

## ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БУРЕНИЯ 66-МЕТРОВОЙ СКВАЖИНЫ НА ОСТРОВЕ САМОЙЛОВСКОМ В ДЕЛЬТЕ Р. ЛЕНЫ В 2018 Г.

<sup>1</sup>Большаинов Д.Ю., <sup>2</sup>Григорьев М.Н., <sup>2</sup>Максимов Г., <sup>3</sup>Штраус Й., <sup>3</sup>Шнайдер В., <sup>1,4</sup>Пушина З.В., <sup>5</sup>Молодьков А.Н., <sup>6</sup>Кукса К.А., <sup>6</sup>Петров А.Ю.

<sup>1</sup> ФГБУ «АНИИ», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова Сиб. отделения РАН, Якутск, Россия

<sup>3</sup> Институт полярных и морских исследований Альфреда Вегенера, Потсдам, Германия

<sup>4</sup> ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> Научно-исследовательская лаборатория геохронологии четвертичного периода «Geo-Age» г. Таллинн, Эстония

<sup>6</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

В работе приведены первичные данные анализа кернов 66-ти и 22-метровой скважин, пробуренных в 2018 г. на о. Самойловском в дельте р. Лены. Осадки в более глубокой скважине представлены тремя пачками отложений: верхним органо-минеральным переслаиванием (слоёнкой) до глубины 25,3 м; песками с двумя горизонтами размыва на глубине 26, 30-31 м и единичными гальками до глубины 52-53 м; нижними галечниками. Определение возраста осадков, геохимический и диатомовый анализы показали, что отложения формировались на протяжении почти 200 тысяч лет в водоёме эстуарного типа с периодическим проникновением в него морских вод. Отложений более мелкой скважины представлены аллювием, но также отмеченным влиянием моря.

Ключевые слова: дельта р. Лены, скважины, ИК-ОСЛ- и <sup>14</sup>C-датирование, геохимический и диатомовый анализы, возраст и условия накопления осадков

**Введение.** В рамках российско-германских исследований по проекту «Исследовательская станция «Остров Самойловский» 13-24 апреля 2018 г. проведено бурение двух скважин в разных по геологическому и геоморфологическому строению частях острова. Цели бурения: изучить геологическое и мерзлотное строение острова, достичь поверхности дочетвертичных пород, организовать наблюдения за температурным режимом многолетнемёрзлых пород, выявить границу подруслового талика и историю развития района дельты р. Лены в прошлом. Бурение осуществлялось буровым станком УРБ 2А2 на шасси КАМАЗ бригадой буровиков из ООО «Арктик-Бур» – малого инновационного предприятия при Северо-Восточном федеральном университете в составе: Острельдин С.К., Григорьев Б.В., Острельдин С.С. Извлечение, описание и упаковка керна в термобоксы производилось авторами в палатке, установленной в точках бурения. Бурение проводилось сухим способом с полным отбором керна мёрзлых пород, но с естественными потерями из-за трудностей бурения в мёрзлых грубообломочных породах в скважине №1. КERN разделён между участниками бурения и его исследование продолжается. Проведено описание керна скважины при извлечении из колонковой трубы, отобраны небольшие образцы из разных горизонтов скважин и выполнены следующие виды анализов: геохимический анализ и датирование части образцов органики радиоуглеродным методом в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных районов и Мирового океана им. В. Кёпшена СПбГУ, диатомовый анализ выполнен в АНИИ, датирование отложений методом ИК-ОСЛ проведено в Лаборатории четвертичной геохронологии Таллиннского технического университета (Эстония), температурные исследования в скважине и датирование радиоуглеродным методом части образцов выполнены Институтом мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

Остров Самойловский представляет собой небольшой (3,0x2,6 км) останец первой аллювиально-морской террасы, размойтой с западной стороны, к которой причленена

аккумулятивной песчаная форма, затапливаемая практически ежегодно в половодье и растущая из-за отложений наилка и древесных остатков (Рис. 1). Терраса высотой до 10 м сложена горизонтально переслаивающимися аллохтонными растительными остатками (зелёные мхи, осока, древесные остатки и детрит) с алевролитами и песками, доля которых в аккумулятивном слое террасы выше уреза воды составляет в целом не более 10%. В почти отвесных уступах размыва повторножильный лёд ежегодно вскрывается вследствие интенсивной термоэрозии.

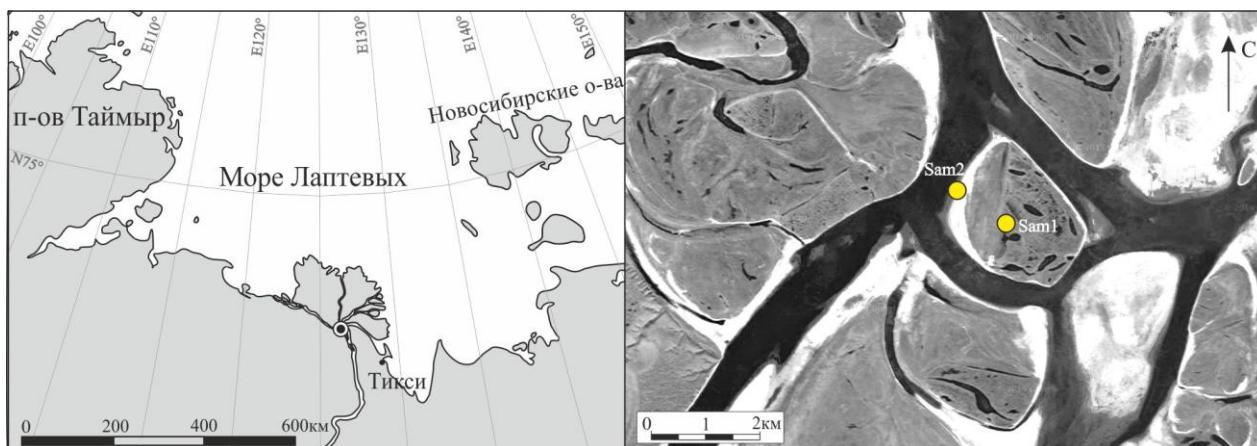


Рис. 1. Остров Самойловский в вершине дельты р. Лены с точками бурения скважин

Возраст надводной части слоёнки, определённый радиоуглеродным методом, от 500 до 3500 лет [Большаинов и др., 2013]. Возраст причленившихся с запад песков поймы около 500 лет [Большаинов и др., 2013]. Любой аэрофото- или космический снимок острова совершенно чётко указывает на то, что первая терраса была срезана с запада эрозионной деятельностью реки, а затем с запада же к эродированной части было прислонено аккумулятивное тело поймы. Эрозия и срез западной части острова происходили в совершенно других гидрологических условиях, когда сток реки осуществлялся с западной стороны, в отличие от современного направления течения - с востока. Имеющиеся до настоящего времени определения возраста слоёнки и песков о. Самойловского, свидетельствуют о том, что такие события в вершинной части дельты р. Лены могли происходить в интервале времени 2000-500 лет назад. Известно также, что отложения, слагающие остров, содержат свидетельства вторжения в вершину дельты морских или солоноватых вод в прошлом, что показал керн 26-ти метровой скважины, пробуренной в 2005 г. в районе построенной в 2012 г. новой станции. Та первая скважина, оборудованная термокосомами, показывает потепление мерзлоты в течение периода измерений температур мёрзлых пород с 2007 по 2019 гг., но в условиях техногенного влияния – над скважиной ежегодно формируется сугроб толщиной до 3 м в результате действия построек станции на режим снегонакопления. Поэтому было решено пробурить новую скважину глубиной до 100 м в естественных условиях, чтобы выявить температурный режим более глубоко залегающих горных пород и, возможно, добуриться до пород фундамента, который в этой части дельты залегает неглубоко [Геологическая карта России, 2004; Большаинов и др., 2013].

**Фактический материал.** Скважина № 1 пробурена на первой террасе, недалеко от её бровки, в западной части острова (Рис. 2). Скважина вскрыла следующие осадки сверху – вниз.

0-4,05 м – песчаный алевролит с обломками и кусочками древесины. Ледяные шпирьы расположены под углом друг к другу, льда до 50%. В нижней части пачки целые ветки кустарников, залегающие навстречу друг – другу в отложениях со слоистостью типа ёлочки.

4,05-20,75 м – слоёнка или переслаивание мелкого растительного детрита в слоях с алевритовым песком, слоистость горизонтальная, внизу линзовидная и типа ёлочки со слоями, падающими навстречу друг другу.

20,75-22,3 м песок с обломками древесины (сучки, стволы диаметром до 4,5 см).

22,3 – 25,3 – горизонтально-слоистая слоёнка.

25,3-26,0 – песчаный алеврит с горизонтальными слоями по 0,3 – 1 см. Нижний контакт неровный, вероятно граница размыва.

26,0 – 30,0 пески разнозернистые, желтовато-серые с большим количеством льда (до 40%), который часто присутствует в виде вертикальных жилок (полосатик). Нижний контакт – граница размыва и она в керне почти вертикальная – граница между песками и алевритами до глубины около 30,9 м. Алевритов вскрыто около 0,5 м.

30,0 – 40,5 м – песок разнозернистый с линзами древесных окатышей и мелкими гальками, встречаются прослойки песчаного алеврита, слоистость наклонная и горизонтальная.

40,5-65,35 м переслаивание песков и галечников, с глубиной количество галек увеличивается. Слоистость видна лишь в нескольких кусках керна, а обычно отобранный осадок вываливается из колонковой трубы. Но слоистость осадка чувствуется по проходке – длительное разбуривание галечников сменяется коротким быстрым углублением трубы в песках, менее насыщенных гальками. Гальки окатаны преимущественно хорошо, их размер средний и мелкий, крупные гальки единичны. Бурение завершилось на этой глубине вследствие примерзания бурового снаряда. Удалось извлечь всю колонну буровых штанг и тем самым спасти скважину для геофизических исследований.

Таким образом, скважина вскрыла верхние толщии органо-минерального переслаивания (слоёнка) до глубины 25,3 м; пески с двумя горизонтами размыва на глубине 26 и 30-31 м и единичными гальками до глубины 52-53 м; переслаивание галечников и песков, в которых преобладает галечник.

Скважина № 2 пробурена в северной части острова на нижней части поймы, которая заливается водами реки в течение большей части года (см. рис.2).

Под метровым слоем снега и речного льда вскрываются переслаивающиеся кварцевые пески и алевритовые пески, в которых содержатся растительные остатки. Слоистость горизонтальная и волнистая, только на глубине 2,6-2,8 м – наклонная и косая. До глубины 22 м растительные остатки в прослоях редки, а на глубине 22-23,8 их много – примерно пополам с песком и алевритом. Здесь есть ветки кустарников и окатанная древесина. Талик вскрыт с глубины до 21 м и пройден с отбором керна до 23,8 м. Далее бурение производилось только штангами для достижения нижней границы талика, в которую штанги упёрлись на глубине 29 м.

По данным количественного рентгено-фазового анализа (табл.1) основными компонентами осадков скважины о. Самойловского являются кварц и полевые шпаты; хлорит и слюда присутствуют в подчиненных количествах. Максимальные содержания двух последних минералов наблюдаются в образцах, по литологическому составу соответствующих глинам.

Результаты количественного рентгено-флуоресцентного анализа показывают, что основными компонентами осадка являются окислы кремния и алюминия, в значительно меньших количествах присутствуют железо, кальций, титан, марганец, магний и калий.

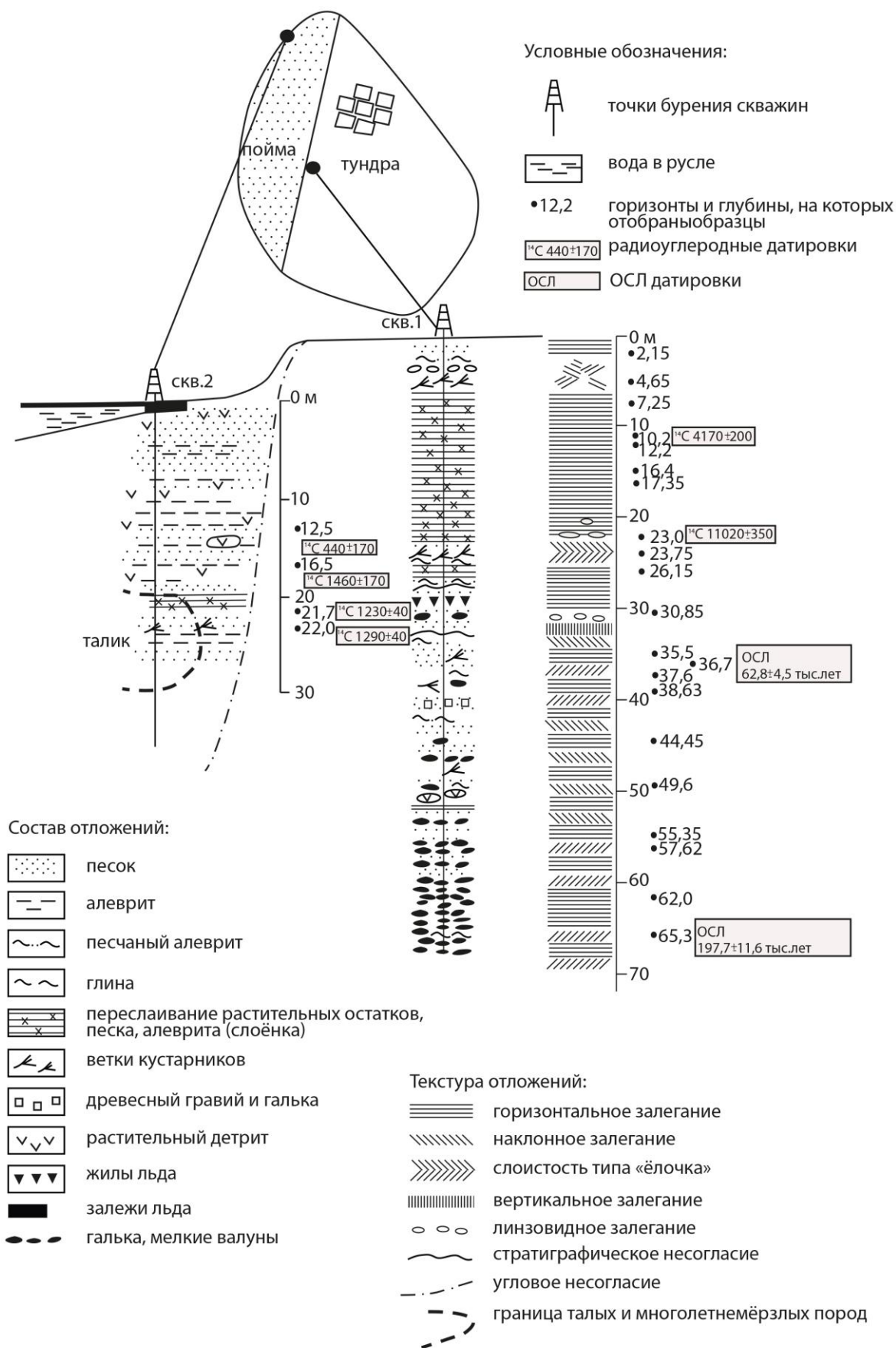


Рис. 2. Строение о. Самойловского по данным бурения двух скважин в 2018 г.

Таблица 1. Количественный фазовый состав отдельных образцов скважины о. Самойловского (вес. %) по данным полнопрофильного анализа методом Ритвельда\*

Глубина (м)	23,75	26,15	35,5	44,45	55,35
Кварц	44,4	66,1	85,0	58,9	77,7
Плагиоклаз	23,4	17,0	6,2	23,2	11,3
Микроклин	9,2	8,4	4,1	9,7	7,3
Слюда	10,4	7,0	4,1	4,1	< 1
Хлорит	10,0	1,5	следы	4,1	2,7
Тальк	1,7	—	—	—	—
Амфибол	< 1	следы	—	следы	—
Rp (%)**	4,7	7,3	9,6	6,8	7,3

\* - анализ выполнен в РЦ Рентгенодифракционные методы исследования, Научный парк СПбГУ;

Анализ распределения микроэлементов (табл. 2) показал, что Fe, Mn, Ti, Mg, K, Al проявляют между собой линейную положительную взаимосвязь и отрицательную с Si, что, по всей вероятности, обусловлено изменением пропорций основных слагающих пробы минералов. В этой связи использование вариаций данных элементов по разрезу в качестве показателя поступления морской воды в осадочный бассейн малоинформативно. Более эффективным оказались нормированные на содержание  $Al_2O_3$  концентрации стронция (Din 1992; Van der Weijden 2002), поскольку данный геохимический показатель лишен влияния литологического фактора.

Таблица 2. Содержания микроэлементов в исследованных образцах по данным рентгено-флуоресцентного анализа. Содержания всех компонентов приведены в г/т

№обр	H, м	Ti	Fe	Mn	Sr	Ca	S	Br
Скважина на о.Самойловском								
1	2,15	6740	31834	619	236	9387	1851	190
3	4,65	7760	34816	495	275	12075	2994	200
9	16,4	6804	27165	427	284	11054	1445	-
13	23,75	6349	29268	528	278	11316	2771	190
15	26,15	5827	17468	377	314	7783	943	-
21	35,5	1363	7194	151	200	3326	916	-
22	37,6	1799	7663	112	285	4836	842	-
23	38,63	3031	12184	177	340	6939	935	-
26	44,45	3294	13510	365	325	7337	1322	-
28	49,6	6811	31556	861	246	11018	2696	-
31	55,35	2281	11690	304	214	5213	1121	-
33	57,62	3806	23431	575	200	8536	1071	-
38	65,3	3964	20008	453	277	10501	1514	-

\* - прочерк означает содержание элемента ниже предела обнаружения

Как видно из рисунка 3 он проявляет отчетливые отрицательные аномалии в районе глубин 2 м (проба №1), 4,6 м (№3), 23,7 м (№13) и 49,6 м (№28). Более того, к данным горизонтам приурочены максимальные концентрации брома и серы, являющихся существенными компонентами именно морских вод. В данных пробах были зафиксированы также различимые сигналы присутствия хлора.

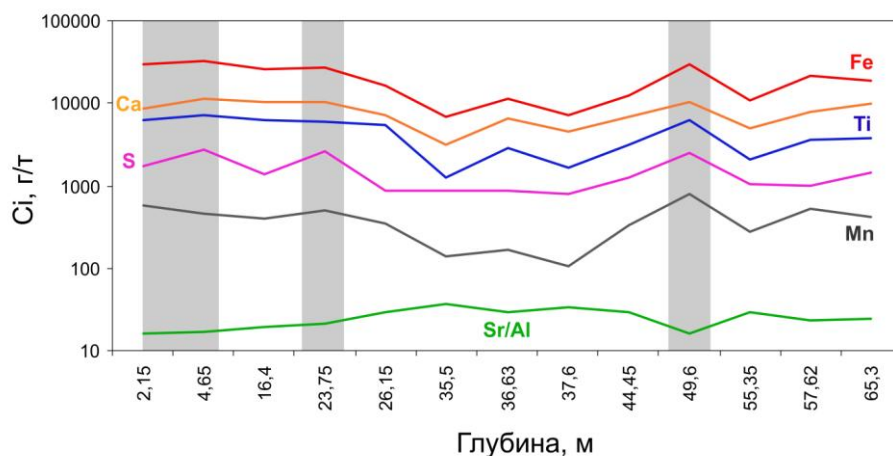


Рис. 3. Вариации элементов по разрезу скважины на о. Самойловском. Серым цветом выделены горизонты с аномалиями содержаний S, Cl, Br и Sr/Al

В 18 образцах из скважины 1 глубиной 66 м на острове Самойловском и 1 образце из скважины 2 были изучены ископаемые диатомовые водоросли.

В отложениях интервала 57,6-65,3 м скважины 1 были обнаружены единичные обломки и створки морских планктонных диатомей *Thalassiosira gravida* и *T. sp.*

В отложениях интервала 30,85-55,4 м никаких микрофоссилий не установлено.

Единичные пресноводные бентосные диатомовые водоросли обнаружены в горизонте на глубине 26,15 м. Они представлены преимущественно донными северными видами *Cavinula pseudoscutiformis*, *Amphora proteus*, *Stauroneis phoenicenteron* и другими.

На глубине 23,75 м обнаружена всего одна створка планктонной диатомеи рода *Aulacoseira*.

На глубине 17,35 м установлены единичные пресноводные водоросли (единичные болотные виды *Eunotia minor*), а также единичные цисты золотистых водорослей.

С глубины 16,4 м до 4,65 м обнаружены богатые пресноводные диатомовые комплексы.

В диатомовом комплексе на глубине 16,4 м установлено 46 видов диатомей и цисты золотистых водорослей. Численно доминируют пресноводные *Staurosirella pinnata* (20% от всего состава комплекса), ей сопутствуют и заметны *Staurosira venter* (8%), галофил *Sellaphora pupula* (6%), ацидофильные виды *Eunotia bilunaris* (5%), *E. minor* (5%), *Eyonema pausistriata* (4%), планктонные виды *Aulacoseira subarctica* (4%) и *Ulnaria acus* (3%), *Cumatopleura solea* (3%). По отношению к солености: пресноводные – 93,7% (в их числе все численно преобладающие виды), следует отметить в числе пресноводных галофила *Sellaphora pupula* (6%), пресноводно-солонатоводные - 6,3% (*Navicula cryptocephala* - 2%, *Tryblionella levidensis* – 1%, *Meridion circulare* – 1% и др.). Все перечисленные пресноводно-солонатоводные диатомеи встречены только в этом горизонте, выше по разрезу они отсутствуют в диатомовых комплексах. По отношению к реакции воды pH: алкалифилы - 56,4% (преобладающие виды *Staurosirella pinnata*, *Staurosira venter*, алкалибионт *Gyrosigma acuminatum* и другие), индифференты - 29,3%, ацидофилы – 14,3%.

На глубинах 7,27-12,2 м количество диатомей заметно снижается также как разнообразие видов, но их количество и сохранность створок позволяет заключить, что диатомеи отлагались *in situ*. В диатомовых комплексах преобладают пресноводные бентосные *Ulnaria ulna*, ацидофильные *Eunotia bilunaris*, *E. minor* и другие.

На глубине 4,65 м также установлен богатый пресноводный диатомовый комплекс, отличающийся от диатомового комплекса на глубине 16,4 м. В нем установлено 34 вида водорослей. Преобладают ацидофильные болотные виды рода *Eunotia* (43%: *Eunotia bilunaris* (25%), *E. faba* (8%), *E. bilunaris* var. *mucophyla* (5%), *E. minor* (2%) и другие), им



сопутствуют *Encyonema pausistriata* (9%) и другие. По отношению к солености: пресноводные – практически 100% (в их числе все численно преобладающие виды), единично присутствует галофил *Sellaphora pupula* (1%), пресноводно-солонатоводных водорослей не обнаружено. По отношению к реакции воды pH: алкафилы - 48,7% (*Staurosirella pinnata* и другие), индифференты - 5,3%, ацидофилы (все виды рода *Eunotia* – 46%, *Pinnularia subcapitata* (3%) и другие). Количество алкарифильных и ацидофильных видов приблизительно в равных долях.

На глубине 2,15 м установлены единичные пресноводные бентосные диатомовые водоросли и цисты золотистых водорослей.

В одном образце скважины №2 с глубины 23,3 м установлен богатый пресноводный диатомовый комплекс, состоящий из 41 вида диатомей и цист золотистых водорослей. Как и в образце из скважины 1 с глубины 16,4 м численно доминируют пресноводные *Staurosirella pinnata* (20% от всего состава комплекса), ей сопутствуют и заметны планктонные виды *Aulacoseira ambigua* (13%), вид-образователь *Achnantheidium minutissimum* (11%) и другие. По отношению к солености: пресноводные – 99% (в их числе все численно преобладающие виды), пресноводно-солонатоводные - 1% (*Meridion circulare* – 1%). По отношению к реакции воды pH: алкарифилы - 76,4% (преобладающие виды *Staurosirella pinnata*, а также *Staurosira venter*, *Gomphonema acuminatum* и другие), индифференты - 17,2%, ацидофилы – 6,4%. В скважине 2 на глубине 23,3 м в отложениях установлен пресноводный диатомовый комплекс со смешанным видовым составом, развивавшийся в щелочном мелководном водоеме, в достаточно холодноводных условиях, но с проникновением морских вод (один солонатоводный вид и преобладание видов алкарифил).

**Выводы.** В обеих скважинах вскрыты осадки, откладывавшиеся в водоёме, скорее всего эстуарного типа с периодическим проникновением в него морских вод. Естественно, водоём был преимущественно пресноводным, т.к. речные воды в нём доминировали. Имеющиеся результаты позволяют нам считать, что проникновение морских вод в эстуарий могло иметь место во время отложения осадков в скважине №1 на глубинах: 65,3 - 57,6 м; 49,6 м; 23,75 м; 16,4; 4,65 м, 2,15 м. Проникновение морских вод зафиксировано и в скважине №2 на глубине 23,3 м. Вся вскрытая мощность аллювия в скважине 2 активно перемывалась в последнем тысячелетии. Песчаное тело поймы, прислонённое к останцу первой террасы о. Самойловского имеет возраст 440-500 лет. Это означает, что срез острова с западной стороны при совершенно другой картине распределения течений в вершине дельты р.Лены, имел место в период 1200-500 лет назад.

Исследования финансировались Институтом полярных и морских исследований Альфреда Вегенера и грантом РФФИ 18-05-70091 «Оценка темпов разрушения арктических берегов, объёмов терригенного материала и органического углерода, поступающих в арктический бассейн».

## ЛИТЕРАТУРА

Большаинов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штофф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб: АНИИ, 2013. 267 с.

Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1:2 500 000. СПб: ВСЕГЕ, 2004.

**PRIMARY RESULTS OF THE 66-METERS BOREHOLE DRILLING AT SAMOYLOV ISLAND IN THE LENA RIVER DELTA**

<sup>1</sup>*Bolshiyarov D.*, <sup>2</sup>*Grigoriev M.*, <sup>2</sup>*Maksimov G.*, <sup>3</sup>*Straus J.*, <sup>3</sup>*Schneider W.*, <sup>1,4</sup>*Pushina Z.*,  
<sup>5</sup>*Molodkov A.*, <sup>6</sup>*Kuksa K.*, <sup>6</sup>*Petrov A.*

<sup>1</sup> Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Permafrost Institute, Yakutsk, Russia

<sup>3</sup> Alfred-Wegener-Institute Helmholtz-Zentrum for Polar and Marine Investigation,  
Potsdam, Germany

<sup>4</sup> VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg, Russia

<sup>5</sup> Laboratory of Quaternary geochronology «Geo-Age», Tallinn, Estonia

<sup>6</sup> St Petersburg University, St. Petersburg, Russia

In this article the primary data from two boreholes drilled up to 66 and 22 m on Samoylov Island are discussed. Sediments from the first one borehole are represented by 3 beds: layering of organic matter, silt and sand up to 23,3 m; sands with 2 horizons of disconformity on depth of 26 and 30-31 m; pebbles. IR-OSL and <sup>14</sup>C dating, chemical and diatom analysis demonstrate that sedimentation took place during the period of nearly 200 thousand years in estuary basins with periodical penetration of sea waters. Sediments of the 22-meters borehole consist of alluvium, but with influence of sea waters too.

Keywords: *Lena River Delta, boreholes, IR-OSL and <sup>14</sup>C dating, geochemical and diatom analysis, age and conditions of sedimentation*