

- [18] Eastern Fennoscandia Younger Dryas end moraines and deglaciation (Field conference Kola peninsula). Editor V. Yevzerov. Apatity, 1993. 66 p.
- [19] Fortuin A. R., Dabrio C. J. Evidence for Late Vessinian seismites, Nijar Basin, South-East Spain // *Sedimentology*. 2008, vol. 55. P. 1595—1622.
- [20] Kundu A., Matin A., Mukul M., Eriksson G. Patrick. Sedimentary facies and soft-sediment deformation structures in the late miocene-pliocene Middle Siwalik subgroup, eastern Himalaya, Darjiling District, India // *Journal geological society of India*. 2011, vol. 78. P. 321—336.
- [21] Lukashov A. D. Paleoseismotectonics in the northern part of Lake Onega (Zaonezhskij peninsula, Russian Karelia) // *Geol. Survey of Finland. Nuclear Waste Disposal Research. Report YST-90*. Espoo, 1995. 36 p.
- [22] Montenat C., Barrier P., d'Estevou P. O., Hibsich C. Seismites: An attempt at critical analysis and classification // *Sedimentary Geology*. 2007, vol. 196. P. 5—30.
- [23] Mörner N.-A. Active faults and paleoseismicity in Fennoscandia, especially Sweden. Primary structures and secondary effects // *Tectonophysics*. 2004, vol. 380. P. 139—157.
- [24] Obermeier S. F., Olson S. M., Green R. A. Field occurrences of liquefaction-induced features: a primer for engineering geologic analysis of paleoseismic shaking // *Engineering Geology*. 2005, vol. 76. P. 209—234.
- [25] Seilacher A. Fault-graded beds interpreted as seismites // *Sedimentology*. 1969, vol. 13. P. 155—159.
- [26] Troften P. E. Paleoseismic deformation in lateglacial sediments south of Stockholm, Sweden // *Bull. INQUA. Neotectonics Commission*. 1996, N 19. P. 47—51.
- [27] Yevzerov V. Ya., Nikolaeva S. B. Cenozoic // *Geology of the Kola Peninsula (Baltic shield)*. Apatity, 1995. P. 107—115.

Апатиты, Мурманская обл.
 nikolaeva@geoksc.apatity.ru
 Геологический институт
 Кольского научного центра РАН

Поступило в редакцию
 5 марта 2013 г.

Изв. РГО. 2013. Т. 145. Вып. 4

© Е. А. ГУСЕВ,* Н. Ю. АНИКИНА,** Х. А. АРСЛАНОВ,*** С. А. БОНДАРЕНКО,*
 Л. Г. ДЕРЕВЯНКО,** А. Н. МОЛОДЬКОВ,**** З. В. ПУШИНА,* П. В. РЕКАНТ,*
 Г. В. СТЕПАНОВА*

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ОСТРОВА СИБИРЯКОВА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 000 ЛЕТ

Введение. Верхнечетвертичные отложения севера Западной Сибири и островов Карского моря до сих пор изучены недостаточно полно. В последнее время по северу Западной Сибири и п-ову Ямал появились датировки, полученные с использованием современных методов датирования: оптико-стимулированной люминесценции (OSL) [2, 3, 7, 11, 19, 20, 22], электронно-парамагнитного резонанса (EPR) [8, 23] и радиоуглеродного датирования микрообъемов органики путем ускорительной масс-спектрометрии (AMS-метод) [2, 22].

Полученные геохронометрические данные по материковой суше охватывают значительный стратиграфический интервал — от среднего неоплейстоцена до голоцена.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в изучении материковых разрезов, острова Карского моря остаются слабо исследованными. Частично изучены погребенные льды и вмещающие их четвертичные отложения островов Диксон, Сибирякова, Свердруп, Арктического института, Сергея Кирова, Известий ЦИК и др. [15–17]. В основном исследовалась структура и изотопный состав подземных льдов. Кроме того, по торфянику на о-ве Свердруп получены радиоуглеродные датировки в интервале 9.7—11.6 тыс. лет, а на о-ве Сибирякова — 3.4—27.3 тыс. лет [16].

В. Н. Сакс считал, что часть островов Карского моря, в том числе и о-в Сибирякова, сложены каргинскими отложениями. На геологической карте четвертичных отложений масштаба 1:1 000 000 [6] (авторы В. М. Колянкин и Е. Е. Мусатов) в пределах острова также показано поле распространения каргинских (50—25 тыс. л. н.) отложений.

Район исследования. Остров Сибирякова (на старых картах Кузькин) находится на юго-востоке Карского моря, в Енисейском заливе. С севера, востока и юга остров окружен песчаными отмелями [10]. Абсолютные отметки рельефа острова незначительны, высшая точка в центре острова — 33 м. Рельеф выровненный, осложнен многочисленными речками и ручьями, небольшими озерами. Растительность острова тундровая. На отдельных участках берега о-ва Сибирякова представлены невысокими клифами, в которых обнажаются четвертичные глины, пески и торф. В обнажениях часто встречаются жилы льда, полигонально-жильные льды отображаются также и в микрорельефе внутренней части острова [16].

Остров Сибирякова посещен в 2008 и 2009 гг. экспедицией, организованной ВНИИОкеангеология, Институтом криосферы Земли и МГУ. Обследованы северо-западный и южный берега острова (рис. 1, табл. 1).

Методика исследований. Четвертичные отложения острова вскрывались расчистками, фотографировались и описывались, после чего отбирались пробы. Произведены радиоуглеродное датирование органических остатков (древесина, торф), гранулометрический, минералогический (тяжелая фракция), спорово-пыльцевой, диатомовый анализы, изучены бентосные фораминиферы. Кроме того, выполнено датирование песчаных отложений методом инфракрасной оптико-стимулированной люминесценции (ИК-ОСЛ).

Таблица 1
Координаты изученных на о-ве Сибирякова разрезов

№ п/п	№ т. н.	Координаты		Высота кровли разреза, м
		широта (с. ш.)	долгота (в. д.)	
1	0807	72°59'57.0''	78°59'50.9''	5
2	0808	73°00'53.1''	79°01'36.7''	4
3	0809	73°00'41.5''	79°01'19.3''	5
4	0811	72°59'31.0''	78°58'48.1''	4
5	0916	72°43'21.4''	79°07'54.5''	4
6	0917	72°43'19.8''	79°04'46.4''	5

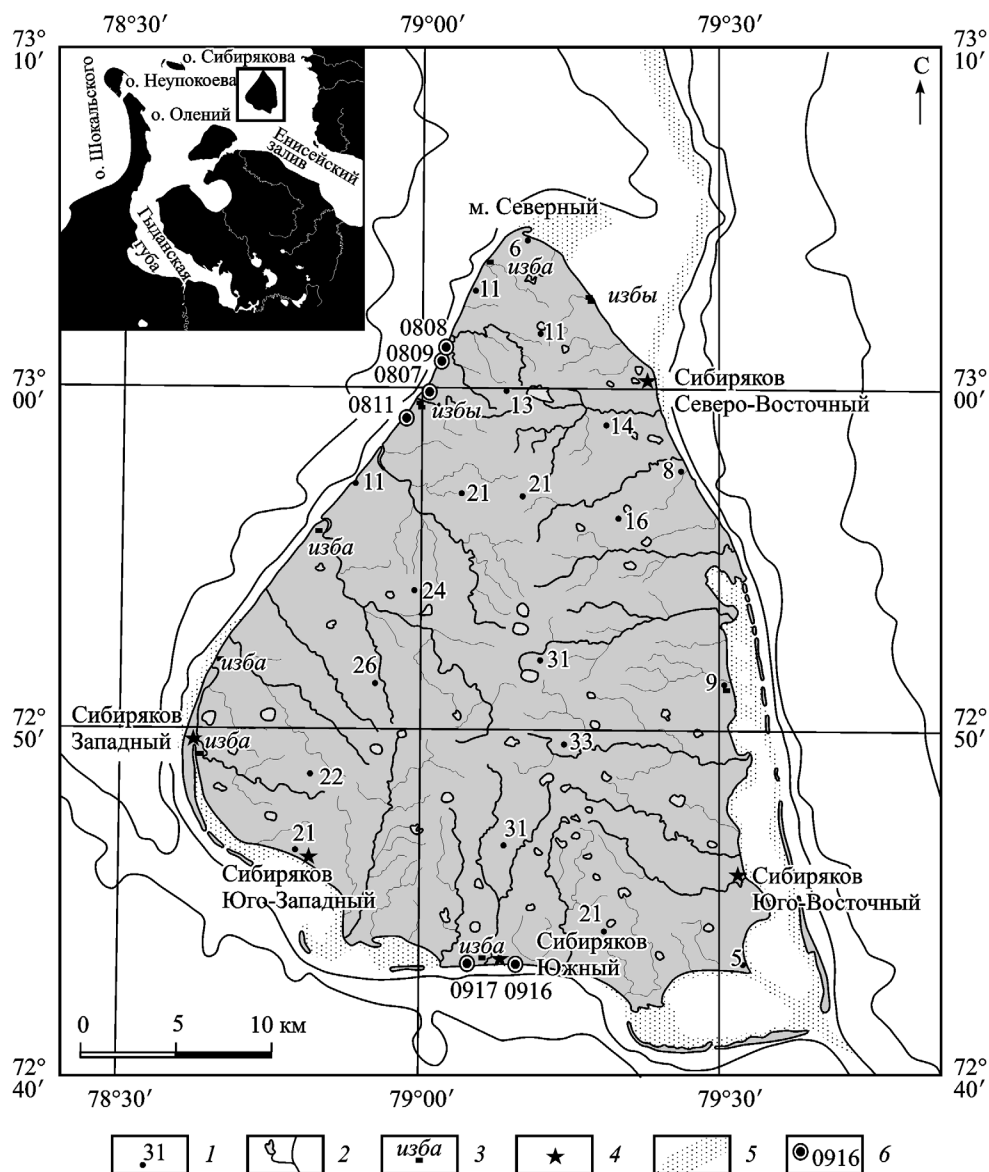


Рис. 1. Положение изученных на о-ве Сибирикова разрезов.

1 — высотные отметки; 2 — реки, озера; 3 — избы, балки; 4 — маяки, створные знаки; 5 — отмели; 6 — изученные разрезы и их номера.

Результаты исследования. В северо-западной части острова обследовался участок берега длиной 5 км от изб Сибириков Северо-Западный (на навигационных картах «маяк Кузькина 21») до устья р. Широкой. В конце июля здесь еще был довольно широкий припай, который отсутствовал лишь в местах впадения в море рек и ручьев. Береговой клиф невысокий (4—5 м), во многих местах со следами недавних обвалов, состоящих из блоков суглинков с дерном и травой. Обнаженные участки берега свидетельствуют о широком развитии в разрезе ледяных жил. Вымытые прежде волноприбойные ниши на

некоторых участках берега обвалились, образовав пещеры и гроты, из которых вытекают ручьи, источником которых являются тающие подземные льды. Залегание обнажающихся в береговом обрыве четвертичных осадков нарушено криогенными процессами.

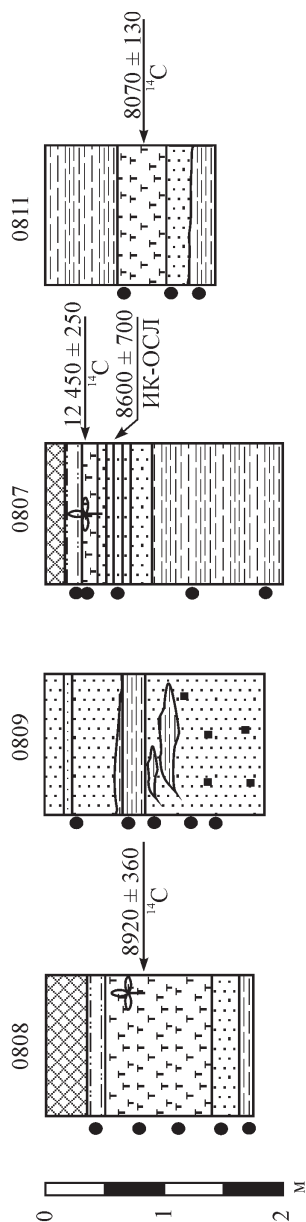
В целом для этой части острова характерно трехчленное строение разреза. Под почвенно-растительным слоем мощностью 25—40 см обычно вскрываются супеси светло-желтые, иногда глинистые, с редким гравием. Ниже обычно залегает торф, плохо разложившийся, темно-коричневого цвета, мерзлый, с веточками и листочками кустарниковой растительности, веточками мха. Торф перекрывает слой светло-серых мелкозернистых песков. Пески обычно неяснослоистые, горизонтально-слоистые, иногда наблюдаются симметричные знаки ряби, как например в точке наблюдения (т. н.) 0809 (рис. 2). Пески несогласно перекрывают плотные, массивные суглинки коричневатого-синеватого-темно-серого цвета, содержащие большое количество гальки, гравия и редких небольших валунов. Суглинки мерзлые. Иногда прослеживается мелкая оскольчатость, по трещинам развито ожелезнение.

По результатам гранулометрического и минералогического (тяжелая фракция) анализов верхний подпочвенный слой представлен песками и алевритовыми песками. Сортированность их от средней до хорошей, преобладает либо мелкопесчаная фракция, либо мелкопесчано-крупноалевритовая. Крупнопесчаная фракция практически отсутствует, а средnepесчаная достигает 17 %. По сумме песчаных фракций (СПФ), изменяющейся от 61 до 84 % и указывающей на повышенную и высокую динамическую активность среды седиментации, отсутствию аутигенных минералов ($<0.5\%$), обогащенности осадка минералами тяжелой фракции (до 22 %) и другим особенностям вещественного состава отложения могут быть отнесены к связанным с зоной наката. Их малая мощность (10—15 см) и олигомиктовость подтверждают такое предположение.

Желто-серые песчаные осадки представлены вариациями от алевритовых песков до чистых. Содержание пелитовой фракции в них не превышает 4 %. Сортированность хорошая до высокой, преобладает мелкопесчаная фракция, а крупнопесчаная практически отсутствует. СПФ составляет от 63 до 88 %. Осадок формировался в зоне высокой гидродинамической активности. Наиболее вероятно многократное осаждение—размывание в условиях переменных течений, формировавшихся как сумма руслового потока, приливо-отливных течений и волновых движений вод. Это могли быть обстановки пляжевого мелководья, осложненного открытыми термокарстовыми лагунами. Терригенный материал поступал преимущественно от эрозии донных осадков, их перемыва и переотложения. Низкая миграционная способность минералов тяжелой фракции не противоречит выводу об активной гидродинамике, в сочетании с олигомиктовостью ассоциаций и высоким выходом тяжелой фракции, лишь подтверждая наличие колебательных движений поверхностного слоя и одновременность эрозии и отложения на мелководье. Появление торфяных прослоев и линз свидетельствует о дальнейшем обмелении и переходе лагун в мелкоозерную стадию с частичным заболачиванием.

В отложениях нижнего, суглинистого, слоя наблюдаются как пелитовые алевриты, так и алевритовые миктиты. Содержание пелитов повышенное (15—42 %). При хорошей сортированности каждой отдельной пробы максимумы смещаются от мелкопесчаной к мелкоалевритовой фракции. Практически отсутствуют зерна крупнее размерности 0.3 мм. СПФ изменяется в широ-

СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ОСТРОВА



ЮЖНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ОСТРОВА

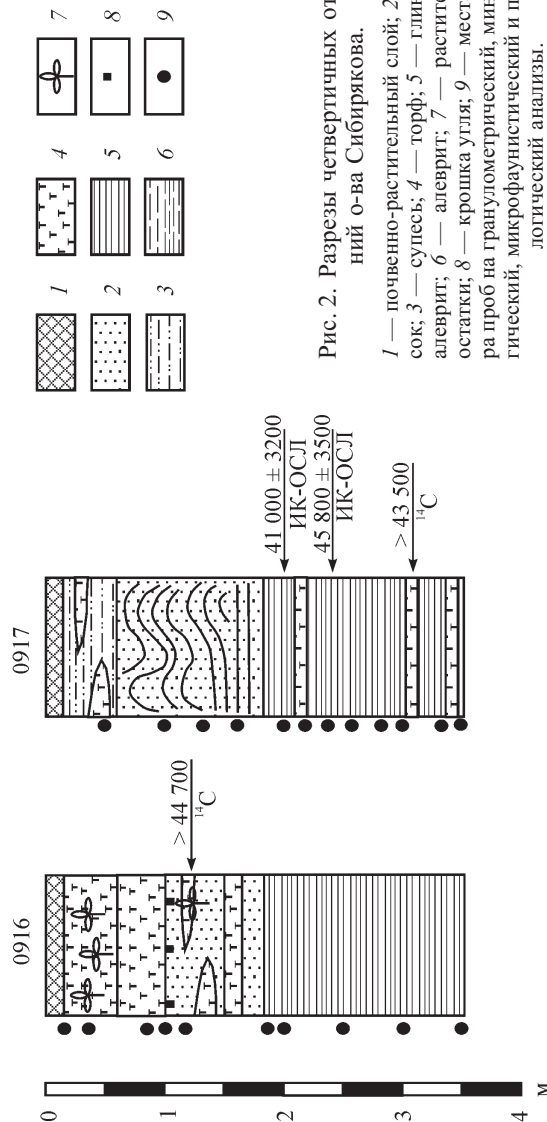


Рис. 2. Разрезы четвертичных отложений о-ва Сибирякова.

1 — почвенно-растительный слой; 2 — песок; 3 — супесь; 4 — торф; 5 — глинистый алевроит; 6 — алевроит; 7 — растительные остатки; 8 — крошка угля; 9 — места отбора проб на гранулометрический, минералогический, микрофаунистический и палинологический анализы.

Таблица 2

**Радиоуглеродные датировки, выполненные в Лаборатории палеогеографии
и геохронологии четвертичного периода факультета географии и геоэкологии
СПбГУ***

№ п/п	Лаб. №**	№ т. н., *** интервал, м	Материал	Радиоуглеродный возраст, лет	Календарный возраст, лет
1	ЛУ-6152	0811, 0.75	Торф	8070 ± 130	8970 ± 210
2	ЛУ-6410	0807, 0.35	»	12450 ± 250	14670 ± 450
3	ЛУ-6408	0808, 0.8	»	8920 ± 360	10060 ± 450
4	ЛУ-6415	0916, 1.2	»	≥ 44700	≥ 47860
5	ЛУ-6405	0917, 3	»	≥ 43500	≥ 46500

Примечание. * Руководитель Х. А. Арсланов [7]; ** — лабораторный номер образца; *** — номер точки наблюдения. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы «CalPal» Кельнского университета 2008 г., авторы U. Danzeglocke, B. Weninger, O. Jöris (сайт www.calpal.de).

ких пределах — от 3 до 43 %, тяготея в основном к более низким значениям, что означает, что в период накопления гидродинамическая активность была пониженной, а чаще низкой. Примесь окатанного обломочного материала в сочетании с высокими содержаниями неустойчивых минералов (72—79 %) скорее указывает на существенную роль речного стока, чем на обстановки прибойного мелководья. Суглинки являются образованиями прибрежного сублиторального мелководья со спокойной поступательной динамикой водной среды.

Радиоуглеродное датирование торфа из т. н. 0807, 0808 и 0811 показало возраст 8—12.5 тыс. л. н. (табл. 2). Кроме того, в т. н. 0807 из песков, подстилающих торф, получена датировка методом оптико-инфракрасно-стимулированной люминесценции зерен полевых шпатов (ИК-ОСЛ), которая показала возраст 8600 ± 700 л. н. (RLQG 1950-119) (табл. 3) [7].

Спорово-пыльцевые спектры, характеризующие суглинки, отражают лесотундровый тип растительности. В это время, наряду с преобладающей травянистой растительностью, треть составляют древесные (т. н. 0807, глубин-

Таблица 3

**ИК-ОСЛ-даты, выполненные в Лаборатории четвертичной геохронологии
Таллиннского технического университета***

№ п/п	Лабораторный №	№ т. н.	Географическая привязка	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	ИК-ОСЛ- возраст (тыс. лет)
1	RLQG 1950-119	0807	Северо-западная часть о-ва Сиби- рякова	1.64	0.77	2.40	8.6 ± 0.7
2	RLQG 2072-042	0917-1	Южная часть о-ва Сибириякова	1.58	0.49	2.80	41.0 ± 3.2
3	RLQG 2073-042	0917-2	То же	1.70	0.74	3.50	45.8 ± 3.5

Примечание. * Руководитель А. Н. Молодьков.

на 1.8 м): *Picea obovata* — 20 %, *Pinus sibirica* — 3 %, *P. silvestris* — 2 %, *Betula* ex. sect. *Albae* — 4 % и кустарниковые: *Betula* sect. *Nanae* — 1 %, *Juniperus sibirica* — 1 %. Среди трав преобладают лугово-болотные: сем. Ranunculaceae — 7 %, Cyperaceae — 13 %, Chenopodiaceae — 14 %; разнотравье — 8 %, Caryophyllaceae — 1 %, Polygonaceae — 1 %, Pyrolaceae — 1 %. Споровые растения представлены сем. Polypodiaceae — 12 %, *Sphagnum* sp. — 5 %, *Lycopodium* sp. — 3 %. Вышележащие пески часто не несут палинологической информации, как, например, в т. н. 0807, 0808, 0809, что, скорее всего, связано с активной гидродинамикой среды отложения осадков. В других местах споры и пыльца присутствуют в небольшом количестве. Так, в т. н. 0811 (глубина 1.1 м) спорово-пыльцевой спектр характеризует растительность арктических тундр, где доминируют кустарники *Betula* sect. *Nanae* (*Betula nana*, *B. exilis*) — 48—72 %, *Alnaster fruticosus* — 13—15 %. Травянистых немного: разнотравье — 1—2 %, сем. Ranunculaceae — 0—3 %, Cyperaceae — 5—6 %, Pyrolaceae — 3—4 %. Споровые растения представлены сем. Polypodiaceae — 2—13 %, *Sphagnum* sp. — 4—7 %, *Lycopodium* sp. — 0—2 %.

Вышележащий торф (т. н. 0808, глубина 0.75, 1 м) характеризуется спектрами, свидетельствующими о тундровом типе растительности, близком к современному. Доминируют кустарниковые и травянистые растения: *Betula* sect. *Nanae* — 16—30 %, *Alnaster* — 16—37 %, *Salix* sp. — 2—4 %, разнотравье — 0—2 %, сем. Ranunculaceae — 0—8 %, Cyperaceae — 8—17 %, Chenopodiaceae — 0—7 %, Pyrolaceae — 2—5 %, Liliaceae — 0—1 %, споровые растения сем. Polypodiaceae — 12—15 %, *Sphagnum* sp. — 1—8 %. Из древесных растений определены в небольшом количестве *Picea obovata* — 2—8 %, *Pinus sibirica* — 0—1 %, *Betula* ex. sect. *Albae* — 1—2 %. Похожими спектрами характеризуется и слой покровных супесей.

Анализ проб на бентосные фораминиферы свидетельствует об их присутствии в нижних суглинках и кое-где в перекрывающих песках. Так, в т. н. 0807 на глубине 1.8 м в суглинках были обнаружены три раковинки фораминифер — одна *Retroelphidium* aff. *obesum* и две *Criboelphidium granatum*. Сохранность раковинок плохая. В песках т. н. 0809 определены единичные раковинки фораминифер — *Buccella frigida*, *Haynesina asterotuberculata*, *Cribronion* aff. *incertus*. Сохранность материала плохая, раковинки ожелезнены. Однако фораминиферы встречены в каждой пробе и, вероятней всего, они не переотложены.

Диаомовые водоросли *in situ* встречены только в образцах из супесей, залегающих под почвенно-растительным слоем. В образце из разреза 0807 (глубина 0.25 м) установлен небогатый в видовом отношении пресноводный комплекс диатомей, в котором преобладают типичные болотные виды-убиквисты с преобладанием видов рода *Pinnularia*, характеризующие пресноводные (болотные) обстановки.

Наиболее богатый комплекс (16 видов) обнаружен в образце с глубиной 0.5 м в т. н. 0808, в котором преобладают типичные болотные бентосные виды-убиквисты с преобладанием видов рода *Pinnularia* (8 видов) и видов рода *Eunotia* (3 вида) с доминированием *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg, *Pinnularia subcapitata* Gregory, *Eunotia praeurupta* (Ehrenberg) Ehrenberg. Два этих вида являются типичными представителями водорослей-обрастателей преимущественно в водах, бедных известью, в болотах, часто также среди влажных мхов на каменистых грунтах. Им сопутствуют речные планктонные диатомеи *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth (этот пресноводный вид так-

же широко распространен и часто встречается в планктоне литорали (главным образом северных и горных водоемов). Развитие перифитонных видов *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) Williams and Round иногда является отличительной чертой ранних стадий развития озерных диатомовых ассоциаций [18]. Также эти виды свидетельствуют о формировании отложений в неглубоком водоеме. В комплексе заметны маленькие по размеру панцири видов-обрастателей *Planothidium lanceolatum* (Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot. По отношению к солености все встреченные виды являются пресноводными и пресноводно-соленоватоводными. По отношению к pH преобладают обитатели кислой среды — ацидофилы и индифференты. Инситу диатомеи, образующие, вероятно, танатоценозы в осадках нижнего пляжа, свидетельствуют о развитом поверхностном стоке с равнинного берега с мелководными заболоченными озерами в среднем голоцене.

Вместе с тем, по-видимому, существовали также условия связи пресноводных водоемов с морем. Так, в т. н. 0809 (глубина 0.3 м) обнаружены единичные створки пресноводных, соленоватоводно-морских и морских диатомей, а также их многочисленные фрагменты. Среди соленоватоводно-морских и морских наиболее заметны бентический соленоватоводно-морской вид *Navicula digitoradiata* (Gregory) Ralfs in Pritchard и морской полубентический вид *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve. Пресноводные диатомеи представлены болотными видами рода *Pinnularia*.

В суглинках, а также в покровных супесях обнаружены единичные створки переотложенных палеогеновых видов *Coscinodiscus payerii* Grun., *Grunowella gemmata* (Grun.) V. H., *Paralia sulcata* var. *crenulata* Grun. (т. н. 0807, глубина 1.25 м, т. н. 0809, глубина 0.3 м).

В южной части острова обследован участок берега длиной 3.5 км в районе маяка Сибириков Южный. К востоку от маяка, в т. н. 0916, вскрывается разрез, напоминающий строение северо-западных берегов острова. Здесь также в верхней части разреза под почвенно-растительным слоем обнажаются супеси (до 1 м мощности) с торфом, которые подстилаются чистыми мелкозернистыми песками и алевроитовыми песками (0.8—1 м мощности, СПФ = 50—92 %). Пески несогласно перекрывают суглинки темно-серые, голубовато-темно-серые, слоистые, плотные, мерзлые. Преобладает мелкоалевритовая фракция, содержание пелита колеблется в пределах 13—44 %. Суглинки слоистые, местами с прослоями темно-коричневого торфа (0.5—2 см мощности), кое-где встречаются согласные слоистости прослои прозрачного льда (до 1 см мощности).

Отложения к западу от маяка (т. н. 0917) заметно отличаются как отсутствием торфяного слоя, так и своеобразием гранулометрического состава. Поэтому в таблице гранулометрических характеристик (табл. 4) данные по этому обнажению приведены отдельно, в скобках. В этом отличающемся от других разрезе нет моногранулярных песчаных осадков. Преобладают песчаные и алевроитовые миктиты. В двух прослоях отмечены алевроитовые пески, а в двух более древних — алевроитовые пелиты и пелитовый миктит. Нижняя слоистая толща с прослоями может быть предположительно скоррелирована с суглинками северо-западного побережья (СПФ = 2—60 %, содержание пелитовой фракции 7—56 %). Вышележащая коричневатая-темно-серая супесь (алевритовый и песчаный миктит) — с желто-серым песчаным осадком. Светло-желтая супесь (песчаный миктит) с пятнами торфа соответствует подпочвенному слою точек наблюдения на северо-западном побережье.

Таблица 4
Гранулометрические характеристики образцов четвертичных отложений
о-ва Сибирякова

	Супеси верхней части разреза, %	Пески средней части разреза, %	Суглинки нижней части разреза, %
Содержание мелкозернистого песка	43—73 (66)*	44—85 (28—48)	2—40 (2—59)
Сумма песчаных фракций	61—85 (68)	50—92 (31—48)	2—43 (2—60)
Выход тяжелой фракции	22—27 (19)	15—38 (8—12)	2—9 (3—11)
Устойчивые минералы тяжелой фракции	11—16 (13)	10—26 (10—17)	9—40 (9—10)
Содержание моноклинных пироксенов	53—62 (66)	49—56 (57—69)	49—63 (62—72)
Содержание обыкновенной роговой обманки	18—20 (17)	15—23 (13—30)	10—21 (16—23)
Содержание аутигенных минералов тяжелой фракции	0.2—0.6 (0.3)	0.4—0.7 (0.2—0.4)	0.4—3.4 (0.2—1.1)

Примечание. * В скобках вынесены данные по отличающейся от остальных т. н. 0917.

Суглинки в разных местах нарушены складчатыми (рис. 3, *а*) и разрывными (рис. 3, *б*) дислокациями незначительной амплитуды (до метра). Неподалеку от т. н. 0917 наблюдается диапировая складка всплывания с песчаным ядром (рис. 3, *в*). В т. н. 0916 расчисткой вскрыта рулетообразная складка (рис. 3, *г*), в которой слои суглинка скручены в концентрические деформации. Природа всех этих дислокаций определенно мерзлотная, так как всюду в обнажениях фиксируются многочисленные жилы льда, рассекающие весь разрез и часто погребенные современным песчаным пляжем.

В т. н. 0917 методом ИК-ОСЛ получены датировки из прослоев песка, заключенных в суглинках. Получены значения $41\,000 \pm 3200$ л. н. с глубины 2 м и $45\,800 \pm 3500$ л. н. с глубины 2.5 м.

Радиоуглеродное датирование торфа и древесины из толщи супесей, выполненное нашими коллегами из Института криосферы Земли, показало значительный разброс дат: 3.5, 11.5 и 27 тыс. л. н. [12, 16]. Нами по образцу торфа из верхней части разреза в т. н. 0916 получена запредельная датировка $>44\,700$ л. н. (ЛУ-6415). Образец из прослоя торфа, заключенного в нижних суглинках в т. н. 0917, также показал запредельный возраст — $>43\,500$ л. н. (ЛУ-6405). Судя по всему, торф из т. н. 0916 — аллохтонный, переотложен из нижележащих суглинков. Таким образом, супеси и торф из верхней части разреза имеют позднеплейстоценовый (морская изотопная стадия (МИС 2)) — ранне- и среднеголоценовый возраст, а нижняя, суглинистая часть разреза имеет позднеплейстоценовый возраст (МИС 3).

Спорово-пыльцевой анализ образцов показал следующие результаты. В толще суглинков из нижней части разреза определены спектры, отражающие северо-таежный тип растительности. Основу палинокомплекса составляют древесные растения, среди которых доминируют хвойные породы деревь-



Рис. 3. Криогенные складчатые и разрывные нарушения в толще четвертичных отложений о-ва Сибирякова.

а—г — пояснения в тексте.

ев: *Picea obovata*, *Picea* sp. — 40—52 %, *Pinus sibirica* — 2—5 %, *P. silvestris* — 1—2 %; мелколиственных и кустарниковых гораздо меньше: *Betula* ex. sect. *Albae* — 6—16 %, *Alnaster* — 1—4 %, *Salix* sp. — 1—2 %, *Betula* sect. *Nanae* — 0—2 %. Травянистые растения представлены разнотравьем — 9—10 %, сем. Ranunculaceae — 1—12 %, сем. Chenopodiaceae — 0—1 %, сем. Cyperaceae — 4—8 %, сем. Rosaceae — 0—2 %, сем. Caryophyllaceae — 0—1 %. Определены споровые растения сем. Polypodiaceae — 2—7 %, *Sphagnum* sp. — 3—6 %, *Lycopodium* sp. — 0—2 %. По-видимому, в поздненеоплейстоценовой части спектра пыльца сосны и, возможно, других древесных пород переотложена из казанцевских отложений, активно размывающихся и в настоящее время по берегам Енисея и Енисейского залива.

Основу комплекса из верхней части разреза (супеси с торфом, пески) составляют тундровые виды кустарников: ольховник (*Alnaster fruticosus*) — 12—22 %, кустарниковая береза (*Betula exilis*) — 9—14 %, карликовая береза (*Betula* sect. *Nanae*) — 23—35 %, *Salix* sp. — 1—2—до 68 %. Споровых растений немного — сем. Polypodiaceae — 3—5 %, *Sphagnum* sp. — 4—12 %. Из трав определены разнотравье — 2—8 %, сем. Chenopodiaceae — 0—3 %, сем. Cyperaceae — 12—25 %, сем. Ryolaceae — 0—6 %, единично Asteraceae. Древесные растения представлены хвойными в отдельных пробах в незначительном количестве.

Фораминифер в отложениях, вскрывающихся в южной части острова, обнаружено не было ни в одной из точек опробования.

В обнажении 0917 в образцах с глубины 2.4 и 2.6 м диатомей единичны. На глубине 2.6 м встречаются панцири солоноватоводно-морского диатомового вида *Navicula digitoradiata*. В образцах с глубины 2.9 и 3.3 м доминируют типичные обрастатели — представители родов *Fragilaria* и *Gomphonema*, встречен аэрофильный вид *Hannae arcus* (Ehrenberg) Patric, а также вид-показатель эвтрофных водоемов *Martyana martyi* (Héribaud) Round.

В образцах с глубины 2.2 и 2 м определено максимальное для разреза количество диатомей (42 вида). Установлен небогатый в количественном отношении, но достаточно разнообразный пресноводный комплекс диатомей, в котором доминирует речной планктонный вид *Aulacoseira islandica* f. *islandica*. Также встречаются сублиторальные бентосные представители родов *Diplo-neis* и *Cocconeis*, типичные болотные виды-убиквисты рода *Pinnularia*. В диатомовых комплексах присутствуют аэрофильные виды *Hantzschia amphyois* (Ehrenberg) Grun., *Meridion circulare* (Gréville) Agardh, типичные для литорали озер бентосные виды *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *Staurosirella pinnata*, характерный для горных водоемов и орошаемых скал обрастатель *Denticula elegans* Kützing и др.

В образце с глубины 1.65 м встречено небольшое количество инситных пресноводных, среди которых доминируют представители родов *Pinnularia* и *Cymbella*.

Таким образом, в разрезе выделяется два комплекса диатомовых водорослей. Первый определяется для интервала 2.9—3.3 м, он характеризует неглубокий пресный эвтрофный водоем с впадающими в него чистыми ручьями. Второй комплекс (интервал 2—2.2 м) отражает более глубоководные пресноводные условия формирования осадков, показателем чего является доминирование планктонной *Aulacoseira islandica* f. *islandica*. Вероятно, этот комплекс сформирован во время стадии МИС 3. Процесс заболачивания отражен в увеличении количества представителей рода *Pinnularia* вверх по разрезу.

Сравнение диатомовых комплексов из поверхностных осадков с нашими данными не выявило серьезных видовых и экологических отличий — преобладание пресноводной флоры практически абсолютное. В поверхностных осадках шельфа Карского моря, а также в Обском и Енисейском заливах установлена богатая диатомовая флора, включающая более 260 видов и внутривидовых таксонов диатомей с высокой численностью до 82 млн створок в грамме осадка [14]. В осадках (обнажение 0917 на глубине 2—2.2 м) времени стадии МИС 3 обнаружено всего 42 вида и сравнительно небольшое количество створок; совсем немного — 16 видов — с низким обилием створок в среднеголоценовых супесях (обнажение 0808, глубина 0.5 м). Структуры диатомовых комплексов в образцах из обнажений и в поверхностном слое осадков безусловно отличаются. Если в изученных нами диатомовых комплексах в отдельных горизонтах преобладают пресноводные бентосные диатомеи и только в обнажении 0917 на глубине 2—2.2 м доминируют пресноводные планктонные виды рода *Aulacoseira* (стадия МИС 3), то в поверхностном слое осадков в Енисейском эстуарии количество планктонных видов рода *Aulacoseira* колеблется от 31 до 61 %, хотя значительную часть ассоциаций составляют бентосные и эпифитные виды (до 51 %). Следует отметить, что планктонные диатомеи рода *Aulacoseira* в позднеоплейстоценовых осадках (МИС 3) обнажения 0917 на глубине 2—2.2 м более грубопанцирные, чем

установленные в среднеголоценовых супесях (обнажение 0808, глубина 0.5 м). Содержание ледово-морских видов в комплексах из изученных обнажений (например, обнажение 0808, глубина 0.5 м) составляет не более 3 %, а содержание ледово-морских диатомей в Енисейском заливе в районе о-ва Сибирякова в поверхностном слое осадков — более 7—8 % (8.4 %). Во время формирования осадков стадии МИС 3 морские, а также ледово-морские диатомеи не обнаружены. Это может быть связано и с условиями сохранения панцирей диатомей в осадках, но, возможно, более благоприятные условия были все же ~40 000 л. н., чем в среднем голоцене.

Обсуждение результатов. Полученные нами данные позволяют подразделить толщу четвертичных отложений о-ва Сибирякова на три толщи: нижняя — суглинистая, средняя — песчаная и верхняя — супесчаная. Имеющиеся радиоуглеродные и ИК-ОСЛ датировки из суглинков, залегающих в основании береговых обрывов северо-западной и южной частей острова, свидетельствуют о формировании их во время (МИС 3). Необычными являются достаточно теплые спорово-пыльцевые спектры, выделенные из образцов по южным разрезам острова. По всей видимости, часть древесной пыльцы была переотложена из более древних, казанцевских, отложений. На размытой поверхности суглинков залегает песчаный прослой, содержащий растительные остатки, по которым получены значения радиоуглеродного возраста от 12 до 27 тыс. лет. Пески перекрыты супесями суглинками с торфом, датированным радиоуглеродным методом в интервале 8—12 тыс. лет, а также получен ИК-ОСЛ возраст около 8 тыс. лет.

Минералогический состав тяжелой фракции устойчив по всему разрезу отложений острова. Для всех слоев характерны олигомиктовость, высокое содержание неустойчивых минералов (58—89 %), отсутствие аутигенных минералов и амфибол-пироксеновый состав. Различие по горизонтали заключается в том, что отложения северо-западного побережья острова содержат несколько больше черных рудных минералов, а южная т. н. 0916 отличается относительно повышенным содержанием минералов группы эпидота-цоизита. Различие по разрезу заключается в колебаниях выхода тяжелой фракции, хорошо коррелируемых с содержанием в осадке мелкозернистого песка и, следовательно, связанных не с изменением источника поступления терригенного материала, а с условиями его переноса и отложения. Это подтверждается преобладанием моноклинных пироксенов (44—72 %) с подчиненной ролью роговой обманки (не более 29 %), свойственным всем опробованным отложениям. Ни в одном из слоев не выявлены акцессорные минералы, которые могли бы служить маркерами определенного источника или процесса распределения терригенного материала. Выдержанный состав минералов тяжелой фракции свидетельствует об устойчивости области сноса за последние 50 тыс. лет. Гранулометрические характеристики суглинков, залегающих в основании разрезов, свидетельствуют об их накоплении в прибрежно-морских или дельтовых аллювиальных обстановках.

По данным диатомового анализа в целом можно заключить, что в районе о-ва Сибирякова видовой состав диатомовой флоры в поверхностном слое осадков и во время МИС 3, т. е. ~40 000 л. н. (о-в Сибирякова, южная часть, обнажение 0917 на глубине 2—2.2 м), представлен пресноводными планктонными диатомеями со значительным количеством бентосных видов, а во время среднего голоцена (о-в Сибирякова, северо-западная часть, обнажение 0808, глубина 0.5 м) в диатомовых комплексах преобладают бентосные виды.

В некоторых разрезах наблюдается постепенное замещение вверх по разрезу солоновато-водных диатомей и единичных бентосных фораминифер пресноводными диатомовыми, что говорит о прекращении связи с морем палеобасейнов.

Заключение. За последние 50 тыс. лет в районе о-ва Сибирякова существовали условия, в общих чертах напоминающие современные. По нашим данным, реконструируются также климатические условия теплее и холоднее современных. В течение последних 50 000 лет наблюдается постепенная смена морских условий субконтинентальными.

Во время, соответствующее МИС 3, были распространены в основном лесотундровые условия, возможно с островками леса. Лесная растительность покрывала узкую полосу побережья палеобасейна Карского моря. Для суглинистых донных осадков, накапливавшихся в то время, характерна слабая засоленность, значительное опреснение подтверждается нахождением в осадках лишь редких фораминифер, а также большим количеством солоновато-водных и пресноводных диатомей. На окружающих палеобасейн территориях происходило активное торфообразование, о чем свидетельствуют прослойки аллохтонного торфа и органо-минеральных образований с включениями растительных остатков. В МИС 3 торфяники накапливались и в других районах Арктики [1, 4, 9, 13, 22].

Во время МИС 2 в условиях развивающейся регрессии моря произошло похолодание климата, на юге Западно-Сибирской равнины устанавливаются криоаридные пустынные условия, происходит накопление эоловых песков [5]. На о-ве Сибирякова в МИС 2 началось накопление аллювиальных толщ и их промерзание. Легкий изотопный состав полигонально-жильных льдов о-ва Сибирякова [16] свидетельствует о низких зимних температурах.

В начале голоцена вновь произошло потепление климата, его смягчение, определяемое трансгрессией. Происходило накопление торфов как в северо-западной, так и в южной частях современного о-ва Сибирякова. В среднем голоцене климат стал более холодным, стали образовываться эпигенетические полигонально-жильные льды (ПЖЛ). В отличие от засоленных сартанских (МИС 2), голоценовые ПЖЛ имеют пресный состав [16].

В позднем голоцене резкий подъем уровня моря привел к образованию о-ва Сибирякова, началось активное разрушение его берегов. В это время на материковой суше активное таяние мерзлоты приводит к образованию многочисленных озер [21]. На о-ве Сибирякова тоже происходит деградация сартанских и голоценовых полигонально-жильных льдов. В результате активной термоабразии берега острова приобрели сложную структуру, в береговом клифе образуются козырьки, пещеры, гроты. Подмываемые морем, обрушаются и оползают крупные блоки, сложенные четвертичными отложениями.

Авторы благодарят экипаж теплохода «Советская Арктика» за обеспечение полевых исследований в 2008 и 2009 гг.

Список литературы

- [1] Арсланов Х. А., Верещагин Н. К., Лядов В. В., Украинцева В. В. О хронологии каргинского межледникового и реконструкции ландшафтов Сибири по исследованиям трупов мамонтов и их «спутников» // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1980. С. 208—213.

- [2] Астахов В. И. О хроностратиграфических подразделениях верхнего плейстоцена Сибири // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 11. С. 1207—1220.
- [3] 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.
- [4] Большианов Д. Ю., Макаров А. С., Гусев Е. А., Шнайдер В. Проблемы происхождения ледового комплекса пород и существования в прошлом «Земель Санникова» в море Лаптевых // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008, № 1(78). С. 151—160.
- [5] Величко А. А., Тимирева С. Н., Кременецкий К. В., МакДональд Г., Смит Л. Западно-Сибирская равнина в облике позднеледниковой пустыни // Изв. РАН. Сер. географ. 2007, № 4. С. 16—28.
- [6] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Лист R-43-(45) — Гыдан—Дудинка. СПб., 2000.
- [7] 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.
- [8] Гусев Е. А., Молодьков А. Н. Строение отложений заключительного этапа казанцевской трансгрессии (МИС 5) на севере Западной Сибири // ДАН. 2012. Т. 443, № 6. С. 707—710.
- [9] Лаухин С. А., Арсланов Х. А., Шилова Г. Н., Величkevич Ф. Ю., Максимов Ф. Е., Кузнецов В. Ю., Чернов С. Б., Тертычная Т. В. Палеоклиматы и хронология средневюрмского мегаинтерстадиала на Западно-Сибирской равнине // ДАН. 2006. Т. 411, № 4. С. 540—544.
- [10] Лощия Карского моря. Часть III. Обь-Енисейский район. Изд. ГО УМС РККА и ГУ Главсевморпути. Л., 1936. 268 с.
- [11] Назаров Д. В. Новое о четвертичных отложениях центральной части Западносибирской Арктики // Региональная геология и металлогения. 2007, № 30—31. С. 213—221.
- [12] 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. Вып. 10. М.: ГЕОС, 2010. С. 241—247.
- [13] Павлова Е. Ю., Анисимов М. А., Дорожкина М. В., Питулько В. В. Следы древнего оледенения на о-ве Новая Сибирь (Новосибирские острова) и природные условия района в позднем неоплейстоцене // Лед и снег. 2010, № 2(110). С. 85—92.
- [14] Полякова Е. И., Кассенс Х., Штайн Р., Баух Х. Диатомеи сибирских морей Арктики как индикаторы постгляциальных изменений речного стока, ледово-гидрологического режима и седиментационных обстановок на шельфе // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития. М.: Изд-во МГУ, 2009. С. 427—447.
- [15] Романенко Ф. А., Михалев Д. В., Николаев В. И. Подземные льды на островах у берегов Таймыра // МГИ. 2001, вып. 91. С. 129—137.
- [16] Стрелецкая И. Д., Васильев А. А., Слагода Е. А., Опокина О. Л., Облогов Г. Е. Полигонально-жильные льды на острове Сибирякова (Карское море) // Вестн. МГУ. Сер. геогр. 2012, № 3. С. 57—63.
- [17] Тарасов П. Е., Андреев А. А., Романенко Ф. А., Суллержский Л. Д. Палио-стратиграфия верхнечетвертичных отложений острова Свердруп (Карское море) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1995. Т. 3, № 2. С. 98—104.

- [18] Шилова О. С. Голоценовые диатомеи болот Кольского полуострова и Северо-Восточной Карелии и их значение для палеогеографических исследований. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.25. М., 2008. 24 с.
- [19] Astakhov V. I. Pleistocene glaciations of northern Russia — a modern view // *Boreas*. 2013, vol. 42. P. 1—24.
- [20] Astakhov V., Nazarov D. Correlation of Upper Pleistocene sediments in northern West Siberia // *Quaternary Science Reviews*. 2010, vol. 29. P. 3615—3629.
- [21] Fedotov A. P., Phedorin M. A., Enushchenko I. V., Vershinin K. E., Melgunov M. S., Khodzher T. V. A reconstruction of the thawing of the permafrost during the last 170 years on the Taimyr Peninsula (East Siberia, Russia) // *Global and Planetary Change*. 2012, vol. 98—99. P. 139—152.
- [22] 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, vol. 57. Is. 3. P. 355—370.
- [23] Molodkov A. Cross-check of the dating results obtained by ESR and IR-OSL methods: Implication for the Pleistocene palaeoenvironmental reconstructions // *Quaternary Geochronology*. 2012, vol. 10. P. 188—194.
- [24] Weninger B., Joris O., Danzeglocke U. CalPal-2007. Cologne Radiocarbon Calibration & Palaeoclimate Research Package. 2008. <http://www.calpal.de/>

Сыктывкар
Санкт-Петербург
Таллинн, Эстония
gus-evgeny@yandex.ru
anikinanadya@mail.ru
arslanovkh@mail.ru
lanarowan@yandex.ru
luda_derevyanko@mail.ru
molodkov@gi.ee
musatova@mail.ru
rekant@mail.ru
galistpn@gmail.com

*ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга
**Центральная горно-геологическая лаборатория
***Санкт-Петербургский государственный университет
****Таллиннский технический университет

Поступило в редакцию
2 апреля 2013 г.