоценовой сайги вблизи п-ова Таймыр. Ранее фрагменты черепа ископаемой сайги находилась восточнее — в низовьях рек Оленёк и Лена [6, 7], а на самом полуострове Таймыр кости сайги никем не обнаруживались [8]. Южное животное (в современных ареалах) обитало в преддверье Таймыра в самое холодное время верхнего неоплейстоцена. По мнению А.В. Шера, ископаемая сайга служит индикатором климата и ландшафтов, в которых она обитала. Этот ландшафт должен был обладать равнинным рельефом, сухой твердой поверхностью, холодным и сухим климатом с годовым количеством осадков не более 300 мм и малым количеством снега зимой — не более 20 см толщиной. Растительность должна была быть тундростепной ксерофитного облика с преобладанием злаковых, лебедовых растений и полыней с примесью тундровых кустарников [6].

Возраст морских песков в основании уступа под станцией определен методом оптически-стимулированной люминесценции (IR-OSL) в научно-исследовательской лаборатории геохронологии четвертичного периода “GeoAge” (Таллинн, Эстония). Он оказался равным $205,7 \pm 15,0$ тыс. лет (RLQG 2670-051). Осадки представлены горизонтально-слоистыми песками и алевролитами (см. рис. 5). На различных высотах над поверхностью пляжа среди песков встречаются линзы переслаивания песков и растительных остатков (древесная щепка, обломки ветвей деревьев с содержащимися в них мелкими гальками янтаря). Это типичная слоенка, образующаяся в лагунно-эстуарных условиях на мелководье [2, 9] не только в Хатангском заливе, но и в других эстуарно-морских и лагунных отложениях, описанных также в долинах рек Архангельской области, на Пай-Хое [10], где предположен каргинский возраст морских террас и слоенки. Радиоуглеродная датировка древесины из линзы слоенки с янтарем (вскрытой на высоте 7,5 м над пляжем (см. рис. 6)), составила 42400 ± 940 лет (45260 ± 850 календарных лет, ЛУ-10120), что подтверждает каргинский возраст [11] морских отложений в Хатангском заливе, как и в других районах арктического побережья России [12, 13, 14], а значит, и реальность каргинской трансгрессии в арктических морях Российской Арктики.

Собранные образцы янтаря (рис. 7) из линз слоенки имеют лимонно- и светло-желтый (70 %), оранжевый (20 %), костяной (9 %), редко красный (1 %) цвет. Зерна покрыты тонкой корочкой окисления. Твердость найденного янтаря 1,3–2,2 по шкале Мооса.



Рис. 7. Образец янтаря, собранный в линзах слоенки в уступе размыва в районе станции Хастыр

Fig. 7. Sample of amber, collected in cliff at the Khastyr station region

По форме выделений зерна имеют: 70 % — пластинчатую, 25 % — каплевидную, 5 % — круглую и овальную формы. 70 % зерен окатаны, 30 % — обломаны. По составу данные образцы относятся к хрупким разновидностям янтареподобных смол — ретинитам. Данные исследования во многом совпадают с исследованиями хатангских смол, проведенными М.А. Богдасаровым методом инфракрасной спектроскопии [15].

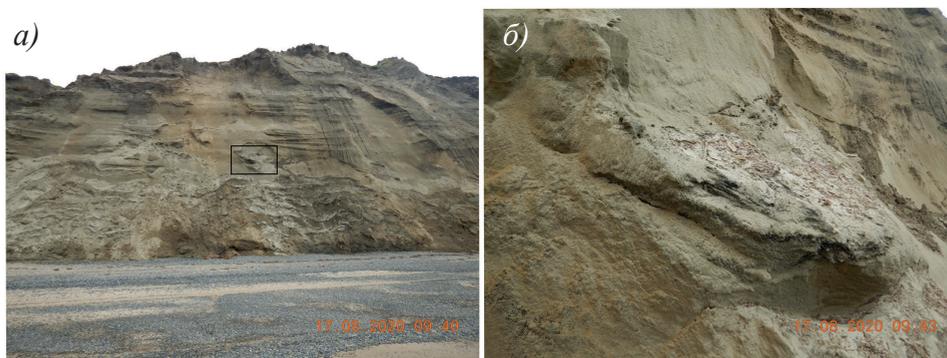


Рис. 8. Оползание толщи каргинских отложений по среднеплейстоценовым пескам.

На фрагменте б) крупным планом показана выделенная на фрагменте а) область — линза слоенки с древесными остатками и янтарем, которая пока задержалась на склоне, но в ближайшее время разрушится

Fig. 8. Landslide of Karginy sediments along Middle Pleistocene sands.

The assigned area of fig. (a) shows the lens of sand with driftwood and amber (b). The landslide mass is about to be destroyed by the waves

На морское происхождение песков и алевроитовых песков, подстилающих отложения ЛК, указывают не только линзы слоенки, но и скопления на поверхности в приобвочной части крутой части уступа размыва (см. рис. 6) раковин двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* (Linn.). Также о морских условиях осадконакопления свидетельствуют корочки соли на поверхности осадков — так называемые солонцы-лизунцы, на которые приходят олени удовлетворить свои солевые потребности.

В уступе размыва хорошо видно, что толща каргинских морских отложений с линзами растительных остатков (от коры до бревен деревьев) и янтарем прислонена к толще среднеплейстоценовых песков (рис. 8).

В настоящее время происходит вскрытие этой толщи из-под «коры» более поздних каргинских наслоений. А сверху на эти отложения сползают массы ледового комплекса пород. Т. е. условия залегания четвертичных отложений в разрезах берегов Хатангского залива чрезвычайно сложные в связи с наличием многолетней мерзлоты и активнейшими процессами быстрой солифлюкции, оползания масс грунта и смещения целых блоков пород с верхней части уступа к его подножию.

МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ И РАЗВИВАЮЩИЕСЯ В НИХ ПРОЦЕССЫ

Станция Хастыр расположена в зоне сплошного залегания ММП, мощность которых достигает 500 м. Температура грунта на глубине подошвы сезонных колебаний температур составляет $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]. Толщина деятельного слоя грунта на территории станции определяется измерением металлическим щупом через каждые 5 дней на постоянно закрепленных профилях (540 точек измерений), изображенных на рис. 9.

Протаивание грунта на территории станции достигает максимума во второй декаде сентября и составляет в среднем 40 см (рис. 10). Из данных промеров также

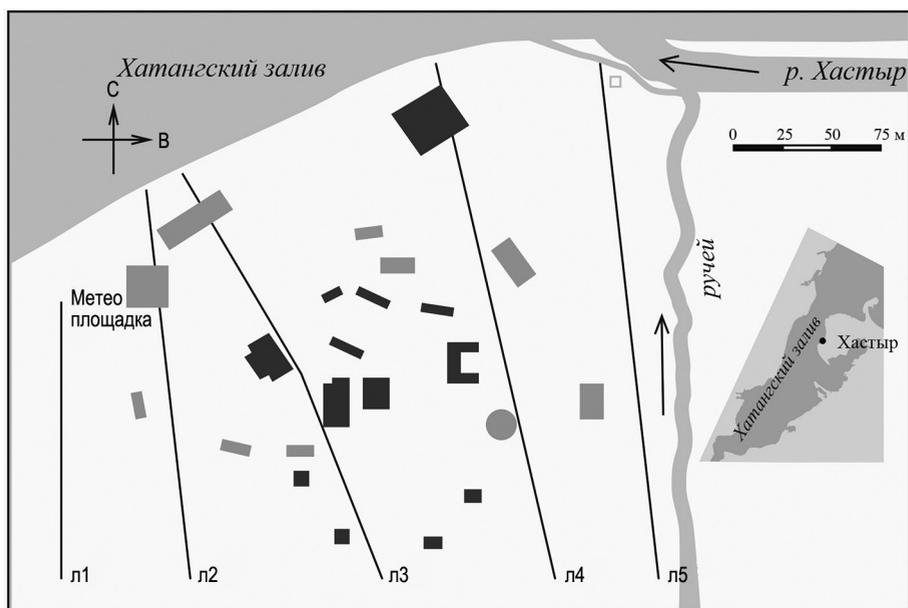


Рис. 9. Схема станции Хастыр с расположением профилей (л1–л5) слежения за динамикой протаивания деятельного слоя грунта

Fig. 9. Khastyr station chart showing the location of profiles (l1–l5) for active layer thickness measuring

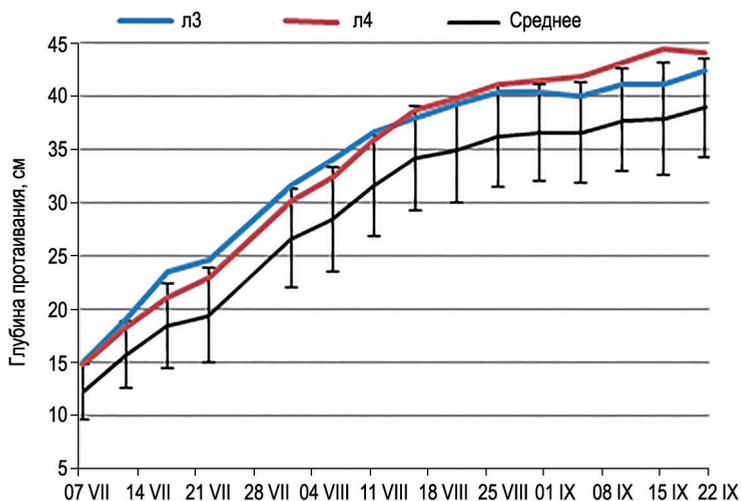


Рис. 10. Толщина деятельного слоя грунта летом 2022 г. в среднем по всем 540 точкам измерений на полигоне и на профилях 3 и 4, на которых сконцентрированы постройки станции

Fig. 10. Average thickness (cm) of the active layer along permafrost profiles by all 540 points of measurements and along 3 and 4 lines, which cross the center of the station



Рис. 11. Вездеходная дорога, проложенная до основания станции, по которой происходит активное протаивание грунта

Fig. 11. Vehicle road, broken before station building, with active melting of frozen ground



Рис. 12. Колодец-провал в зоне бровки берегового уступа бухты Нордвик (50 км к востоку от станции Хастыр)

Fig. 12. Permafrost caving, which originated as a result of ice wedge breaking and subsequent erosion by water, at the brow of the cliff of Uryung-Thumus Peninsula (50 km to the East of the Khasrtyr station)

следует, что строения станции оказывают влияние на величину протаивания грунта. Так, по профилям 3 и 4 (на которых сконцентрировано наибольшее количество построек) протаивание на 5–10 см больше по сравнению с окраинной станции (профили 1, 2, 5) в любые сроки измерений. Центр станции летом наиболее обводнен по сравнению с окружающей тундрой, что хорошо видно на космических снимках. Это связано с микро-рельефом станции, которая расположена в небольшом углублении формирующейся долины, временные водотоки которой обводняются еще и в связи с более значительным снегонакоплением между строениями станции. На глубину протаивания грунта значительно влияют климатические условия каждого года. Так, толщина деятельного слоя грунта в конце сезона протаивания сравнительно холодного 2022 г. составила в среднем 40 см и не превышала 55 см. Аномально теплый 2020 г. характеризовался глубиной протаивания, достигшей 75 см на вертолетной площадке, а умеренно теплый 2018 г. в той же точке — 55 см.

Место расположения станции характеризуется довольно контрастным микро-рельефом, обусловленным мерзлотными процессами, главными из которых являются полигонообразование по ледяным жилам и углубление первоначальных морозобойных трещин эрозией стекающей воды. Такой характер полигонообразования влечет за собой значительные деформации и протаивание грунта под транспортными путями. Проложенная гусеничным транспортом еще до основания станции дорога вдоль обрыва к северу от построек представляет собой углубившиеся колеи глубиной до 1 м и более (рис. 11).

Если проследить эту дорогу по космоснимкам до пос. Косистый, до которого она наезжена, то нетрудно убедиться в том, что участки дороги согласно уклонам местности местами превращаются в водотоки, между которыми вода скапливается в техногенных термокарстовых ваннах.

Во время существования станции ее сотрудниками было отмечено очень интересное гео-криологическое явление, которое имеет место как на п-ове Хара-Тумус, так и на п-ове Урюнг-Тумус. Это появляющиеся зияющие провалы в районе бровки уступа размыва полуостровов. Можно было бы предположить, что они связаны с выбросом метана из мерзлых недр, как и на п-ове Ямал [16]. Однако даже на фотографиях видно (рис. 12), что провалы не имеют выбросов грунта, который характерен при взрывах газа на Ямале. Провальные явления здесь, по-видимому,



Рис. 13. Процесс быстрой солифлюкции по распадкам, возникшим на месте растаявших ледяных жил (а); солифлюкционный язык на пляже (б)

Fig. 13. Process of fast solifluction in the creek valley, which originated along melted ice wedges (a), solifluction lobe on the beach (b)

возникают в результате разрыва ледяных жил в малоснежные зимы, когда градиенты температур воздуха и грунта очень велики. В последующие весенние и летние сезоны в первичный разрыв устремляются талые снеговые воды, вызывающие расширение и углубление колодцев, из которых по эрозионной долине в сторону залива истекают массы влагонасыщенного талого грунта. Последние поступают на пляж (рис. 13), где их поджидают воды залива, которые во время штормов разрушают конусы выноса, сложенные алеврито-песчаной массой, и включают снесенный обломочный материал в процессы вдольберегового перемещения наносов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На станции Хастыр в ходе шестилетнего цикла метеорологических наблюдений получены погодные характеристики места расположения станции — восточного побережья Хатангского залива. Среднегодовая температура воздуха здесь равна $-11,7 \pm 1,4$ °С, изменяясь за шесть лет наблюдений от $-12,8$ до $-8,9$ °С. Средняя температура самого холодного месяца (января) составила $-29,9 \pm 1,6$ °С, самого теплого месяца (августа) $8,3 \pm 1,9$ °С. Среднегодовая сумма осадков за период наблюдений составила 238 ± 45 мм. Ветер чаще всего дует с востока на запад и с запада на восток, в среднем составляя 5,4 м/с, а при порывах достигая величины 28 м/с.

Хатангский залив вскрывается от льда в июле, а образование устойчивого ледяного покрова происходит в сентябре-октябре.

В районе станции активно действуют мерзлотные процессы. Сезонное протаивание многолетнемерзлых пород достигает максимальной величины в 75 см, циклически колеблясь в зависимости от хода летних температур воздуха и величины снегонакопления зимой. В районе бровки уступа размыва Хатангского залива активно действуют процессы термоденудации, быстрой солифлюкции, образования колодцев-провалов по ледяным жилам зимой и эрозии их талыми снеговыми водами летом.

В среднем и позднем неоплейстоцене в районе исследований господствовали обстановки морского осадконакопления, которые подтверждены датировками отложений и палеонтологическими сборами как в районе станции, так и на близлежащих берегах Хатангского залива. В каргинское время позднего неоплейстоцена здесь

также имели место условия морского залива-эстуария с подъемом уровня моря до 30–40 м по сравнению с современным уровнем моря, накоплением янтаря в линзах с растительным детритом и песком, переходом морских осадков, содержащих фауну морских моллюсков, в отложения ледового комплекса (ЛК), в которых захоронены остатки животных мамонтового фаунистического комплекса. Этот переход происходил в результате увеличения суровости климата и глубокого промерзания формировавшихся лагунно-морских отложений, но в условиях высокого по сравнению с современным уровня моря. Впервые вблизи берегов п-ова Таймыр в отложениях ЛК обнаружены остатки сайги (часть черепа), которые датированы радиоуглеродным методом 17090 ± 120 лет (20650 ± 140 календарных лет), что указывает на то, что южное в современном ареале своего обитания животное жило здесь — в преддверии Таймыра, в самых холодных условиях позднего неоплейстоцена — в эпоху последнего ледникового максимума.

Организованная в 2016 г. станция Хастыр расположена в очень удобном месте для климатических, мерзлотных, палеогеографических исследований и могла бы стать пунктом комплексного мониторинга состояния природной среды в западной части моря Лаптевых, по которой в настоящее время даже гидрометеорологических данных крайне недостаточно.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы благодарны дирекции ФГБУ «ААНИИ» за поддержание жизнедеятельности станции Хастыр в течение нескольких лет, вследствие чего получены лучшие в основу статьи данные, обработка которых продолжается.

Competing interests. The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the AARI board, which works hard to maintain the Khastyr Station. Data from the Khastyr station provide the basis for this article, and they are still being processed.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Арктики. М.: ГУГК, 1985. 204 с.
2. *Большаинов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штофф Г.* Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013. 267 с.
3. *Большаинов Д.Ю., Зимичев В.П., Медкова О.Н.* Эстуарно-дельтовая система р. Хатанги // Эстуарно-дельтовые системы России и Китая. М.: ГЕОС, 2007. С. 163–174.
4. *Попов Б.А., Совершаев В.А.* Принципы выбора исходных данных для расчета потоков волновой энергии // Береговая зона моря. М.: Наука, 1981. С. 47–53.
5. *Ашик И.М., Макаров А.С., Большаинов Д.Ю.* Развитие берегов российской Арктики в связи с колебаниями уровня моря // Метеоспектр. 2010. № 2. С. 23–27.
6. *Шер А.В.* Ископаемая сайга на севере Восточной Сибири и Аляске // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1967. № 33. С. 97–112.
7. *Spassov N.* The Southwesternmost distribution of the Saiga in the Holocene of Europe: A Saiga Tatarica find from an archaeological site in Bulgaria // Gatsov I., Guadelli J.-L. (eds.) *Saxa Loquuntur*. Volume in honour of the 65th anniversary of Nikolai Sirakov. Sofia: Avalon publisher, 2009. P. 317–322.
8. *Möl D., Tikhonov A., Van Der Plicht H., Bolshiyonov D.* Discoveries of woolly mammoth, *Mammuthus primigenius* (Proboscidea: Elephantidae) and some other Pleistocene mammals on the Taimyr Peninsula // *Russian Journal of Theriology*. 2003. V. 2. № 2. P. 77–95.

9. Макаров А.С., Большианов Д.Ю. Органоминеральные отложения на побережьях как индикатор положения уровня моря в прошлом // Проблемы Арктики и Антарктики. 2017. № 1 (111). С. 46–56.
10. Крылов А.В., Калугин П.С. Югорские и канинские хрупкие смолы (ретиниты) — новый вид ювелирного сырья из кайнозойских отложений западной части Российской Арктики // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2019. Вып. 6. С. 94–107.
11. Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике // Труды АНИИ. 1948. Т. 201. 135 с.
12. Большианов Д.Ю., Макеев В.М. Архипелаг Северная Земля: оледенение, история развития природной среды. СПб.: Гидрометеиздат, 1995. 217 с.
13. Молодьков А.Н. Каргинское время (МИС3): геохронологические свидетельства по данным ЭПР и ОК-ОСЛ анализов раковин морских моллюсков и вмещающих отложений // Сборник материалов международной конференции «Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов», симпозиума Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», Международного полевого симпозиума INQUA PeriBaltic WG. СПб. 9–17.09.2012. СПбГУ. СПб., 2012. С. 215–219.
14. Molodkov A. The Late Pleistocene palaeoenvironment evolution in Northern Eurasia through the prism of the mollusk shell based ESR dating evidence // Quaternary International. 2020. V. 556. P. 180–197.
15. Богдасаров М.А. Янтарь и другие ископаемые смолы Евразии. Брест: БрГУ, 2011. 263 с.
16. Кизяков А.И., Союшкин А.В., Лейбман М.О., Зимин М.В., Хомутов А.В. Геоморфологические условия образования воронки газового выброса и динамика этой формы на Центральном Ямале // Криосфера Земли. 2015. Т. 19. № 2. С. 15–25.

REFERENCES

1. *Atlas Arktiki*. Atlas of the Arctic. Moscow: GUGK, 1985: 204 p. [In Russian].
2. Bol'shiyanov D.Iu., Makarov A.S., Shneider V., Shtoff G. *Proiskhozhdenie i razvitie del'ty reki Leny*. Origin and evolution of the Lena River Delta. St. Petersburg: AARI, 2013: 267 p. [In Russian].
3. Bol'shiyanov D.Iu., Zimichev V.P., Medkova O.N. Estuary and delta system of the Khatanga River. *Estuarno-del'tovye sistemy Rossii i Kitaia*. Estuary and delta systems of Russia and China. Moscow: GEOS. 2007: 163–174. [In Russian].
4. Popov B.A., Sovershaev V.A. Option choice principles of wave energy calculation. *Beregovaia zona moria*. Sea coastal zone. Moscow: Nauka, 1981: 47–53. [In Russian].
5. Ashik I.M., Makarov A.S., Bol'shiyanov D.Iu. Evolution of Russian Arctic coasts in causation with sea level fluctuations. *Meteospektr*: Meteospektr. 2010, 2: 23–27. [In Russian].
6. Sher A.V. Fossilized saiga on the North of East Siberia and Alaska. *Biulleten' komissii po izucheniiu chetvertichnogo perioda*. Bulletin of the Commission of Quaternary studying. 1967, 33: 97–112. [In Russian].
7. Spassov N. The Southwesternmost distribution of the Saiga in the Holocene of Europe: A Saiga Tatarica find from an archaeological site in Bulgaria. Gatsov I., Guadelli J.-L. (eds.) *Saxa Loquuntur*. Volume in honour of the 65th anniversary of Nikolai Sirakov. Sofia: Avalon publisher, 2009: 317–322.
8. Møl D., Tikhonov A., Van Der Plicht H., Bolshiyarov D. Discoveries of woolly mammoth, *Mammuthus primigenius* (Proboscidea: Elephantidae) and some other Pleistocene mammals on the Taimyr Peninsula. *Russian Journal of Theriology*. 2003, 2, 2: 77–95.
9. Makarov A.S., Bol'shiyanov D.Iu. Layered organic and mineral sediments on coasts as the indicator of sea level fluctuations in the past. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Problems of Arctic and Antarctic. 2017, 1 (111): 46–56. [In Russian].
10. Krylov A.V., Kalugin P.S. Iugorskie and kaninskie brittle tar (retinite) as a new type of jewelry materials from Cenozoic sediments of western part of Russian Arctic. *Rel'ef i chetvertichnye*

obrazovaniia Arktiki, Subarktiki i Severo-Zapada Rossii. Relief and Quaternary deposits of Arctic, subarctic and Nord-West of Russia. 2019, 6: 94–107. [In Russian].

11. Saks V.N. *Chetvertichnyi period v Sovetskoj Arktike*. Quaternary in Soviet Arctic. *Trudy Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*. Proc. of ARI. 1948, 201: 135 p. [In Russian].

12. Bol'shiianov D.Iu., Makeev V.M. *Arhipelag Severnaia Zemlia oledenenie, istoriia razvitiia prirodnoi sredy*. Severnaya Zemlya Archipelago — history of environment evolution. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1995: 217 p. [In Russian].

13. Molod'kov A.N. *Karginskoe vremia (MIS3): geokhronologicheskie svidetel'stva po dannym EPR i OK-OSL analizov rakovin morskikh molliuskov i vmeshchaiushchikh otlozhenii*. Karginsky time (MIS3): geochronology by ESR and IR-OSL dating of marine mollusk shells and enclosing sediments. Proc. of Int. Symp. Geomorphological and paleogeographical investigation of Polar Regions (“Leopoldina”). St. Petersburg, 2012: 215–219. [In Russian].

14. Molodkov A. The Late Pleistocene palaeoenvironment evolution in Northern Eurasia through the prism of the mollusk shell based ESR dating evidence. *Quaternary International*. 2020, 556: 180–197.

15. Bogdasarov M.A. *Iantar' i drugie iskopaemye smoly Evrazii*. Amber and other fossil tars of Eurasia. Brest: A.S. Pushkin Byelorussian State University, 2011: 263 p.

16. Kiziakov A.I., Soniushkin A.V., Leibman M.O., Zimin M.V., Khomutov A.V. Geomorphological conditions of the gas-emission crater and its dynamics in Central Yamal. *Kriosfera Zemli*. Kriosphera of the Earth. 2015, 19, 2: 15–25. [In Russian].