

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.89, 551.79, 551.248.2, 551.432.8

А.В. Баранская¹, Ф.А. Романенко², Х.А. Арсланов³, А.Ю. Петров⁴, Ф.Е. Максимов⁵, З.В. Пушина⁶,
А.Н. Тихонов⁷, Н.Э. Демидов⁸**ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ГЫДАНА И АРКТИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ: РЕКОНСТРУКЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ КАРСКОГО МОРЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ТЫСЯЧ ЛЕТ**

Материалы полевых исследований ряда опорных разрезов Гыданского полуострова и острова Белого и их сопоставление с литературными данными показали, что изменения относительного уровня юго-восточной части Карского моря после МИС 3 до настоящего времени отличались от среднемировых. Морские отложения МИС 3 (каргинского времени) залегают до высоты 2–2,5 м над уровнем моря на островах Белом, Сибириакова и некоторых других; они перекрыты морскими голоценовыми песками с аллохтонным торфом возрастом около 8 тысяч радиоуглеродных лет. На полуострове Явай в основании разрезов вскрываются морские суглинки и пески, сменяющиеся вверх по разрезу прослоями торфа возрастом от $24\,500 \pm 220$ (ЛУ-7972) до $30\,710 \pm 420$ (ЛУ-7971) лет. Выше лежат голоценовые озерные супеси с торфом и древесиной возрастом около 8 тысяч лет: здесь уровень моря не был выше современного позднее МИС 3. В южной части полуострова Мамонта уровень моря не поднимался, по крайней мере, после МИС 5 (казанцевского времени): отложения МИС 3 представлены суглинками с мамонтовой фауной, перекрытыми голоценовым аллювием и лимнием. Такое разнообразие сценариев изменения относительного уровня моря свидетельствует об общем поднятии земной коры Гыданского полуострова и юго-восточной части Карского моря, начиная с МИС 3, осложненном блоковыми дифференцированными движениями.

Ключевые слова: четвертичные отложения, неотектоника, вертикальные движения земной коры, уровень моря, Явай, Гыдан, остров Белый.

Введение. Изменения относительного уровня арктических морей – одна из самых сложных проблем изучения четвертичного периода российского Севера. Высотное положение поднятых или затопленных береговых линий определяется двумя основными факторами: глобальными колебаниями абсолютного или эвстатического уровня моря, связанными с изменением объема воды в Мировом океане, и локальными вертикальными движениями земной коры побережий. Если принять, что абсолютный уровень моря изменяется, в целом, синхронно во всем мире, то именно вертикальные движения земной коры (гляциоизостатические, тектонические и

другие) создают все разнообразие сценариев хода относительного уровня моря.

В российской Арктике в позднечетвертичное время относительный уровень моря изменялся иначе, чем во внеполярных областях, где последний раз он поднимался выше современных отметок (не более +10 м) только в МИС 5, затем колебался ниже –50...–60 м, а после максимума последнего оледенения (МИС 2) начал резко расти, постепенно замедляясь к концу голоцена и приближаясь к сегодняшнему положению [Church et al., 2010]. На побережьях арктических морей, напротив, присутствуют как голоценовые, так и более древние поднятые мор-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, НИЛ геоэкологии Севера, науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* alisa.baranskaya@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, НИЛ геоэкологии Севера, науч. с., кафедры геоморфологии и палеогеографии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* faromanenko@mail.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, лаборатория Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов и Мирового океана, главный специалист, докт. геол.-минерал. н., профессор; *e-mail:* arslanovkh@mail.ru

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, лаборатория Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов и Мирового океана, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* maksimov-fedor@yandex.ru

⁵ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, лаборатория Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов и Мирового океана, инженер, без степени; *e-mail:* petrovalexey1987@gmail.com

⁶ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового Океана имени академика И.С. Грамберга», ст. науч. с; Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* musatova@mail.ru

⁷ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Зоологический институт Российской Академии наук (ЗИН РАН), заведующий музеем, заместитель директора по научной работе, НИИ прикладной экологии Севера Северо-Восточного федерального университета, науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* atikh@mail.ru

⁸ Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия, науч. с., канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* nikdemidov@mail.ru

ские отложения, свидетельствующие о неоднократном повышении относительного уровня моря после МИС 5 во многих районах [Каплин, Селиванов, 1999]. При этом, если лестницы поднятых морских террас в областях активного гляциоизостатического и тектонического поднятия на Балтийском щите [Кошечкин, 1979; Колька с соавт., 2005], Земле Франца-Иосифа и Новой Земле [Forman et al., 2004] изучены хорошо, то Карский регион вызывает больше всего вопросов и разногласий, несмотря на многолетние работы по изучению положения морских отложений в четвертичных разрезах. Нет единого мнения ни о наличии и периодизации плейстоценовых оледенений, ни о временных рамках и высоте древних трансгрессий, поскольку одни и те же отложения разными исследователями часто интерпретируются по-разному: как морские, или ледниковые, либо озерные и аллювиальные. Поэтому не только механизмы изменений абсолютного уровня моря и их амплитуды по сравнению с вертикальными движениями земной коры берегов и дна, но и сам ход относительного уровня моря остаются не до конца ясными. Разрешить подобные противоречия и восстановить единый сценарий изменений относительного уровня моря и вертикальных движений земной коры на севере Западной Сибири можно только путем накопления и обобщения еще большего количества фактического материала, в первую очередь, ранее не опубликованных результатов исследований разрезов морских и континентальных верхнечетвертичных отложений. При этом наибольший интерес представляют удаленные районы, исследованные хуже, чем относительно изученные полуострова Ямал и Тазовский, – Гыданский полуостров и арктические острова Карского моря, в первую очередь, самый крупный из них остров Белый.

Стратиграфическое расчленение четвертичных отложений Гыдана началось в первой половине прошлого века [Сакс, 1945а; Соколов и Значко-Яворский, 1957]. В 1973–1985 гг. на полуострове работала Тюменская инженерно-геологическая экспедиция геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [Трофимов с соавт., 1986], изучавшая стратиграфию четвертичных отложений, подземные льды и современные геоморфологические процессы. В 1977–1981 гг. специалисты объединения «Аэрогеология» провели геологическую съемку полуострова [Авдалович, Биджиев, 1984]. В последние годы были описаны разрезы многолетнемерзлых отложений в южной части полуострова Явай и полуострова Мамонта [Облогов с соавт., 2012].

На острове Белом проводила работы Тюменская экспедиция МГУ в 1972 и 1978 гг. [Васильчук и Васильчук, 2015]. В последние годы детально изучены свойства многолетнемерзлых отложений в скважинах в западной части острова [Слагода с соавт., 2013, 2014], почвы и молодые торфа на западе и юге острова [Артемьева с соавт., 2016], а также особенности развития бугров пучения [Орехов с соавт., 2017]. Сравнительно хорошо изучен остров Сибирякова: детально описаны и продатированы

разрезы многолетнемерзлых отложений на северо-западном и южном берегах [Опокина с соавт., 2010; Стрелецкая с соавт., 2012, Гусев с соавт., 2013]. Другие острова южной части Карского моря исследованы в меньшей степени: некоторые эпизодически посещались геологами в первой половине XX в. [Сакс, 1945б; Дибнер, 1957]; детальные геоморфологические и хроностратиграфические работы начались лишь в конце столетия [Тарасов с соавт., 1995; Романенко, 1998; Романенко с соавт., 2001; Гусев с соавт., 2016].

Цель настоящей работы – характеристика четвертичных отложений ряда опорных разрезов на труднодоступных побережьях Гыданского полуострова и острова Белого и реконструкция на основе их изучения изменений относительного уровня Карского моря в позднечетвертичное время.

Материалы и методы исследований. Полевые работы проведены на острове Белом, полуострове Явай, на восточном берегу Обской губы в районе мыса Хонарасаля и на полуострове Мамонта к востоку от губы Яйне-Вонга (рис. 1, 1–5) в рамках российско-шведской экспедиции «Экология тундры-94», экспедиций «Ямал-Арктика-2012–2013», а также экспедиций на о. Белый в 2016–2017 гг.

На каждом из ключевых участков обследовались береговые обнажения протяженностью до нескольких километров. Четвертичные отложения вскрывали отдельными расчистками шириной от 2 м, геологические границы непрерывно прослеживались вдоль обрывов. Отбирали образцы грунта и торфа; для предотвращения их загрязнения перед отбором со стенки обнажения счищали 0,5–1 м грунта или торфа, в зависимости от величины протаивания. С помощью буровой установки УКБ-12/25 было пробурено 7 скважин глубиной от 3 до 10 м с отбором проб на гранулометрический, диатомовый анализы, анализ химического состава водной вытяжки, радиоуглеродное датирование и др. Радиоуглеродное датирование торфа, древесины и костей мамонта из береговых обнажений проводили в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёппена, Институт наук о Земле, СПбГУ (Санкт-Петербург) (25 образцов), AMS-датирование костей мамонта из береговых обнажений южной части полуострова Мамонта – в лаборатории радиоуглеродного анализа в Университете г. Гронингена (Голландия) (1 образец), АМ – датирование органического углерода в кернах – в США (National Ocean Sciences AMS Facility Department of Geology and Geophysics WoodsHole Oceanographic Institution, MA, USA), модель 1.5SDH-1 (<http://www.whoi.edu/nosams/ams-instruments>) (6 образцов). Гранулометрический анализ выполнен в лаборатории эволюционной географии Института географии РАН (г. Москва) (36 образцов), диатомовый анализ – З.В. Пушиной в ФГБУ «ВНИИ Океангеология» (Санкт-Петербург) (28 образцов), анализ ботанического состава торфа – К. Вершининым (ЛИН РАН, г. Иркутск, 10 образцов). Анализ содержания водорастворимых солей в водной

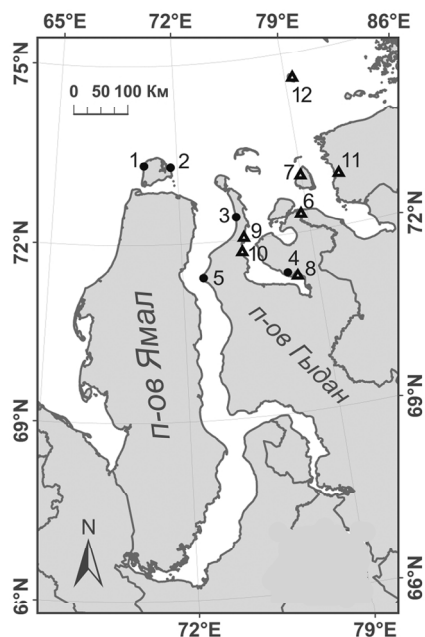


Рис. 1. Местоположение разрезов, о которых идет речь в статье: кружки – по данным собственных исследований, треугольники – по литературным данным: 1 – западный берег о. Белого; 2 – восточный берег о. Белого; 3 – западное побережье п-ова Явай; 4 – полуостров Мамонта, восточный берег бухты Яйне-Вонга; 5 – мыс Хонарасала (пойма реки Нгарка-Хортияха), 6 – устье реки Монгочейя (Баранская с соавт., 2013); 7 – о. Сибирякова (Стрелецкая с соавт., 2012, Гусев с соавт., 2013); 8 – полуостров Мамонта, берег от мыса Паха-Сале до мыса Няда-сале (Облогов с соавт., 2012); 9 – устье р. Еры-Маретаяха (Облогов с соавт., 2012), 10 – устье реки Монготалыяха (Васильчук с соавт., 1984); 11 – устье реки Крестьянки (Гусев с соавт., 2011, Стрелецкая с соавт., 2013); 12 – о. Свердруп (Тарасов с соавт., 1995)

Fig.1. Location of the outcrops mentioned in the article: circles – after own field data, triangles – after literature data: 1 – western coast of Beli Island; 2 – eastern coast of Beli Island; 3 – western coast of Yavay Peninsula; 4 – Mammoth Peninsula, the Yayne-Vonga Bay; 5 – Cape Khonarasalya; 6 – mouth of Mongocheyakha River (Baranskaya et al., 2013), 7 – Sibiriyakov Island (Streletskaya et al., 2012, Gusev et al., 2013); 8 – Mammoth Peninsula, coastline from Cape Pakha-Sale to Cape Nyadasalye (Oblogov et al., 2012, own data); 9 – the Yery-Maretayakha River mouth (Oblogov et al., 2012); 10 – the Mongotalyakhya River mouth (Vasilchuk et al., 1984); 11 – the Krestyanka River mouth (Gusev et al., 2011, Streletskaya et al., 2013); 12 – Sverdrup Island (Tarasov et al., 1995)

вытяжке из пород проводили в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН г. Пущино) (24 образца) и под руководством И.З. Костенко в лаборатории Научно-исследовательского, проектно-испытательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений (НИИОСП) им. Н.М. Герсевича (Москва) (5 образцов).

Результаты исследований и их обсуждение.

Разрез многолетнемерзлых отложений на восточном и западном берегах о. Белого состоит из трех толщ (рис. 1 – точки 1, 2, рис. 2 – разрез В [Баранская с соавт., 2018]). Нижняя из них видимой мощностью до 1,5–2 м иногда уходит под урез моря; она сложена параллельнослоистыми глинами и суглинками со значительным количеством намывного мохового войлока возрастом $35\,970 \pm 1840$ (ЛУ-7858) и $32\,480 \pm 1060$ (ЛУ-8235) в восточной и $29\,020 \pm 450$ (ЛУ-8463) р. л. в западной части острова, табл. 1). Отложения сильнозасоленные, сумма водорастворимых солей составляет 1,33% (табл. 2). Микрофоссилий в них мало: единичные обломки вымерших палеогеновых диатомей *Paralia grunowii* Gies. и неопределимые обломки створок морских центрических диатомей, спикулы губок. Слоистость значительно деформирована процессами промерзания и протаивания. Предполагается морское или прибрежно-морское происхождение толщи: она накапливалась в условиях илистой приливной осушки или, что менее вероятно, на дне мелководного залива в МИС 3 (каргинское время по региональной шкале, [Сакс, 1953]).

Средняя толща светло-серых и желто-серых песков мощностью до 4 м составляет большую часть береговых уступов (высота клифа до 5 м). Она характеризуется чередованием параллельной слоистости и слоистости ряби; присутствуют мульдобразные каналы врезания, характерные для приливно-отливной зоны. Встречаются линзы торфа возрастом

от 8000 ± 110 (ЛУ-8462) до 9440 ± 110 (ЛУ-8239) р. л. (табл. 1), которые, судя по их «рваным» краям и облеканию песками, были переотложены в водной обстановке. Несмотря на низкую засоленность (отложения относятся к незасоленным или слабозасоленным; значение суммы водорастворимых солей колеблется от 0,04 до 0,06%, табл. 2), по совокупности осадочных текстур (слоистости, каналам врезания, аллохтонным линзам торфа) можно предположить водную обстановку накопления и прибрежно-морское происхождение толщи. Подтверждает это предположение то, что засоленность современных пляжевых отложений значительно изменяется по латерали и с глубиной: присутствуют как среднезасоленные, так и незасоленные пески. Средняя толща сформировалась между 8 тыс. и 4,5 тыс. радиоуглеродных лет назад, судя по времени начала накопления вышележащих протяженных горизонтов автохтонного торфа верхней толщи.

Верхняя маломощная (до 0,4 м в восточной и до 1 м в западной части острова) толща включает переслаивание оторфованных суглинков с плохо отмытыми мелкозернистыми буро-палевыми песками эолового происхождения (современные надувы песка на тундровой равнине свидетельствуют о том, что процесс продолжается и по сей день, а прослой автохтонного торфа выше и ниже тонких прослоев песков говорят об их формировании в субаэральных условиях). Верхняя толща формировалась на суше с 4,5 тыс. р. л. назад (5,2 тыс. календарных лет назад) до настоящего времени.

Таким образом, о. Белый сложен морскими отложениями МИС 3, на которых залегают прибрежно-морские пески, сформировавшиеся в голоцене (атлантическое-суббореальное время), перекрытые маломощными позднеголоценовыми континентальными осадками (торфом, песками и суглинками).

Похожая история осадконакопления была реконструирована на о. Сибирякова [Стрелецкая с соавт.,

Т а б л и ц а 1

Результаты радиоуглеродного датирования

№ п/п	Разрез	№ расчистки	Высота над ур. м., м	Лаб. №	Материал	¹⁴ C возраст, лет	Календарный возраст, лет
1	п-ов Явай	745	3,6	ЛУ-7970	Торф	8 350±100	9 340±120
2	п-ов Явай	756	7,8	ЛУ-8229	Древесина	8 270±90	9 250±120
3	п-ов Явай	756	7	ЛУ-7973	Древесина	8 920±90	10 020±140
4	п-ов Явай	756	5	ЛУ-7972	Торф, переслаивающийся с супесью	24 500±220	28 350±250
5	п-ов Явай	756	4,6	ЛУ-8230	»	27 340±700	31 600±750
6	п-ов Явай	756	4,2	ЛУ-8231	»	28 900±660	32 900±740
7	п-ов Явай	756	3,8	ЛУ-8232	»	30 460±1 000	34 730±1 120
8	п-ов Явай	756	3,4	ЛУ-7971	»	30 710±420	34 670±400
9	п-ов Явай	746	7,5	ЛУ-7974	Торф	29 390±840	33 450±920
10	о. Белый (восток)	354	1,5	ЛУ-7858	Намывной торфяной войлок	35 970±1 840	40 260±1 840
11	о. Белый (восток)	354	1,5	ЛУ-8235	Намывной торфяной войлок	32 480±1 060	36 900±1 270
12	о. Белый (восток)	356	1,7	ЛУ-7859	Древесина	36 690±1 090	41 180±1 130
13	о. Белый (восток)	356	1,7	ЛУ-8240	»	39 180±1 670	43 720±1 610
14	о. Белый (восток)	355	2,5	ЛУ-8239	Линза аллохтонного торфа	9 440±110	10 740±200
15	о. Белый (восток)	358	2,6	ЛУ-8241	—	8 230±120	9 200±160
16	о. Белый (запад)	16/16	1,5	ЛУ-8462	—	8 000±110	8 860±160
17	о. Белый (запад)	22/16	0,5	ЛУ-8466	—	8 480±100	9 460±110
18	о. Белый (запад)	23/16	0,6	ЛУ-8467	Автохтонный торф	4 510±80	5 150±130
19	о. Белый (запад)	38-6/16	1,8	ЛУ-8459	Переслаивание песка и плохо разложившегося автохтонного торфа	3 000±70	3 180±100
20	о. Белый (запад)	39-14/16	0,5	ЛУ-8460	Автохтонный торф	640±70	610±50
21	о. Белый (запад)	15/16	0,3	ЛУ-8461	Песок с торфяной дерниной	590±120	590±90
24	губа Яйне-Вонга	778	7	ЛУ-8234	Торф	6 310±100	7 220±120
25	губа Яйне-Вонга	778	4	ЛУ-8245	Кости мамонта <i>in situ</i>	30 520±640	34 630±600

Пр и м е ч а н и е. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «OxCal 4.2» (калибровочные кривые «IntCal 13», «Bomb13 NH1»), Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>). Поправка на изотопное фракционирование и измерение содержания $\delta^{13}\text{C}$ не проводилось

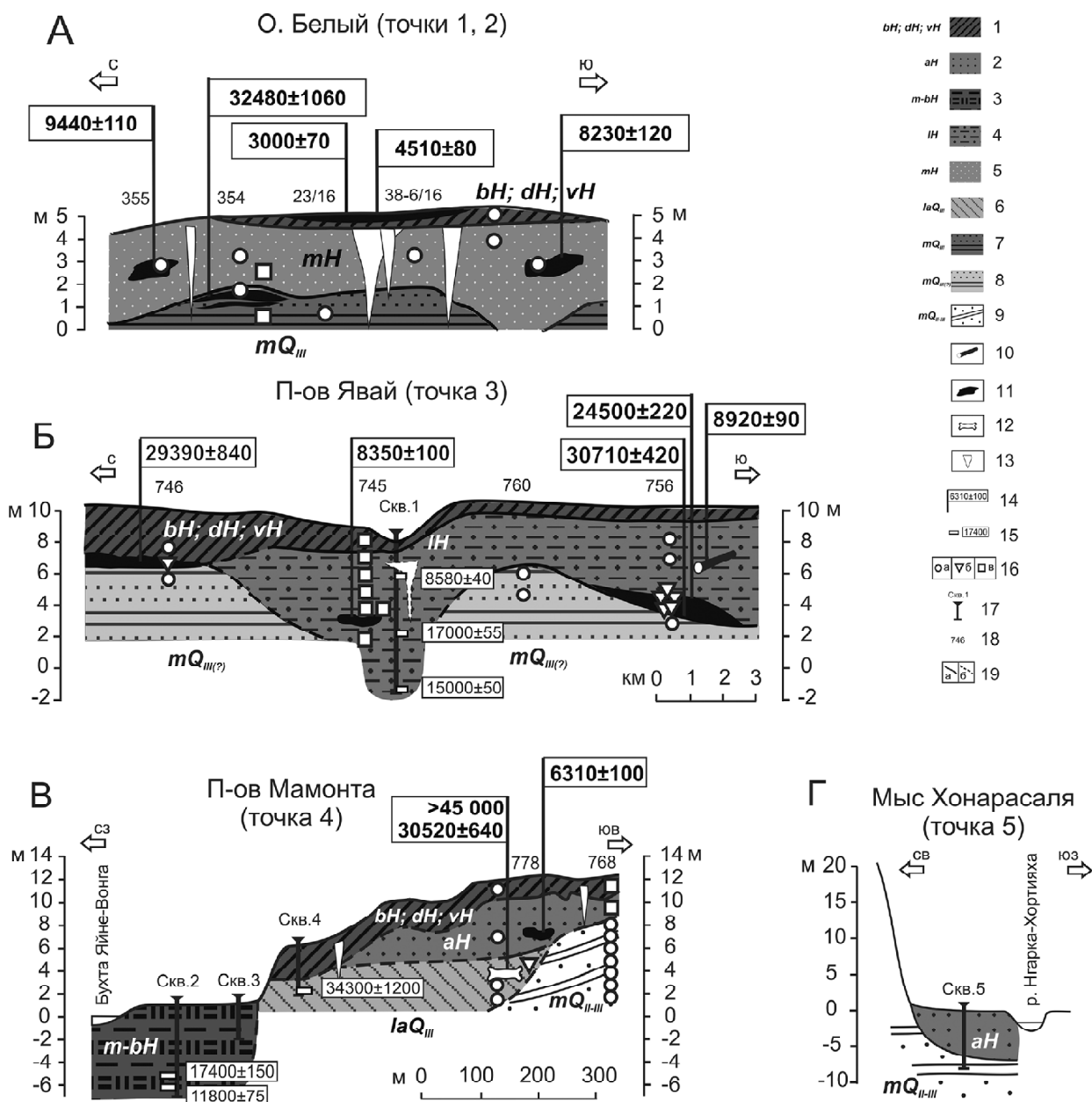


Рис. 2. Схематические разрезы опорных обнажений: А – сводный разрез западного и восточного берега острова Белого, Б – западный берег полуострова Явай, В – восточный берег бухты Яйне-Вонга, южная часть полуострова Мамонта, Г – мыс Хонарасаля (устье реки Нгарка-Хортыйяха). Генетические типы четвертичных отложений: 1 – голоценовые болотные, склоновые и эоловые отложения ($bH; vH; dH$): супеси, суглинки, изредка оторфованные; 2 – голоценовый аллювий (aH): пески параллельно- и косослоистые с линзами суглинков, супесей и торфа; 3 – голоценовые лайдовые отложения ($m-bH$): суглинки, супеси и пески, переслаивающиеся с торфом; с присутствием криопэггов; 4 – голоценовые озерные отложения (IH): параллельнослоистые супеси, пески и суглинки; 5 – голоценовые прибрежно-морские отложения (mH): пески со слоистостью ряби и линзами аллохтонного торфа, рассеянные мощными повторно-жильными льдами; 6 – озерно-аллювиальные отложения третьей ступени верхнего неоплейстоцена (МИС 3) (IaQ_{III}): пески с корнями растений и торфом; суглинки с костными остатками мамонтовой фауны; 7 – морские отложения третьей ступени верхнего неоплейстоцена (МИС 3) (mQ_{III}): тяжелые суглинки и глины с намытым моховым войлоком с единичными прослоями песков; 8 – морские отложения не моложе третьей ступени верхнего неоплейстоцена (МИС 3) ($mQ_{III(?)}$): тяжелые суглинки и глины с намытым моховым войлоком; хорошо отмытые пески со слоистостью ряби с щепками и растительным детритом; 9 – морские отложения первой ступени верхнего неоплейстоцена (МИС 5) или старше (mQ_{IV}): ритмичное переслаивание хорошо отмытых светлых песков с щепками и плавником и параллельнослоистых сизых глин. Датированный материал (отображен не в масштабе): 10 – древесина, 11 – торф или намытый моховой войлок, 12 – кости млекопитающих. Прочие обозначения: 13 – ледяные жилы (показаны вне масштаба). Возраст отложений: 14 – радиоуглеродный по результатам сцинтилляционного датирования растительных и костных остатков, 15 – радиоуглеродный по результатам AMS-датирования органического вещества в кернах мерзлых пород (по [Демидов с соавт., 2016], 16 – места отбора проб из береговых уступов: а) на гранулометрический анализ, анализ химического состава водной вытяжки и диатомовый анализ; б) только на анализ химического состава водной вытяжки, в) только на гранулометрический и диатомовый анализ, 17 – скважины, 18 – места отдельных расчисток береговых обнажений, 19 – геологические границы: а) наблюдаемые в обнажениях и скважинах, б) предполагаемые

2012; Гусев с соавт., 2013; точка 7 на рис. 1). В основании обрывов залегают морские суглинки и глины с криогенными деформациями, ИК-ОСЛ возраст которых – $41\,000 \pm 3200$ (RLQG 2072-042) и $45\,800 \pm 3500$ (RLQG 2073-042) лет – соответствует МИС 3 [Гусев с соавт., 2013]. Выше залегают пески с линзами торфа, которые имеют радиоуглеродный возраст от $11\,435 \pm 170$ (СОАН-7946) до $27\,285 \pm 350$ (СОАН-7944) и $27\,085 \pm 320$ (СОАН-7945) лет в южной части острова и от 5980 ± 120 (СОАН-7591) до 7370 ± 130 (СОАН-7589) лет в западной части острова [Стрелецкая с соавт., 2012]. Вмещающие торф супеси и пески имеют ИК-ОСЛ возраст 8600 ± 700 лет (RLQG 1950-119, [Гусев с соавт., 2013]). Там же, в слое песков с горизонтальной слоистостью и знаками ряби, встречается торф с радиоуглеродным возрастом от 8070 ± 130 (ЛЮ-6152) до $12\,450 \pm 250$ (ЛЮ-6410) лет [Гусев с соавт., 2013]. Автохтонный торф, перекрывающий разрез на южном берегу, сформировался 3480 ± 45 лет назад (СОАН-7947) [Стрелецкая с соавт., 2012]. Таким образом, и на о. Белом, и на о. Сибирякова в МИС 3 была приливная зона неглубокого моря, которая сменилась осушением и накоплением торфов. В голоцене подъем уровня моря привел к размыву берегов и накоплению песчаной толщи. В конце голоцена относительный уровень моря вновь понизился, а на поверхности образовался автохтонный торф. Голоценовая трансгрессия в районе арктических островов при этом, вероятно, не была высокой: к северу от о. Сибирякова, на о. Свердруп (рис. 1, точка 12) на высоте 7–8 м над урезом залегает автохтонный пресноводный торф возрастом от 11640 ± 40 (ГИН-7625) до 9770 ± 280 (ГИН – 7627) р. л. [Тарасов с соавт., 1995], который не был размыт. Соответственно, относительный уровень Карского моря не поднимался здесь в голоцене выше 7–8 м.

На западном побережье п-ова Явай на траверзе оз. Тиребято (рис. 1, точка 3, рис. 2, разрез Б, рис. 3) нижняя толща отложений, обнажающихся в разрезе равнины высотой 12–15 м, похожа на морскую толщу из оснований обрывов о. Белого и Сибирякова. Она вскрывается на высоте до 7 м над уровнем моря и, как и на о. Белом, иногда опускается

под урез, сложена параллельнослоистыми сизо-серыми суглинками с неполносетчатой криогенной текстурой, хорошо отмытыми светло-серыми песками с флазерной слоистостью (слоистостью ряби, подчеркнутой ленточными прослоями тонкого материала) и плохо отмытыми рыже-бурыми песками со щепками и древесным детритом (рис. 3, слой 5 а–г). На дифференциальных кривых крупности частиц (рис. 3, Б) заметно, что суглинки отличаются плохой сортированностью (преобладает алеврит, но присутствуют все фракции от глины до среднего песка; второй пик приходится на мелкий песок), а пески – напротив, имеют один хорошо выраженный пик мелкой фракции. Отложения нижней толщи по химическому составу водной вытяжки изменяются от незасоленных до сильнозасоленных (рис. 3, В, табл. 2). Микрофоссилий в них мало, они отличаются плохой сохранностью, свидетельствующей о переотложении: в параллельнослоистых суглинках обнажения 756 (слой 5г) обнаружены обломки пресноводных диатомовых аэрофильных видов *Pinnularia borealis* и створки хорошей сохранности переотложенных палеогеновых диатомей *Paralia grunowii* Gles., *Stephanopyxis cf. marginata* (Grun.) и др., а в песках обнажения 760 и 746 (слои 5а, 5б и 5в) – лишь единичные целые створки и обломки вымерших палеогеновых диатомей. По осадочным текстурам (слоистость в песках, смена тонкого материала крупным вверх по разрезу) можно сделать вывод о водной обстановке осадконакопления. Пески разреза 760 засолены в значительной степени, однако преобладают ионы SO_4^{2-} , а не Cl^- . В остальных разрезах (756 и 746) засоленность отсутствует. По засоленности отложений невозможно сделать однозначный вывод о происхождении; по совокупности осадочных текстур (наличию слоистости ряби, прослоев переотложенного хорошо перемытого растительного детрита) можно сказать о том, что осадки накапливались в водной обстановке.

Выше по разрезу встречаются прослой и линзы торфа, переслаивающегося с супесью, общей мощностью до 1,5–2 м (рис. 3, слой 4). Торф представлен слабоборазжившимися остатками бриевых мхов с осоками. Его радиоуглеродный возраст составля-

Fig. 2. Schematic sections of the outcrops: А – Beli Island, Б – western coast of Yavay Peninsula, В – eastern coast of Yayne-Vonga Bay, southern part of Mammoth Peninsula, Г – Cape Khonarasalya (Ngarka-Khortiyakha River mouth). Genetic units of Quaternary sediments: 1 – Holocene boggy, slope and aeolian deposits (bH; vH; dH): sandy loams, silts, sands, occasionally with peat; 2 – Holocene alluvial deposits (aH): parallel and cross-bedded sands with lenses of silt, sandy loam and peat; 3 – Holocene laida deposits (m-bH): silts, sandy loams and sands, interbedded with peat; with cryopegs; 4 – Holocene lacustrine sediments (lH): sandy loams, sands and silts with parallel bedding; 5 – Holocene marine sediments (mH): sands with parallel and flaser lamination with lenses of alloctonous peat dissected by thick ice wedges; 6 – Late Pleistocene lacustrine-alluvial sediments (MIS 3 (laQ_{III})): sands with plant roots and peat; silts with remnants of mammoth fauna; 7 – Late Pleistocene marine sediments (MIS 3) (mQ_{III}): silts and clays with well-washed moss debris and few layers of sand; 8 – Late Pleistocene marine sediments not younger than MIS 3 (mQ_{III}?): heavy silts and clays; well-washed sands with flaser bedding with wood and plant debris; 9 – marine sediments of MIS 5 age or older (mQ_{II-III}): rhythmically laminated well-washed light sands with wood debris and driftwood and parallel bedded bluish clays. Dated material (out of scale): 10 – wood, 11 – peat or redeposited moss debris, 12 – mammal bones. Other: 13 – ice wedges. Age of sediments: 14 – ^{14}C obtained by conventional radiocarbon dating of bones and plant remnants, 15 – ^{14}C obtained by AMS radiocarbon dating of organic matter in cores of frozen sediments (Demidov et al., 2016). 16 – locations of samples in the coastal outcrops taken for: а) grain size, chemical water extract and diatom analysis, б) chemical analysis of water extract only, в) grain size analysis only. 17 – boreholes, 18 – sites of the coastal cliff cuts, 19 – borders between sedimental units: а) observed in boreholes and outcrops, б) assumed

Таблица 2

**Содержание водорастворимых солей в отложениях береговых обрывов острова Белого и Гыданского полуострова
(над чертой мг-экв./100 г, под чертой – % экв.)**

№ обнаже- ния и образца	Состав отложе- ний	Высо- та над ур. м., м	pH	Анионы				Катионы			Сум- ма со- лей, %	Тип грунтов согласно ГОСТ 25100-2011
				CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺		
о. Белый												
356-2	Суглинок	1,0	7,29	-/-	1,2/5,1	1,12/4,8	21,2/90,1	2,06/8,8	4/17,0	17,46/74,2	1,33	Сильно- засоленные
363-9	Песок	2,5	7,68	-/-	0,73/38,8	0,2/25,9	0,1/35,3	0,3/32,6	0,33/38,4	/0,4/29,1	0,06	Слабо- засоленные
802-2	Песок	1,2	7,70	-/-	0,73/70,9	0,2/19,4	0,1/9,7	0,3/29,1	0,33/32,0	0,4/38,8	0,08	Слабо- засоленные
802-3	Песок	0,8	7,60	-/-	0,28/45,9	0,24/39,3	0,09/14,8	0,15/25,0	0,23/38,3	0,22/36,7	0,04	Незасоленные
802-4	Песок	0,2	7,55	-/-	0,3/49,2	0,18/29,5	0,13/21,3	0,2/33,3	0,3/50,0	0,1/16,7	0,04	Незасоленные
П-ов Явай												
746-1	Торф	7,1	6,29	-/-	0,05/1,5	3,18/2,1	0,07/96,4	0,88/25,5	0,28/8,0	2,28/66,5	0,19	Незасоленные
746-2	Суглинок	8	7,26	-/-	0,25/24,9	0,28/47,7	0,48/27,4	0,10/8,3	0,23/18,6	0,88/73,1	0,07	Незасоленные
746-3	Песок	6,6	6,7	-/-	0,05/4,5	0,93/11,6	0,13/83,9	0,10/10,2	0,15/15,3	0,73/74,5	0,06	Незасоленные
756-2	Супесь	7,5	7,65	-/-	0,28/36,5	0,30/23,7	0,18/39,8	0,18/22,5	0,25/32,1	0,35/45,4	0,05	Незасоленные
756-3	Суглинок	7	7,09	-/-	0,13/15,5	0,48/25,5	0,21/59,0	0,20/25,7	0,23/29,0	0,35/45,3	0,05	Незасоленные
756-4	Торф	5,2	7,9	-/-	0,63/34,2	0,85/19,2	0,35/46,6	1,35/52,4	0,18/6,8	1,05/40,8	0,14	Незасоленные
756-5	Торф	4,5	6,79	-/-	0,63/8,7	6,25/4,7	0,34/86,6	0,75/20,8	1,38/38,1	1,49/41,2	0,41	Средне- засоленные
756-6	Торф	4,1	6,83	-/-	0,13/3,3	3,53/2,5	0,09/94,2	0,15/10,1	0,23/15,1	1,11/74,8	0,17	Слабо- засоленные
756-7	Торф	3,8	4,69	-/-	-/-	1,10/12,3	0,15/87,7	0,98/19,0	1,90/37,1	2,25/43,9	0,14	Незасоленные
756-8	Торф	3,3	6,93	-/-	0,23/16,5	0,88/19,4	0,27/64,1	0,15/7,3	0,48/23,1	1,43/69,6	0,10	Незасоленные
756-9	Суглинок	3,2	7,72	-/-	0,43/24,7	0,50/46,3	0,80/29,1	0,18/12,1	0,48/32,8	0,80/55,1	0,11	Незасоленные
760-2	Песок	6,6	7,37	-/-	0,15/12,9	0,60/35,3	0,41/51,7	0,05/4,8	0,15/14,5	0,84/80,7	0,07	Слабо- засоленные
760-3	Песок	5,6	5,85	-/-	0,08/1,0	0,85/88,2	6,89/10,9	1,85/23,3	1,65/20,7	4,45/56,0	0,55	Сильно- засоленные
Губа Яйне-Вонга												
768-2	Суглинок, глина	6,2	8,66	0,03/0,6	0,70/1,3	0,93/35,1	0,34/17,2	0,10/46,4	0,20/4,7	1,85/9,3	0,14	Незасоленные
768-3	Песок	6	7,34	-/-	0,15/13,3	0,80/15,9	0,18/70,9	0,03/3,0	0,08/8,9	0,75/88,2	0,06	Слабо- засоленные
768-5	Песок	5,6	7,45	-/-	0,18/14,2	0,88/14,6	0,18/71,2	0,03/2,2	0,10/8,7	1,02/89,1	0,08	Слабо- засоленные
768-9	Песок	5	7,22	-/-	0,13/10,1	0,88/19,3	0,24/70,6	0,05/4,0	0,15/12,0	1,05/84,0	0,08	Слабо- засоленные
768-10	Глина	4,9	8,79	0,05/1,5	0,95/28,7	1,73/17,6	0,58/52,2	0,15/4,8	0,18/5,6	2,82/89,7	0,22	Средне- засоленные
768-12	Песок	4,5	6,84	-/-	0,05/6,4	0,28/58,7	0,46/34,9	0,28/40,9	0,13/18,6	0,27/40,5	0,05	Слабо- засоленные
768-13	Песок	4	4,27	-/-	-/-	0,35/85,2	2,02/14,8	1,10/52,9	0,43/20,4	0,56/26,7	0,15	Средне- засоленные
778-2	Глина	3,5	7,73	-/-	0,38/21,3	0,93/26,2	0,46/52,5	0,10/5,6	0,48/26,5	1,22/68,0	0,11	Незасоленные
778-6	Суглинок	10,5	6,55	-/-	0,10/17,7	0,25/37,9	0,21/44,3	0,10/15,3	0,38/57,5	0,18/27,1	0,04	Незасоленные
778-7	Песок	6,4	6,6	-/-	0,10/24,3	0,20/27,0	0,11/48,7	0,05/12,6	0,23/56,8	0,12/30,6	0,03	Незасоленные
778-8	Суглинок	5,3	8,31	-/-	0,55/33,6	0,90/11,5	0,19/54,9	0,25/16,5	0,28/18,2	0,99/65,3	0,11	Незасоленные

от 24 500±220 (ЛУ-7972) до 30 710±420 (ЛУ-7971) лет. Ненарушенное залегание и значительная (до десятков метров) протяженность прослоев свидетельствует об их автохтонном формировании. Большая часть образцов торфа пресная, однако два образца из разреза 756 засолены в средней и слабой степени. Возможны два объяснения: торф мог изначально образоваться на низкой периодически затопливаемой поверхности (лайде), или же впоследствии был засолен при попадании брызг морских волн на стенку берегового обрыва, за счет своей высокой абсорбирующей способности.

На юге и в центральной части обнажения торф перекрывает толща палевых параллельнослоистых супесей (рис. 3, слой 3). Ее подошва в южной части обнажения залегает на высоте 5–8 м над уровнем моря, а в центральной части понижается и, по данным бурения (рис. 3, скв. 1), уходит под уровень моря не менее, чем на –1,5 м, общая мощность достигает 9 м. Супеси отличаются параллельной горизонтальной слоистостью, подчеркнутой буроватыми прослоями более тонкого материала. Полностью отсутствуют любые несогласия внутри толщи: отдельные слойки мощностью 1–2 см можно проследить на сотни метров. Нарушают их лишь единичные сбросы по трещинам. Супеси незасоленные (табл. 2), по гранулометрическому составу состоят преимущественно из частиц крупноалевритовой размерности и тонкого песка, однако содержат и глину (рис. 3, Б). Книзу содержание алеврита увеличивается. В большей части образцов супесей микрофоссилий не обнаружено, а в остальных присутствуют лишь единичные створки вымерших палеогеновых диатомей *Paralia grunowii* Gles, неопределимые обломки створок морских центрических диатомей и спикулы губок. В толще супесей встречаются редкие линзы торфа и суглинистого материала с обломками веточек до 0,3 м длиной, а также небольшие фрагменты древесины. Их возраст составляет 8350±100 (ЛУ-7970), 8270±90 (ЛУ-8229) и 8920±90 (ЛУ-7973) р. л. соответственно. По органическому углероду в керне скважины 1 были получены датировки 8580±40 (OS-107 973), 17 000±55 (OS-107 930) и 15 000±50 (OS-107 931) р. л. (табл. 3, [Демидов с соавт., 2016]), которые нам представляются удивительными: торф возрастом 8350±100 лет залегает почти на той же высоте, что и органическое вещество в керне скважины с датировкой 17 000±55 лет (3,3 и 2,8 м над уровнем моря соответственно). Учитывая инверсию AMS-датировок, более достоверными представляются в данном случае сцинтилляционные даты. Параллельная ненарушенная слоистость, отсутствие засоленности и переотложенные линзочки торфа позволяют предположить, что слой 3 имеет озерное происхождение, а датировки торфа и древесины, что он сформировался в атлантическом периоде голоцена.

Венчают разрез бурые неявнослоистые суглинки и супеси с криотурбациями. По гранулометрическому составу это преимущественно алевриты с примесью тонкого песка и глины. Они не засолены

(табл. 2, рис. 3, В), микрофоссилии в них не обнаружены. Это покровные отложения, сформировавшиеся в конце голоцена, перекрытые слоем дернины с корнями растений.

Таким образом, нижнюю часть разреза составляют осадки, накопившиеся в водной обстановке не позже МИС 3, выше залегает торф возрастом от 24 до 30 тыс. радиоуглеродных лет, венчают разрез голоценовые (возможно, начавшие формироваться еще в конце последнего криохрона) озерные супеси, перекрытые голоценовыми и современными покровными суглинками.

Похожее строение четвертичной толщи наблюдается и в южной части п-ова Явай. На его восточном берегу, у основания, в устье р. *Еры-Маретаяхи* (рис. 1, точка 9) в основании разреза лежат глины и суглинки с раковинами морских моллюсков, перекрытые супесчано-песчаной толщей с прослоями торфа возрастом 21 930±370 р. л. (ЛУ-6542). Выше залегают озерно-болотные супеси с корнями растений возрастом 9100±90 р. л. (ЛУ-6534) и торфом возрастом 8500±90 р. л. (ЛУ-6535) [Облогов с соавт., 2012]. В близко расположенном обнажении близ устья р. *Монготальянгах* (рис. 1, точка 10) в основании сходного разреза залегает серая супесь, а выше – органо-минеральная толща, переслаивание супеси и гипнового низинного автохтонного торфа возрастом от 21 900±900 (ГИН-2469) до 30 200±800 (ГИН-2470) р. л. [Васильчук с соавт., 1984]. Выше залегает 1,5-метровый прослой песка, перекрытый торфом с возрастом 3900±310 р. л. (ГИН-2468). Ю.К. Васильчук с соавт., проанализировав состав солей в торфе, интерпретируют органо-минеральную толщу как сформировавшуюся на лайде и делают вывод, что в сартанское время (начало МИС 2) глубокой регрессии Карского моря не происходило.

Исходя из сходства последовательности толщ, естественно предположить, что отложения всех трех разрезов на п-ове Явай – одни и те же слои, имеющие общее происхождение и возраст. В нижней части залегают предположительно морские пески, суглинки и супеси возрастом не моложе МИС 3. Исходя из степени и типа засоления этих отложений на полуострове Явай (рис. 3, табл. 2), однозначных выводов об их морском происхождении сделать нельзя, однако наличие раковин морских моллюсков в аналогичных отложениях близ устья Еры-Маретаяхи позволяет сделать предположение о связи древнего водного бассейна с морем. Происхождение прослоев торфа, перекрывающих их, требует дополнительного исследования. Если они накапливались на лайде, уровень моря на Гыдане был близок к современному в период от 35 до 23–26 тыс. календарных лет назад, в то время как в других областях земного шара, к примеру, в Индийском океане уже 30 тысяч лет назад он упал до –130 м [Lambeck et al., 2010]. В таком случае пришлось бы признать наличие интенсивного тектонического поднятия п-ова Явай после МИС 2, со средней скоростью более 6 мм/год (темпы, сравнимые с последнедне-

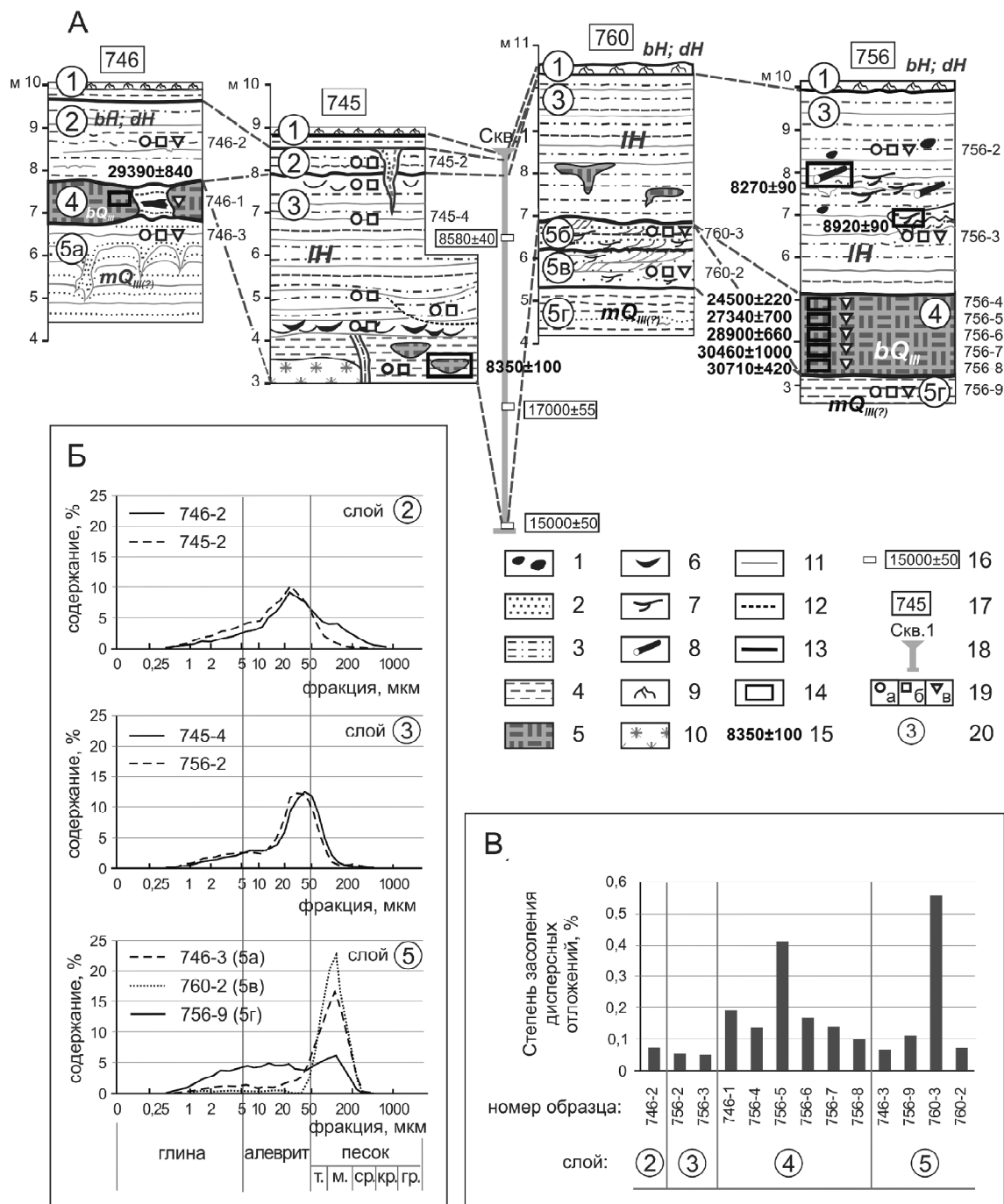


Рис. 3. А – строение расчисток четвертичных отложений западного берега полуострова Явай. Условные обозначения: 1 – галька; 2 – песок; 3 – супесь; 4 – суглинок; 5 – торф; 6 – линзы хорошо разложившегося растительного детрита и мохового войлока; 7 – растительный детрит, щепки; 8 – древесина; 9 – корни растений (дернина); 10 – погребенный снежник; 11 – линии напластования (слоистость); 12 – пост-седиментационный сброс в толще супесей; 13 – границы геологических тел; 14 – места отбора проб на определение возраста; 15 – сцинтилляционный радиоуглеродный возраст органических остатков, лет назад; 16 – AMS- возраст органического вещества в кернах, лет назад; 17 – номер расчистки; 18 – расположение скважины; 19 – места отбора образцов: а) на диатомовый анализ, б) – на гранулометрический анализ, в) – на анализ химического состава водной вытяжки; 20 – номер слоя: 1) покровная супесь с дерниной; 2) переслаивание бурых супесей и суглинков с криотурбациями, 3) горизонтальное параллельное переслаивание светло-палевых супесей и палево-бурых суглинков, 4) торф; торф, переслаивающийся с супесью и песком, 5а) параллельнослоистые серо-палевые пески с псевдоморфозами по вытягившим ледяным жилам, 5б) переслаивание ярко-бурых суглинков и светло-серых хорошо отмытых песков с многочисленным щепочным детритом и косой слоистостью, 5в) светло-серый хорошо отмытый песок с щепочным детритом, с косой и фазерной слоистостью, 5г) сизо-серый тяжелый суглинок с прослоями супеси и песка, с неполносетчатой криогенной текстурой. Генетические индексы отложений: mQ_{III} – морские отложения не моложе третьей ступени верхнего неоплейстоцена (МИС 3); bQ_{III} – позднелейстоценовые болотные отложения (МИС 3); IH – голоценовые озерные отложения; bH ; dH – голоценовые и современные покровные и склоновые отложения. Б – дифференциальные кривые крупности частиц отложений полуострова Явай по данным гранулометрического анализа; В – гистограммы степени засоления отложений полуострова Явай

вым поднятием Балтийского щита). Подобная картина не согласуется с равнинным рельефом и отсутствием голоценовых поднятых морских отложений на п-ове Явай. Более вероятным представляется накопление торфа в континентальных, озерно-болотных условиях. Верхняя же часть всех трех разрезов накапливалась на суше и представлена голоценовыми озерными супесями с торфом, перекрытыми болотными и покровными отложениями.

В южной части полуострова Мамонта в районе губы Яйне-Вонга (точка 4, рис. 1, разрез А, рис. 2) в морские (слабо- и средnezасоленные с хлоридно-натриевым типом засоления) хорошо отмытые крупно- и среднезернистые светлые пески с сизыми глинами вложены озерные и аллювиальные отложения МИС 3. В тяжелых неяснослоистых суглинках с запахом органического вещества обнаружены кости *in situ*, принадлежащие предположительно взрослой самке шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius*). Радиоуглеродное датирование костей показало возраст $30\,520 \pm 640$ лет (ЛУ-8245), AMS-датирование – запредельный возраст – более 45 000 лет (GrANr-62453). Вмещающие суглинки и глины не засолены (сумма водорастворимых солей – 0,04–0,11%), они практически не содержат диатомей, за исключением единичных обломков морских переотложенных центрических видов. Кости обнаружены на высоте около 3 м над уровнем моря, выше залегают косослоистые незасоленные пески с линзами суглинков и торфа возрастом 6310 ± 100 р. л. (ЛУ-8234). В них обнаружен пресноводный бентосный диатомовый комплекс с преобладанием *Staurosira venter* (Ehr.) Cleve et Möller и сопутствующими болотными *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. и др., встречены цисты золотистых водорослей *Chrysophytes*. Таким образом, в высоких береговых обрывах озерно-аллювиальные отложения МИС 3 с костями мамонта вверх по разрезу постепенно сменяются голоценовым аллювием; молодых морских отложений здесь не обнаружено. Восточнее, между мысами Паха-Сале и Няда-Сале, [Облогов с соавт., 2012] (рис. 1, точка 8), линза озерных осадков с торфами голоценового возраста вложена непосредственно в древние морские отложения старше МИС 3, а на пляже встречаются кости мамонта, вымытые из береговых обрывов.

Низкая лаيدا губы Яйне-Вонга, по данным бурения (рис. 2, А, скв. 2,3), сложена прибрежно-

морскими (лайдовыми) сильно засоленными оторфованными суглинками и супесями с криопэгами [Демидов с соавт., 2016]. Их AMS-возраст на глубине от –5 до –6,5 м ниже уреза составил $17\,400 \pm 150$ (OS-108 015) и $11\,800 \pm 75$ (OS-108 016) лет (табл. 3, рис. 2), что может свидетельствовать об относительно высоком положении относительного уровня моря здесь в конце МИС 2 (сартанского времени) – начале голоцена.

В районе мыса Хонарасаля, расположенного в западной части центрального Гыдана примерно на той же широте, (рис. 1, точка 5, рис. 2, Г), в 800 м от устья реки Нгарка-Хортяха скважиной 5 до глубины –6 м вскрыты косослоистые аллювиальные незасоленные отложения с пресноводным диатомовым комплексом, залегающие на засоленных морских песках и глинах [Демидов с соавт., 2016], похожих на древние морские пески и глины из обрывов близ губы Яйне-Вонга в районе п-ова Мамонта. Это свидетельствует о том, что амплитуды изменений относительного уровня моря на Гыданском п-ове отличаются на разных участках: низкие приморские поверхности одной и той же высоты (до 1–2 м) могут быть сложены как засоленными лайдовыми, так и пресными аллювиальными отложениями.

Таким образом, в северной части Гыданского полуострова встречаются как разрезы, где присутствуют морские отложения моложе МИС 5, так и обнажения, где описаны лишь континентальные фации этого возраста.

Вопрос о наличии и высоте каргинской трансгрессии, коррелируемой с МИС 3, остается остро дискуссионным для севера Западной Сибири. Долгое время считалось, что уровень моря в это время поднимался до 60 м [Данилов, 1978], а высокие террасы Гыдана высотой 40–60 и 30–40 м сложены каргинскими морскими осадками [Авдалович, Биджиев, 1984]. С внедрением оптико-стимулированной люминесценции (ОСЛ) и других методов датирования произошел массовый пересмотр каргинских дат в сторону удревнения до МИС 5, или казанцевского времени [Астахов и Мангеруд, 2005; Astakhov, 2014]; появились данные об отсутствии морских осадков МИС 3 выше современного уровня моря, а соответствующие отложения высоких террас Гыдана и Тазовского п-ова были отнесены к аллювиальным, озерным и другим континентальным образованиям [Назаров, 2007; Астахов и Назаров, 2010].

Fig. 3. A) Detailed section of Quaternary sediments on the western coast of Yavay Peninsula. 1 – pebble; 2 – sand; 3 – sandy loam; 4 – silt; 5 – peat; 6 – lenses of organic matter; 7 – plant debris, wood debris; 8 – wood; 9 – plant roots and sod; 10 – buried snowfield; 11 – bedding elements; 12 – normal fault in sandy loam; 13 – borders between sedimental units; 14 – places of sampling for radiocarbon analysis, 15 – radiocarbon age of organic remnants, BP, 16 – AMS age of organic matter in borehole cores, BP; 17 – number of outcrop; 18 – borehole position; 19 – location of samples a) for diatom analysis, б) for grain size analysis, в) for chemical composition of water extract; 20 – index of layer: 1) – cover sandy loam with roots, 2) interbedded brown sandy loam and silts with cryoturbation, 3) parallel horizontal bedded light sandy loam, 4) peat, peat interbedded with sandy loam and sand, 5a) parallel bedded light grey sands with pseudomorphs, 5б) interbedded brown silts and light grey well-washed sands with numerous wood debris and cross bedding, 5в) light grey well-washed sands with wood debris with cross and flaser bedding, 5г) grey bluish heavy silt with layers of sandy loam and sand, with a reticulate-blocky cryogenic texture;. Genetic indexes of sediments: mQ₃? – marine sediments not younger than MIS 3; bQ₃ – MIS 3 boggy deposits; IQ₄ – Holocene lacustrine deposits; prQ₄ – Holocene and recent cover and slope deposits. Б) Differential curves for the grain size of sediments at Yavay Peninsula, B) Histograms of salinity levels for sediments at Yavay Peninsula

Таблица 3

Результаты AMS датирования (по: [Демидов с соавт., 2016], с дополнениями)

№ п/п	Разрез	№ скважины (расчистки)	Высота отбора над у. м., м	Лаб. №	Материал	AMS ^{14}C возраст, лет	$\delta^{13}\text{C}$	Поправка на $\delta^{13}\text{C}$	Источник $\delta^{13}\text{C}$	Календ. возраст, лет
1	п-ов Явай	1	6,5	OS-107973	органическое вещество кернов	8 580±40	-26,63	да	измерен	9 558±68
2	п-ов Явай	1	2,5	OS-107930	»	17 000±55	-24,69	да	измерен	20 496±195
3	п-ов Явай	1	-1,5	OS-107931	»	15 000±50	-24,59	да	измерен	18 211±185
4	губа Яйне-Вонга	2	-5	OS-108015	»	17 400±150	-26,22	да	измерен	21 032±428
5	губа Яйне-Вонга	2	-6,5	OS-108016	»	11 800±75	-24,93	да	измерен	13 616±145
6	губа Яйне-Вонга	4	2	OS-108026	»	34 300±1200	-27,22	да	измерен	38 883±2668
7	губа Яйне-Вонга	778	4	GrANr 62453	кости мамонта <i>in situ</i>	>45 000	—	неизвестно	—	—

Примечание: значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «OxCal 4.2» (калибровочные кривые «IntCal 13», «Bomb13 NH1»). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

По нашим данным, прибрежно-морские отложения МИС 3 присутствуют в основаниях разрезов островов Белого и Сибирякова до высоты 2–2,5 м над ур. м. Это мелководные фации, свидетельствующие о незначительном превышении относительного уровня моря над современным в то время. Морские отложения МИС 3, по данным ИК-ОСЛ датирования на высоте около 2 м над ур. м., были описаны и на западном побережье Таймыра близ устья реки Крестьянки [Гусев с соавт., 2011; Стрелецкая с соавт., 2013] (рис. 1, точка 11). В отложениях морских террас высотой 5–10 м островов Карского шельфа (Рингнес, Циркуль, Тройной) были также получены $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датировки раковин моллюсков времени МИС 3 [Гусев с соавт., 2016]. Нижние толщи суглинков, супесей и песков на п-ове Явай не были непосредственно продатированы и могут принадлежать как к МИС 3, так и к более раннему времени. Переслаивание супесей и торфов конца МИС 3 – первой половины МИС 2 могло сформироваться как на лайде при высоком положении относительного уровня моря, так и в континентальных условиях. В южной части полуострова Мамонта в районе губы Яйне-Вонга и мыса Нядасала морские отложения МИС 3 не обнаружены; напротив, под урез уходит континентальная толща суглинков с остатками мамонтовой фауны древнее 34 тыс. календарных лет. Подстилающие ее морские пески, переслаивающиеся с глинами, накопились не раньше МИС 5. Таким образом, здесь следов высокого положения моря в МИС 3 нет. Следовательно, по данным с Гыданского п-ова и о-вов прилегающего шельфа можно предположить небольшую высоту и распространение каргинской (МИС 3) трансгрессии, охватившей лишь северную оконечность современной суши Гыдана.

Тем не менее, сам факт обнаружения морских отложений МИС 3 в целом ряде разрезов говорит о том, что ход относительного уровня моря существенно отличался от внеполярных областей, где в разных частях света (Тихий, Атлантический, Индийский океаны, Красное море, море Сулу и др.) было четко установлено низкое положение уровня моря [Siddall et al., 2008]. В первой половине МИС 3 он колебался на отметках около -60 м, а во второй – около -80. Положение относительного уровня моря в МИС 3, близкое к современному, свидетельствует об интенсивных восходящих движениях земной коры побережий, проявившихся с того времени, особенно заметных в северных районах. Возможно, в течение МИС 3 в них присутствовала гляциоизостатическая составляющая, так как перед этим, около 60 тыс. лет назад, север Западной Сибири, по предположениям ряда исследователей [Forman et al., 2002; Svendsen et al., 2004], был перекрыт ледниковым щитом. Более интенсивное воздымание северных районов косвенно свидетельствует в пользу гляциоизостатического механизма, поскольку предполагаемый ледник в МИС 4 наступал именно с севера, с шельфа Карского моря.

Морских отложений МИС 2 обнаружено не было; в это время уровень Карского моря упал ниже современного, и часть шельфа была осушена. Данные о его понижении до -70 м [Стрелков, 1970] или до -30...-50 м [Данилов, 1978], свидетельствуют, что относительный уровень моря был выше среднемирового (-130 м) в это время [Lambeck et al., 2002]. Затем, в голоцене, уровень моря начал расти, главным образом, под действием эвстатической составляющей: поступления в Мировой океан талой воды ледников. Данные донных колонок морских отло-

жений [Polyakova, Stein, 2004; Левитан с соавт., 2007] свидетельствуют о том, что, в относительно мелко-водных областях близ выхода из Обской губы и Енисейского залива, судя по времени смены речного осадконакопления на морское, рост уровня моря происходил практически синхронно со среднемировым.

9–10 тыс. лет назад при потеплении и активном термокарсте повсеместно шло заболачивание ландшафтов, в результате чего накопились торфа о. Белого, п-ова Явай, о. Сибирякова и др. С ростом уровня моря эти торфа размывались и переоткладывались в виде линз в прибрежно-морских, преимущественно песчаных, отложениях.

В середине голоцена, когда рост эвстатического, или абсолютного уровня моря замедлился, заметную роль стали вновь играть вертикальные движения земной коры. При этом они не были гляциоизостатическими: в МИС 2 территория не перекрывалась покровным ледником [Svendsen et al., 2004]. В результате молодые голоценовые прибрежно-морские отложения о-вов Белого и Сибирякова оказались выше современного уровня моря. Южнее подобного поднятия не происходило: на п-ове Явай и у мыса Хонарасаля в береговых обрывах и скважинах вскрываются озерные и аллювиальные фации голоцена. Лишь близ бухты Яйне-Вонга формировались низкие периодически затапливаемые лаиды, оторфованные отложения которых сегодня находятся ниже уровня моря. Все это позволяет сделать вывод о наличии дифференцированных вертикальных движений земной коры в голоцене, поднявших морские осадки на разную высоту. Подтверждается подобная гипотеза и наличием на п-ове Мамонта на побережье Енисейского залива деформаций четвер-

тичных толщ, связанных с поднятием отдельных блоков, как, например, полая «антиклиналь» с размахом крыльев в 10 км, описанная в предположительно казанцевских морских отложениях к востоку от устья р. Монгочейхи [Баранская с соавт., 2013], и других дислокаций, связанных с молодыми разрывными нарушениями [Гусев с соавт., 2015].

Выводы:

– в результате изучения обнажений четвертичных отложений о. Белого и Гыданского п-ова и сравнения полученных материалов с литературными данными выявлено наличие позднеплейстоценовых и голоценовых морских отложений, слагающих водораздельные поверхности низменных равнин;

– в средней и южной частях Гыданского п-ова (губа Яйне-Вонга, мыс Хонарасаля) последняя значительная морская трансгрессия произошла не позже МИС 5: под урез уходят континентальные (озерные и аллювиальные) отложения МИС 3 с мамонтовой фауной. В северной части Гыдана (п-ов Явай), на о. Белом и на о. Сибирякова уровень моря поднимался в МИС 3 по крайней мере на 3–4 м, о чем свидетельствует наличие прибрежно-морских и морских суглинков, глин и песков с растительным детритом этого возраста. В голоцене (5–8 тыс. лет назад) произошла еще одна трансгрессия, охватившая лишь о. Белый и о. Сибирякова; она привела к накоплению хорошо отмытых песков со слоистостью ряби и линзами аллохтонного торфа;

– наличие морских отложений МИС 3 и голоцена, поднятых, в отличие от других регионов земного шара, выше современного уровня моря, свидетельствует об общем поднятии земной коры северной части Гыданского п-ова и арктических о-вов Карского моря.

Благодарности. Исследования проведены в рамках проектов РФФИ № 16-35-60118 мол_а_дк, 16-45-890076 р_а и Госбюджетной темы АААА-А16-116032810055-0 «Геоэкологический анализ и прогноз динамики криолитозоны Российской Арктики». Лабораторные аналитические работы по датированию осуществлялись при финансовой поддержке МЭЦ «Арктика» в рамках лабораторных исследований по результатам экспедиций «Ямал-Арктика-2012, 2013» и при частичной поддержке гранта СПбГУ № 18.40.68.2017. Авторы благодарят начальника экспедиций «Ямал-Арктика» В.А. Оношко, К.Г. Филиппову и Е.А. Константинова, выполнявших гранулометрический анализ, и Л.Е. Ефимову за ценные консультации и обсуждение результатов химического анализа водной вытяжки грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдалович С.А., Биджиев Р.А. Каргинские морские террасы на севере Западной Сибири и проблема сарганского оледенения // Изв. АН СССР. Сер. географическая. 1984. № 1. С. 89–100.
 Артемьева З.С., Юртаев А.А., Александровский А.Л., Зазовская Э.П. Органическое вещество погребенной торфяной почвы на острове Белый (Карское море) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 85. С. 36–56.
 Астахов В.И., Мангеруд Я. О возрасте каргинских межледниковых слоев на Нижнем Енисее // Доклады РАН. 2005. Т. 403. № 1. С. 63–66.
 Астахов В.И., Назаров Д.В. Стратиграфия верхнего неоплейстоцена севера Западной Сибири и ее геохронометрическое обоснование // Региональная геология и металлогения. 2010. № 43. С. 36–47.

Баранская А.В., Большинов Д.Ю., Кучанов Ю.И., Томашунас В.М. Новые данные о дислокациях в четвертичных отложениях полуостровов Ямал и Гыдан и связанных с ними новейших тектонических движениях по результатам экспедиции «Ямал-Арктика-2012» // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 4(98). С. 91–102.
 Баранская А.В., Романенко Ф.А., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А., Пушина З.В. Четвертичные отложения острова Белого: стратиграфия, возраст, условия формирования // Криосфера Земли. 2018. Т. XXII. № 2. С. 3–15.
 Васильчук Ю.К., Васильчук А.К. Инженерно-геологические и геохимические условия полигональных ландшафтов острова Белый (Карское море) // Инженерная геология. 2015. Вып. 1. С. 50–72.

Васильчук Ю.К., Серова А.К., Трофимов В.Т. Новые данные об условиях накопления каргинских отложений на севере Западной Сибири // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1984. № 53. С. 28–35.

Гусев Е.А. Неотектонические нарушения новейшего чехла в районе Енисейского залива Карского моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. № 3(105). С. 5–14.

Гусев Е.А., Аникина Н.Ю., Арсланов Х.А., Бондаренко С.А., Деревянко Л.Г., Молодьков А.Н., Пушина З.В., Рекант П.В., Степанова Г.В. Четвертичные отложения и палеогеография острова Сибирякова за последние 50 000 лет // Известия русского географического общества. 2013. Т. 145. № 4. С. 65–79.

Гусев Е.А., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Молодьков А.Н., Кузнецов В.Ю., Смирнов С.Б., Чернов С.Б., Жеребцов И.Е., Левченко С.Б. Новые геохронологические данные по неоплейстоцен-голоценовым отложениям низовьев Енисея // Проблемы Арктики и Антарктики. 2011. № 2(88). С. 36–44.

Гусев Е.А., Максимов Ф.Е., Молодьков А.Н., Яржембовский Я.Д., Макарьев А.А., Арсланов Х.А., Кузнецов В.Ю., Петров А.Ю., Григорьев В.А., Токарев И.В. Новые геохронологические данные по неоплейстоцен-голоценовым отложениям Западного Таймыра и островам Карского моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. № 3(109). С. 74–84.

Данилов И.Д. Плейстоцен морских субарктических равнин. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 200 с.

Демидов Н.Э., Баранская А.В., Дурденко Е.В., Занина О.Г., Караевская Е.С., Пушина З.В., Ривкина Е.М., Спирина Е.В., Спенсер М. Биогеохимия мерзлых толщ арктического побережья полуострова Гыдан // Проблемы Арктики и Антарктики. 2016. № 3(109). С. 34–49.

Дибнер В.Д. Геологическое строение островов центральной части Карского моря // Тр. НИИГА. 1957. Т. 81. С. 97–104.

Каплин П.А., Селиванов А.О. Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее. М.: ГЕОС, 1999. 289 с.

Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 255 с.

Колька В., Евзеров В., Меллер Я., Корнер Г. Последледниковые гляциоизостатические движения на северо-востоке Балтийского шита // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова (сборник статей). Апатиты: Изд-во Кольского Научного Центра РАН, 2005. С. 15–25.

Кошечкин Б.И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского шита. Л.: Наука, 1979. 158 с.

Лазуков Г.И. Антропоген северной половины Западной Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. С. 32–55.

Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М.: ГЕОС, 2007. 404 с.

Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Гусев Е.А., Арсланов Х.А. Четвертичные отложения и геокриологические условия берегов Гыданской губы (Карское море) // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Тюмень, Россия: Печатник, 2012. Т. 3. С. 365–369.

Опокина О.Л., Слагода Е.А., Стрелецкая И.Д., Суслова М.Ю., Томберг И.В., Ходжер Т.В. Криолитология, гидрохимия и микробиология голоценовых озерных и повторно-жильных льдов о-ва Сибирякова Карского моря // Природа шельфов и архипелагов Европейской Арктики. М.: ГЕОС, 2010. Вып. 10. С. 241–247.

Орехов П.Т., Попов К.А., Слагода Е.А., Курчатова А.Н., Тихонравова Я.В., Опокина О.Л., Симонова Г.В., Мелков В.Н. Бугры пучения острова Белый в прибрежно-морской обстановке Карского моря // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. № 1. С. 46–56.

Романенко Ф.А. Строение и динамика рельефа островов Карского моря // Динамика Арктических побережий России. М.: Географический ф-т МГУ, 1998. С. 131–153.

Романенко Ф.А., Михалев Д.В., Николаев В.И. Подземные льды на островах у берегов Таймыра // Материалы гляциологических исследований. 2001. № 91. С. 129–137.

Сакс В.Н. К стратиграфии четвертичных отложений в бассейнах рек Мессо, Пур и Таз // Тр. Горно-геологич. Управления. М.-Л.: Изд-во Главсевморпути, 1945а. Вып. 16. С. 144–152.

Сакс В.Н. Четвертичные отложения Таймырского полуострова и прилегающих островов // Проблемы Арктики. 1945б. № 2. С. 84–111.

Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике. 2-е изд. переработанное и дополненное // Тр. Ин-та геол. Арктики. Л.: Водтрансиздат, 1953. Вып. 77. 627 с.

Слагода Е.А., Курчатова А.Н., Попов К.А., Томберг И.В., Опокина О.Л., Никулина Е.Л. Криолитологическое строение первой террасы острова Белый в Карском море: микростроение и признаки криолитогеоза (часть 2) // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII. № 1. С. 12–22.

Слагода Е.А., Лейбман М.О., Хомутов А.В., Орехов П.Т. Криолитологическое строение первой террасы острова Белый в Карском море (часть 1) // Криосфера Земли. 2013. Т. XVII. № 4. С. 11–21.

Соколов В.Н., Значко-Яворский Г.А. Новые данные по геологии Гыданского полуострова // Информационный бюл. Ин-та Геологии Арктики. 1957. Вып. 6. С. 4–10.

Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Слагода Е.А., Опокина О.Л., Облогов Г.Е. Полигонально-жильные льды на острове Сибирякова (Карское море) // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 2012. № 3. С. 57–63.

Стрелецкая И.Д., Гусев Е.А., Васильев А.А., Облогов Г.Е., Аникина Н.Ю., Арсланов Х.А., Деревянко Л.Г., Пушина З.В. Геокриологическое строение четвертичных отложений берегов Западного Таймыра // Криосфера Земли. 2013. Т. XVII. № 3. С. 17–26.

Стрелков С.А. К истории перемещения береговой линии Арктического бассейна в кайнозой. Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозой. Л.: Гидрометеиздат, 1970. С. 222–227.

Тарасов П.Е., Андреев А.А., Романенко Ф.А., Сулержицкий Л.Д. Палинотрафигraphия верхнечетвертичных отложений острова Свердруп (Карское море) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1995. Т. 3. № 2. С. 98–104.

Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Васильчук Ю.К. Инженерно-геологические условия Гыданского полуострова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 212 с.

Astakhov V. The postglacial Pleistocene of the northern Russian mainland // Quaternary Science Reviews. 2014. V. 92. P. 388–408.

Church J.A., Aarup T., Woodworth P.L., Wilson W.S., Nicholls R.J., Rayner R., Lambeck K., Mitchum G.T., Steffen K., Cazenave A., Blewitt G., Mitrovica J.X., Lowe J.A. Sea-level rise and variability: synthesis and outlook for the future // Understanding Sea-Level Rise and Variability / Eds.: J.A. Church, P.L. Woodworth, T. Aarup, W.S. Wilson. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2010. P. 402–419.

Forman S.L., Ingolfsson O., Gataullin V., Manley W.F., Lokrantz H. Late Quaternary stratigraphy, glacial limits, and paleoenvironments of the Marresale area, western Yamal Peninsula, Russia // Quaternary Research. 2002. V. 57. Is. 3. P. 355–370.

Forman S.L., Lubinski D.J., Ingolfsson O., Zeeberg J.J., Snyder J.A., Siegert M.J., Matishov G.G. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. № 23. P. 1391–1434.

Lambeck K., Yokoyama Y., Purcell A. Into and out of the Last glacial Maximum Sea Level change during Oxygen Isotope Stages 3–2 // Quaternary Science Reviews. 2002. № 21. P. 343–60.

Lambeck K., Woodroffe C.D., Antonioli F., Anzidei M., Gehrels W.R., Laborel J., Wright A.J. Paleoenvironmental records, geophysical modeling, and reconstruction of sea-level trends and variability on centennial and longer timescales // Understanding Sea-Level Rise and Variability / Eds.: J. Church, P.L. Woodworth, T. Aarup, W.S. Wilson. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2010. P. 61–121.

Polyakova Y., Stein R. Holocene paleoenvironmental implications of diatom and organic carbon records from the

southeastern Kara Sea (Siberian Margin) // *Quaternary Research*. 2004. V. 62. P. 256–266.

Siddall M., Rohling E.J., Thompson W.G., Waelbroeck C. Marine isotope stage 3 sea level fluctuations: Data synthesis and new outlook // *Reviews of Geophysics*. . 2008. V. 46. RG4003. P. 1–29.

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataullin V., Henriksen M., Hjort C.,

Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingolfsson O., Jakobsson M., Kjær K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lysé A., Mangerud J., Mantioukhov A., Murray A., Möller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M.J., Spielhagen R.F., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Science reviews*. 2004. V. 23. P. 1229–1271.

Поступила в редакцию 14.06.2017
Принята к публикации 20.07.2018

**A.V. Baranskaya¹, F.A. Romanenko², Kh.A. Arslanov³,
A.Yu. Petrov⁴, F.E. Maksimov⁵, Z.V. Pushina⁶, A.N.
Tikhonov⁷, N.E. Demidov⁸**

UPPER QUATERNARY SEDIMENTS OF GYDAN PENINSULA AND ARCTIC ISLANDS: EVIDENCE OF RELATIVE KARA SEA LEVEL CHANGES SINCE 50 KA

Field data on Quaternary sediments of several outcrops at Gydan Peninsula and Beliy Island and their comparison with literature data have shown that the relative sea-level changes in the southeastern part of the Kara Sea since MIS 3 differ from the average sea-level changes in the World Ocean. MIS 3 (Kargin time) marine sediments lie at elevations of up to 2–2,5 m a.s.l. at Beliy Island, Sibiryakov Island and some other Arctic islands; they are covered by the Holocene marine sand with allochthonous peat aged about 8 kA (radiocarbon). At Yavay Peninsula, marine silts and sands lie at the bottom of the coastal cliff and are overlaid by peat aged from 24 500±220 (LU-7972) to 30 710±420 (LU-7971) radiocarbon years. Above them, Holocene lacustrine sandy loam with peat and wood with ages of about 8 kA outcrop, implying that sea-level did not rise above its present position since MIS 3. In the southern part of Mammoth Peninsula, sea-level did not rise above present at least since MIS 5 (Kazantsevo time). MIS 3 deposits are continental silts with mammoth fauna, covered by the Holocene alluvium and lacustrine sediments. The range of RSL change scenarios evidences the general uplift of the Earth's crust at Gydan Peninsula and the south-eastern part of the Kara Sea since MIS 3, accompanied by differential block movements.

Key words: Quaternary sediments, neotectonics, vertical movements of the Earth's crust, sea level, Yamal Peninsula, Gydan Peninsula, Bely Island.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects № 16-35-60118 мол а дк and № 16-45-890076 р а) and carried out under the state research theme AAAA-A16-116032810055-0 Geocryological analysis and forecast of the dynamics of the Russian Arctic cryolithozone. Laboratory dating was financially supported by the Arktika Center (laboratory investigations following the Yamal-Arktika-2012, 2013 expeditions) and partially by the SPb State University (project № 18.40.68.2017). The authors are grateful to V.A. Onoshko, Chief of the Yamal-Arktika expeditions, to K.G. Filippova and E.A. Konstantinov who performed the grain size analysis and to L.E. Efimova for discussing the interpretation of the water extract chemical analyses' results.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Geoecology of the North, Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* alisa.baranskaya@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Geoecology of the North, Scientific Researcher; Department of Geomorphology and Palaeogeography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* faromanenko@mail.ru,

³ Saint-Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Laboratory for Geomorphologic and palaeogeographic investigations of polar regions and the World Ocean, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geology and Mineralogy, Professor; *e-mail:* arslanovkh@mail.ru

⁴ Saint-Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Laboratory for Geomorphologic and palaeogeographic investigations of polar regions and the World Ocean, Engineer; *e-mail:* petrovalexey1987@gmail.com

⁵ Saint-Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Laboratory for Geomorphologic and palaeogeographic investigations of polar regions and the World Ocean, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* maksimov-fedor@yandex.ru

⁶ FBSI «VNIIOKEANGEologiya im. Gramberga», Senior Scientific Researcher; Arctic and Antarctic Research Institute, PhD. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* musatova@mail.ru

⁷ FSBIS Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences (ZIN RAS), Director of Museum; Institute of Applied Ecology of the North, North-Eastern Federal University, Scientific Researcher, PhD. in Biology; *e-mail:* atikh@mail.ru

⁸ Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Scientific Researcher, PhD. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* nikdemidov@mail.ru

REFERENCES

- Artem'eva Z.S., Jurtaev A.A., Aleksandrovskij A.L., Zazovskaja Je.P. Organicheskoe veshhestvo pogrebennoj torfjanoj pochvy na ostrove Belyj (Karskoe more) [Organic matter of the buried peat soil at the Belyi Island (the Kara Sea)] // *Bulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2016. Vyp. 85. P. 36–56 (in Russian).
- Astakhov V.I., Mangerud J. O vozraste karginskih mezhdudnikovyh sloev na Nizhnem Enisee [About the age of Kargin interglacial sediments of the Lower Enisey River] // *Dokl. RAN*. 2005. V. 403. № 1. P. 63–66 (in Russian).
- Astakhov V. The postglacial Pleistocene of the northern Russian mainland // *Quaternary Science Reviews*. 2014. V. 92. P. 388–408.
- Astakhov V.I., Nazarov D.V. Stratigrafija verhnego neoplejstocena severa Zapadnoj Sibiri i ee geohronometricheskoe obosnovanie [The stratigraphy of the Upper Neopleistocene of the north of Western Siberia and its geochronometric justification] // *Regional'naja geologija i metallogenija*. 2010. № 43. P. 36–47 (in Russian).
- Avdalovich S.A., Bidzhiev R.A. Karginskie morskije terrasy na severe Zapadnoj Sibiri i problema sartanskogo oledeneniya [Kargin marine terraces in the north of Western Siberia and the problem of the Sartan glaciation] // *Izvestija AN SSSR. Ser. Geograficheskaja*. 1984. № 1. P. 89–100 (in Russian).
- Baranskaya A.V., Bol'shijanov D.Ju., Kuchanov Ju.I., Tomashunas V.M. Novye dannye o dislokacijah v chetvertichnyh otlozhenijah poluostrovov Jamal i Gydan i svyazannyh s nimi novejsih tektonicheskikh dvizhenijah po rezul'tatam jekspedicii «Jamal–Arktika–2012» [New data on dislocations in the Quaternary deposits of the Yamal and Gydan peninsulas and the associated recent tectonic movements received as a result of the Yamal0-Arctic-2012 expedition] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2013. V. 4(98). P. 91–102 (in Russian).
- Baranskaya A.V., Romanenko F.A., Arslanov Kh. A., Maksimov F.E., Starikova A.A., Pushina Z.V. Chetvertichnye otlozhenija ostrova Belogo: stratigrafija, vozrast, uslovija formirovaniya [Quaternary sediments of the Belyi Island: stratigraphy, age, formation conditions] // *Kriosfera Zemli*. 2018. V. XXII. № 2. P. 3–15 (in Russian).
- Church J., Aarup T., Woodworth P.L., Wilson W.S., Nicholls R.J., Rayner R., Lambeck K., Mitchum G.T., Steffen K., Cazenave A., Blewitt G., Mitrovica J.X., Lowe J.A. Sea-level rise and variability: synthesis and outlook for the future // *Understanding Sea-Level Rise and Variability* / Eds.: J.A. Church, P.L. Woodworth, T. Aarup, W.S. Wilson. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2010. P. 402–419.
- Danilov I.D. Plejstocen morskikh subarkticheskikh ravnin [The Pleistocene of the marine Sub-Arctic plains]. M.: Izd-vo MGU, 1978. 200 p.
- Demidov N.E., Baranskaya A.V., Durdenko E.V., Zanina O.G., Karaevskaja E.S., Pushina Z.V., Rivkina E.M., Spirina E.V., Spenser M. Biogeohimija merzlyh tolshh arkticheskogo poberezh'ja poluostrova Gydan [Biogeochemistry of frozen grounds of the Arctic coast of the Gydan Peninsula] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2016. № 3(109). P. 34–49 (in Russian).
- Dibner V.D. Geologicheskoe stroenie ostrovov central'noj chasti Karskogo morja [Geologic structure of the islands in the central part of the Kara Sea] // *Tr. NIIGA*. 1957. V. 81. P. 97–104 (in Russian).
- Forman S.L., Ingolfsson O., Gataullin V., Manley W.F., Lokrantz H. Late Quaternary stratigraphy, glacial limits, and paleoenvironments of the Marresale area, western Yamal Peninsula, Russia // *Quaternary Research*. 2002. V. 57. Is. 3. P. 355–370.
- Forman S.L., Lubinski D.J., Ingolfsson O., Zeeberg J.J., Snyder J.A., Siegert M.J., Matishov G.G. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. № 23. P. 1391–1434.
- Gusev E.A. Neotektonicheskie narusheniya novejshego chehla v rajone Enisejskogo zaliva Karskogo morja [Neotectonic dislocations of the recent sedimentary cover at the Gulf of Enisey, the Kara Sea] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2015. № 3(105). P. 5–14 (in Russian).
- Gusev E.A., Anikina N.Ju., Arslanov Kh.A., Bondarenko S.A., Derevjanko L.G., Molod'kov A.N., Pushina Z.V., Rekant P.V., Stepanova G.V. Chetvertichnye otlozhenija i paleogeografija ostrova Sibirjakova za poslednie 50 000 let [Quaternary sediments and palaeogeography of the Sibirjakov Island during recent 50 ka] // *Izvestija russkogo geograficheskogo obshhestva*. 2013. V. 145. № 4. P. 65–79 (in Russian).
- Gusev E.A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Molod'kov A.N., Kuznetsov V.Ju., Smirnov S.B., Chernov S.B., Zherebcov I.E., Levchenko S.B. Novye geohronologicheskie dannye po neoplejstocen-golocenovyim otlozhenijam nizov'ev Eniseja [New geochronologic data on the Neopleistocene-Holocene sediments of the Lower Enisey River] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2011. № 2(88). P. 36–44 (in Russian).
- Gusev E.A., Maksimov F.E., Molod'kov A.N., Jarzhembovskij Ja.D., Makar'ev A.A., Arslanov Kh.A., Kuznetsov V.Ju., Petrov A.Ju., Grigor'ev V.A., Tokarev I.V. Novye geohronologicheskie dannye po neoplejstocen-golocenovyim otlozhenijam Zapadnogo Tajmyra i ostrovam Karskogo morja [New geochronologic data on the Neopleistocene-Holocene sediments of the Western Taymir Peninsula and the Kara Sea islands] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2016. № 3(109). P. 74–84 (in Russian).
- Kaplin P.A., Selivanov A.O. Izmeneniya urovnja morej Rossii i razvitie beregov: proshloe, nastojashhee, budushhee [Changes of the level of Russian seas and the coastal evolution: past, present, future]. M.: GEOS, 1999. 289 p. (in Russian).
- Kind N.V. Geohronologija pozdnego antropogena po izotopnym dannym [Late Anthropogene geochronology based on the isotope data]. M.: Nauka, 1974. 255 p. (in Russian).
- Kol'ka V., Evzerov V., Mjoller Ja., Korner G. Poslednikovyje gljacioizostaticheskie dvizhenija na severo-vostoke Baltijskogo shhita [Glacioisostatic movements of the north-eastern part of the Baltic shield after the last glaciation] Novye dannye po geologii i poleznym iskopajemym Kol'skogo poluostrova (sbornik statej) / Pod red. F.P. Mitrofanova. Apatity: Izd-vo Kol'skogo Nauchnogo Centra RA, 2005. P. 15–25 (in Russian).
- Koshechkin B.I. Golocenovaya tektonika vostochnoj chasti Baltijskogo shita [The Holocene tectonics of the eastern part of the Baltic shield]. Leningrad: Nauka, 1979. 158 p. (in Russian).
- Lambeck K., Yokoyama Y., Purcell A. Into and out of the Last glacial Maximum Sea Level change during Oxygen Isotope Stages 3–2 // *Quaternary Science Reviews*. 2002. № 21. P. 343–60.
- Lambeck K., Woodroffe C.D., Antonioli F., Anzidei M., Gehrels W.R., Laborel J., Wright A.J. Paleoenvironmental records, geophysical modeling, and reconstruction of sea-level trends and variability on centennial and longer timescales // *Understanding Sea-Level Rise and Variability* / Eds. J.A. Church, P.L. Woodworth, T. Aarup and W.S. Wilson, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 2010. P. 61–121.
- Lazukov G.I. Antropogen severnoj poloviny Zapadnoj Sibiri [The Anthropogene of the northern half of Western Siberia]. M.: Izd-vo MGU, 1970. P. 32–55 (in Russian).
- Levitani M.A., Lavrushin Ju.A., Shtayn R. Ocherki istorii sedimentacii v Severnom Ledovitom okeane i morjah Subarktiki v techenie poslednih 130 tys. let [The history of sedimentation in the Arctic Ocean and Sub-Arctic seas during recent 130 ka]. M.: GEOS, 2007. 404 p. (in Russian).
- Oblogov G.E., Streletskaia I.D., Vasilyev A.A., Gusev E.A., Arslanov Kh.A. Chetvertichnye otlozhenija i geokriologicheskie uslovija beregov Gydanskoj guby (Karskoe more) [Quaternary sediments and geocryological conditions of the coasts of the Gulf of Gydan (the Kara Sea)], Desjataja Mezhdunarodnaja konferencija po merzlotovedeniju (TICOP): Resursy i riski regionov s vечноj merzlotoj v menjajushhemsja mire. Tjumen', Rossija: Pechatnik, 2012. V. 3. P. 365–369 (in Russian).
- Opokina O.L., Slagoda E.A., Streletskaia I.D., Suslova M.Ju., Tomberg I.V., Hodzher T.V. Kriolitologija, gidrohimija i mikrobiologija

glocenovyh ozernykh i povtorno-zhil'nykh l'dov o-va Sibirjakova Karskogo morja [Cryolithology, hydrology and microbiology of the Holocene lacustrine and wedge ice of the Sibirjakov Island, the Kara Sea] // Priroda shel'fov i arhipelagov Evropejskoj Arktiki. M., GEOS, 2010. Ed. 10. P. 241–247 (in Russian).

Orehov P.T., Popov K.A., Slagoda E.A., Kurchatova A.N., Tikhonravova Ja.V., Opokina O.L., Simonova G.V., Melkov V.N. Bugry puchenija ostrova Belyj v pribrezhno-morskoj obstanovke Karskogo morja [Pingos of the Belyj Island under the coastal situation of the Kara Sea] // Kriosfera Zemli. 2017. V. XHI. № 1. P. 46–56 (in Russian).

Polyakova Y., Stein R. Holocenepaleoenvironmental implications of diatom and organic carbon records from the southeastern Kara Sea (Siberian Margin) // Quaternary Research. 2004. № 62. P. 256–266.

Romanenko F.A. Stroenie i dinamika rel'efa ostrovov Karskogo morja [The structure and dynamics of the topography of the Kara Sea islands], Dinamika Arkticheskikh poberezhij Rossii. M.: Geograficheskij f-t MGU, 1998. P. 131–153 (in Russian).

Romanenko F.A., Mikhalev D.V., Nikolaev V.I. Podzemnye l'dy na ostrovah u beregov Tajmyra [Ground ice on the islands near the coasts of the Taymir Peninsula] // Mat-ly glaciologicheskikh issledovanij. 2001. № 91. P. 129–137 (in Russian).

Saks V.N. Chetvertichnye otlozhenija Tajmyrskogo poluostrova i priliegajushchih ostrovov [Quaternary sediments of the Taymir Peninsula and the adjacent islands] // Problemy Arktiki. 1945b. № 2. P. 84–111 (in Russian).

Saks V.N. K stratigrafii chetvertichnykh otlozhenij v bassejnakh rek Messo, Pur i Taz [To the stratigraphy of Quaternary deposits in the Messo, Pur and Taz river basins] // Tr. Gorno-geologich. Upravlenija. M.-L.: Izd-vo Glavsevmorputi, 1945a. Ed. 16. P. 144–152 (in Russian).

Saks V.N. Chetvertichnyj period v Sovetskoy Arktike [Quaternary period in the Soviet Arctic], Trudi Instituta geologii Arktiki. L.: Vodtransizdat, 1953. Ed. 77. 627 p. (in Russian).

Siddall M., Rohling E.J., Thompson W.G., Waelbroeck C. Marine isotope stage 3 sea level fluctuations: Data synthesis and new outlook // Reviews of Geophysics. 2008. V. 46. RG4003. P. 1–29.

Slagoda E.A., Kurchatova A.N., Popov K.A., Tomberg I.V., Opokina O.L., Nikulina E.L. Kriolitologicheskoe stroenie pervoj terrasy ostrova Belyj v Karskom more: mikrostroenie i priznaki kriolitogeneza (chast' 2) [Cryolithologic structure of the first terrace of the Belyj Island, the Kara Sea: microstructure and evidences of cryolithogenesis (part 2)] // Kriosfera Zemli. 2014. V. XVIII. № 1. P. 12–22 (in Russian).

Slagoda E.A., Leibman M.O., Khomutov A.V., Orekhov P.T. Kriolitologicheskoe stroenie pervoj terrasy ostrova Belyj v Karskom more (chast' 1) [Cryolithologic structure of the first terrace of the Belyj Island, the Kara Sea (part 1)] // Kriosfera Zemli. 2013. V. XVII. № 4. P. 11–21 (in Russian).

Sokolov V.N., Znachko-Javorskij G.A. Novye dannye po geologii Gydanskogo poluostrova [New data on the geology of the Gydan Peninsula] // Informacionnyj bjulleten' Instituta Geologii Arktiki. 1957. Ed. 6. P. 4–10 (in Russian).

Streletskaia I.D., Gusev E.A., Vasilyev A.A., Oblogov G.E., Anikina N.Ju., Arslanov Kh.A., Derevjanko L.G., Pushina Z.V. Geokriologicheskoe stroenie chetvertichnykh otlozhenij beregov Zapadnogo Tajmyra [Geocryologic structure of Quaternary coastal sediments of the western Tajmyr Peninsula] // Kriosfera Zemli. 2013. V. XVII. № 3. P. 17–26 (in Russian).

Streletskaia I.D., Vasilyev A.A., Slagoda E.A., Opokina O.L., Oblogov G.E. Poligonal'no-zhil'nye l'dy na ostrove Sibirjakova (Karskoe more) [Ice wedges of the Sibirjakov Island (the Kara Sea)] // Vestnik MGU. Ser. 5. Geografija. 2012. № 3. P. 57–63 (in Russian).

Strelkov S.A. K istorii peremeshhenija beregovoj linii Arkticheskogo bassejna v kajnozoe [To the history of the Cenozoic displacement of the coastline in the Arctic Basin] // Severnyj Ledovityj okean i ego poberezh'e v kajnozoe. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. P. 222–227 (in Russian).

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I., Demidov I., Dowdeswell J.A., Funder S., Gataullin V., Henriksen M., Hjort C., Houmark-Nielsen M., Hubberten H.W., Ingoľfsson O., Jakobsson M., Kjör K.H., Larsen E., Lokrantz H., Lunkka J.P., Lysľ A., Mangerud J., Matiouchkov A., Murray A., Möller P., Niessen F., Nikolskaya O., Polyak L., Saarnisto M., Siegert C., Siegert M.J., Spielhagen R.F., Stein R. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // Quaternary Science reviews. 2004. V. 23. P. 1229–1271.

Tarasov P.E., Andreev A.A., Romanenko F.A., Sulerzhitskij L.D. Palinostratigrafija verhnechetvertichnykh otlozhenij ostrova Sverdrup (Karskoe more) [Palinostratigraphy of the Upper Quaternary sediments of the Sverdrup Island (the Kara Sea)] // Stratigrafija. Geologicheskaja korrelyacija. 1995. V. 3. № 2. P. 98–104 (in Russian).

Trofimov V.T., Badu Ju.B., Vasil'chuk Ju.K. Inzhenerno-geologicheskie uslovija Gydanskogo poluostrova [Engineering-geocryological conditions of the Gydan Peninsula]. M.: Izd-vo MGU, 1986. 212 p. (in Russian).

Vasil'chuk Ju.K., Serova A.K., Trofimov V.T. Novye dannye ob uslovijah nakoplenija karginskih otlozhenij na severe Zapadnoj Sibiri [New data on the conditions of accumulation of the Kargin sediments in the north of Western Siberia] // Bjulleten' Komissii po izucheniju chetvertichnogo perioda. 1984. № 53. P. 28–35 (in Russian).

Vasil'chuk Ju.K., Vasil'chuk A.K. Inzhenerno-geologicheskie i geokhimicheskie uslovija poligonal'nykh landshaftov ostrova Belyj (Karskoe more) [Engineering-geologic and geochemical conditions of polygonal landscapes of the Belyj Island (the Kara Sea)] // Inzhenernaja geologija. 2015. № 1. P. 50–72 (in Russian).

Received 14.06.2017

Accepted 20.07.2018