

УДК 551.351

ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛИТОГЕНЕЗА В ГУБЕ БУОР-ХАЯ

© 2020 г. А. С. Ульянов^{1, *}, С. Ю. Братская^{2, **}, О. В. Дударев^{3, 4, ***},
И. П. Семилетов^{3, 4}, Е. А. Романкевич¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия

³Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

⁴Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

*e-mail: uleg85@gmail.com

**e-mail: s.bratskaya@gmail.com

***e-mail: dudarev@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 20.10.2019 г.

После доработки 20.10.2019 г.

Принята к публикации 16.12.2019 г.

В статье рассмотрены общие литолого-геохимические характеристики субаквальных многолетне-мерзлых и талых донных отложений из трех скважин, пробуренных в губе Буор-Хая. По литологическим, органо-химическим и микроскопическим данным показаны пространственные различия в осадконакоплении и эволюции осадочной толщи, связанные с динамикой речного стока, процессов криогенеза, абразии берегов и ледовой деятельности в исследуемой части моря Лаптевых. Выявлено широкое разнообразие вещественно-генетических типов отложений, основная масса которых представлена аллювиальными песками. В толщах осадков обнаружено большое количество растительных остатков, вносящих основной вклад в общий пул органического углерода. Полученные данные указывают на выраженный полигенный характер исследованных отложений с заметным доминированием аллювиальной поставки осадочного материала, накопление которого происходило в чередующихся обстановках прибрежного арктического морфолитогенеза.

Ключевые слова: Арктика, прибрежная зона, донные отложения, подводная мерзлота, колонковое бурение, органический углерод, морфолитогенез

DOI: 10.31857/S0030157420030119

ВВЕДЕНИЕ

Современные быстрые изменения среды арктического шельфа усиливают внимание к исследованию этой сложной природной системы в условиях таяния подводных многолетнемерзлых пород и отложений ледового комплекса, разрушения газовых гидратов, дегазации дна, береговой термоэрозии, мобилизации древнего органического углерода и ацидификации вод [2–5, 7, 9, 19, 20, 22, 24, 31–36, 42–46]. Геолого-геоморфологические обстановки четвертичного осадконакопления и формирования рельефа дна на арктическом шельфе значительно изменялись в пространственно-временном масштабе, в результате чего формировались различные морфоструктуры и фации [например, 6, 9–10, 21, 41]. Регрессия моря в условиях сурового климата восточной части арктического бассейна обусловили длительное многолетнее промерзание экспонированного шельфа и формирование специфического мерзлотного

ландшафта [6, 9, 11, 21, 41]. Целью работы является характеристика морфолитогенеза губы Буор-Хая на основе сравнения литолого-геохимического состава субаквальных многолетнемерзлых и талых отложений мелководного шельфа моря Лаптевых, уточнение их генезиса и условий формирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материал для исследования был получен в 2014–2015 гг. в ходе комплексных полярно-ледовых экспедициях в губе Буор-Хая [12–15]. В работе были использованы пробы донных осадков и многолетнемерзлых отложений из трех скважин, пробуренных с припайного льда в Ивашкиной лагуне полуострова Быковский (1D-14, глубина воды 3.1 м; глубина скважины 38.2 м), вблизи северного мыса о. Муостах (3D-14, глубина воды 2.7 м; глубина скважины 17.5 м) и севернее о. Муостах (1D-15, глубина воды 9.8 м; глубина скважины 33.2 м) (рис. 1). Литологические описания

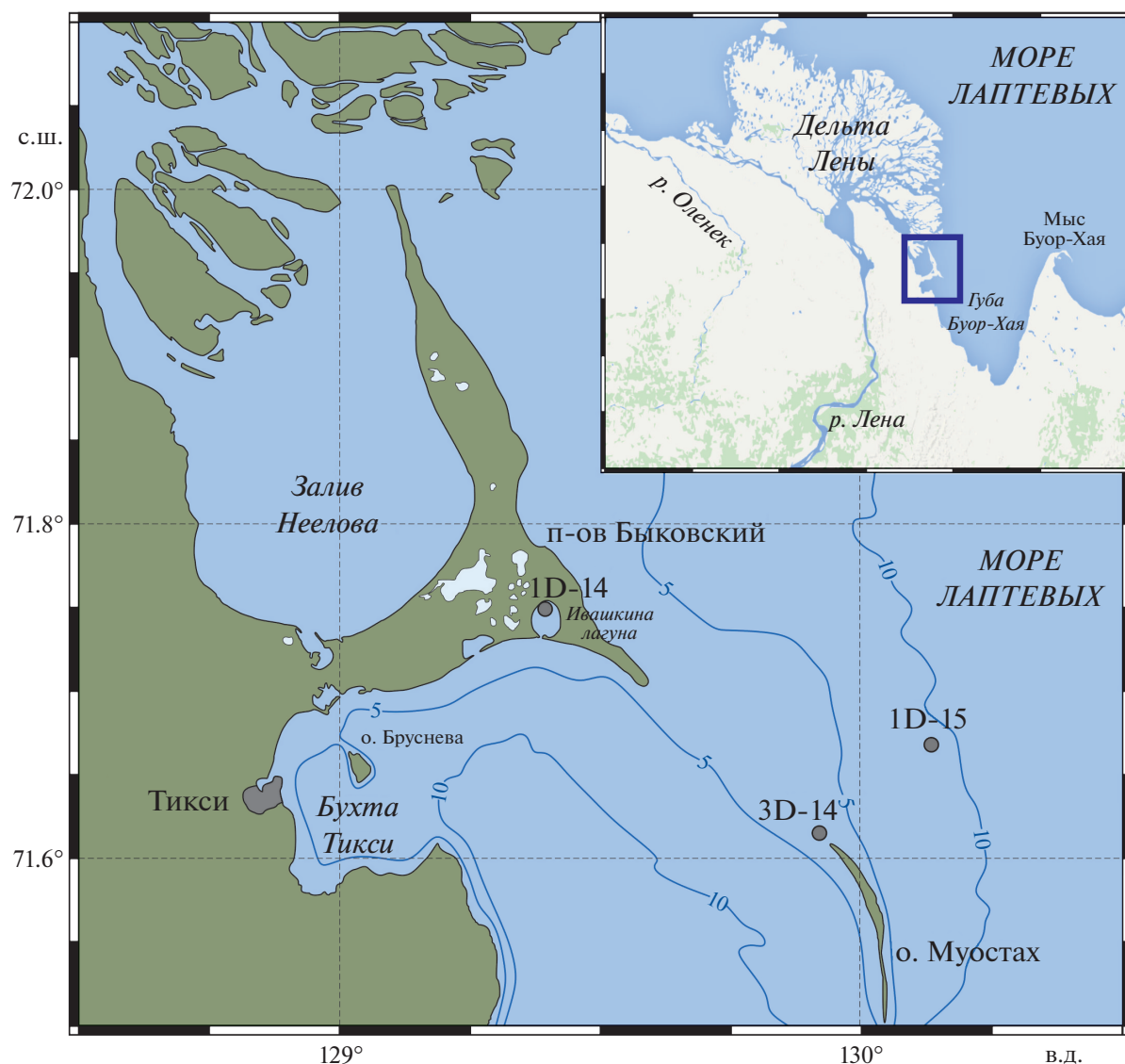


Рис. 1. Карта-схема расположения пробуренных скважин.

кернов бурения производилось в полевых условиях. Микроскопические исследования были выполнены на стереомикроскопе Leica DVM6, предоставленном испытательной лабораторией ООО “Синеркон” (г. Москва). Концентрацию органического углерода ($C_{орг}$) определяли методом высокотемпературного сжигания на элементном анализаторе EuroVector-EA3000 [16]. Отношение C/N рассчитывалось как отношение массы $C_{орг}$ к массе общего азота ($N_{общ}$). Определение гранулометрического состава проведено методом лазерной дифракции на анализаторе частиц Mastersizer 2000 [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современный рельеф и береговая зона Быковского полуострова и губы Буор-Хая сформированы в результате термоэрозии и термокарста при трансгрессии моря [18, 22, 25, 28–30, 37]. Отложения Ивашкиной лагуны, вскрытые скважиной 1D-14, отличаются от других буровых профилей наибольшим разнообразием вещественно-генетических типов осадков (рис. 2). Формирование лагуны предположительно началось на границе голоцена и плейстоцена и является следствием таяния высокольдистых отложений ледового комплекса и проседания толщ (ледовый термокарст) [23, 26].

Рис. 2. Литолого-геохимическая характеристика скважины 1D-14. (а) — описание; (б) — содержание гранулометрических фракций; (в) — содержание влаги; (г) — концентрация органического углерода; (д) — карбонатность; (е) — C/N отношение.

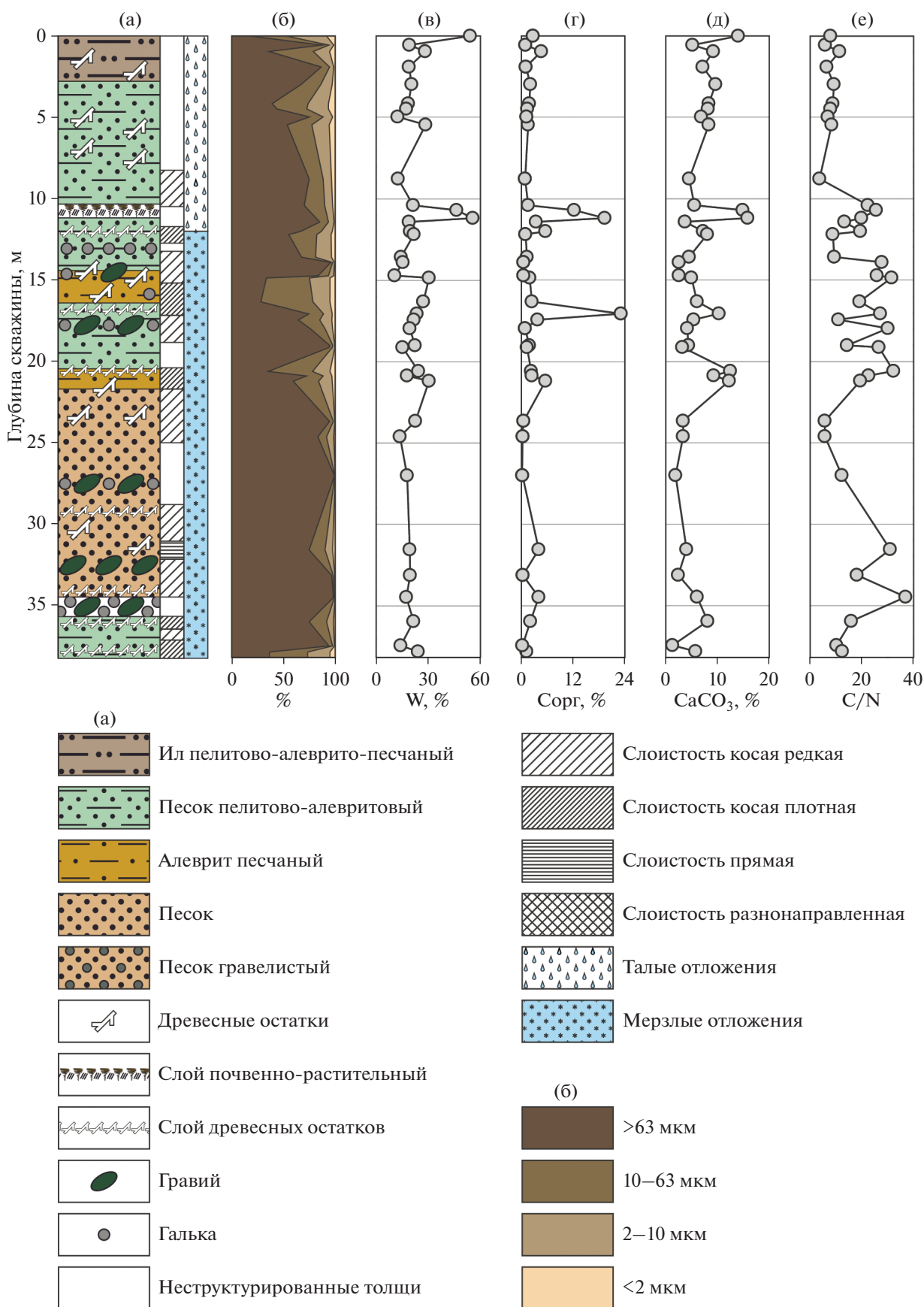




Рис. 3. Фотографии кернов из скважины 1D-14. (а, б) — фрагменты ферментированных мхов; (в) — шлировая криотекстура мерзлых отложений; (г) — гравийно-галечный слой; (д, е) — тонкослоистая наклонная структура (темные слои представлены древесными остатками).

Основная масса осадков представлена крупно- и среднезернистыми песками кварцевого и аркозового состава. Отложения характеризуются высокой слоистостью, выраженной литолого-морфологической дифференциацией, наличием градационных (флишевых) структур. По всей длине бурового профиля встречаются включения остатков древесины, отдельных веточек, корней, мхов и торфа (рис. 3). В мощных песчаных толщах встречается рассеянный гравийно-галечный материал («пудинговые» включения), что отражает вынос льдов и разгрузку грубообломочного материала. Тонко стратифицированные слои переходят в бесструктурные сегменты с включениями гальки и растительных остатков. Наличие градационных структур от миллиметров до дециметров, присутствие древесных остатков в виде отдельных фрагментов и слоев в совокупности отража-

ют цикличность процессов осадконакопления, среди которых доминировал речной сток.

Первые 3 м колонки 1D-14 представлены илом темно-серого цвета со значительной примесью песчано-алевритового материала и включениями гидротроилита, местами со специфичным запахом сероводорода. Ниже залегают более плотные алеврито-пелитовые пески с единичными включениями древесных остатков. В интервале 8–10 м обнаружены деформированные таберальные образования, характеризующие деградацию сингенетических криогенных отложений [9]. Первые 10 м профиля 1D-14 большей частью сложены переложением термоабразионным материалом и остатками отложений верхнеплейстоценового ледового комплекса. Сегмент 10.4–11 м представлен частично ферментированными, сильно увлажненными мхами со специфичным запахом гни-

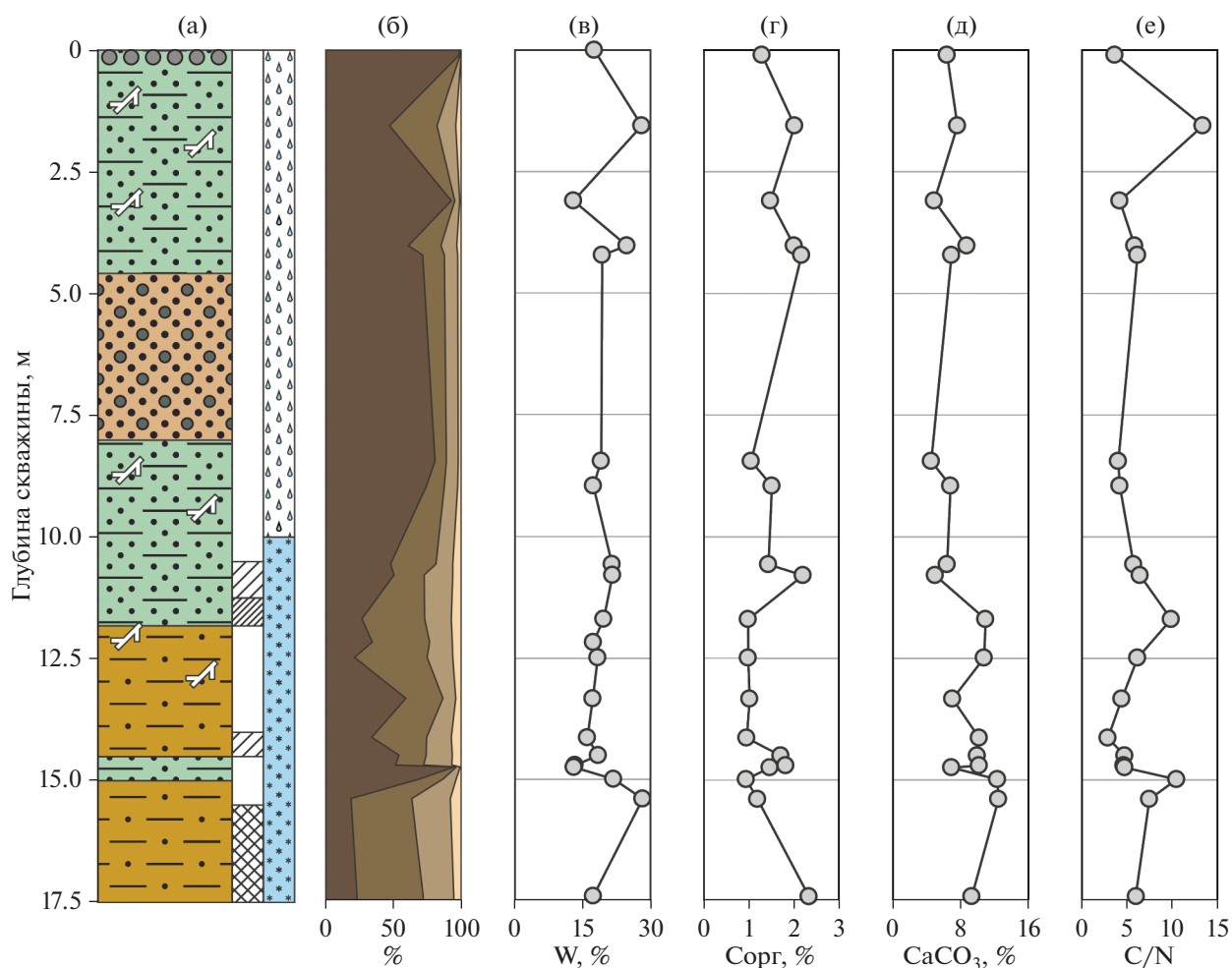


Рис. 4. Литолого-геохимическая характеристика скважины 3D-14. Условные обозначения см. рис. 2.

ния. Цвет мха изменяется от зеленого до темно-коричневого. Этот слой маркирует переход в суб-аэральные условия. Необходимо отметить концентрирование минеральных солей в этом слое. Располагаясь непосредственно над кровлей мерзлоты, этот слой выступает в качестве концентратора водорастворимых солей, которые мигрируют к границе мерзлоты при просачивании морской воды, усиливая солевой эффект талассогенного таяния многолетнемерзлых пород [14].

Мерзлая часть колонки 1D-14, которая начинается с глубины скважины 12 м, отличается сохранностью начальных литолого-морфологических и криогенных структурно-текстурных характеристик (эпикриогенные отложения). Наклонная слоистость отложений имеет естественный характер и свидетельствует о динамичной потоковой среде осадконакопления. Среди слоистых горизонтов встречаются нестратифицированные отложения с высоким содержанием песка (более 90% по массе), обедненные органическим веществом ($C_{org} < 0.1\%$). Чередование стратифицированных песков с бесструктурными слоями отра-

жает динамичную смену доминирующих потоков, основным среди которых был аллювиальный. Участие ледовых и склоновых потоков подтверждается “пудинговыми” включениями окатанного гравийно-галечного материала.

Сегмент 12–22 м представлен пелито-алевритовыми песками и алевритами, среди которых выделяются отдельные слои древесных остатков. Древесные остатки мерзлой части колонки 1D-14 встречаются в виде отдельных слоев и в прослоях с песком. Ниже располагается песчаный слой (22–34 м) с бесструктурным сегментом (25–28 м), в котором локализован слой гравийно-галечного материала. На горизонте 31.5 м обнаружены глинистые окатыши темно-серого цвета. Интервал 34.7–35.8 м представлен слоем гравийно-галечного материала различной окатанности, происхождение которого можно связать с мощной ледовой разгрузкой, оползнем, вызванным денудацией или деградацией мерзлых пород.

Скважина 3D-14 также вскрыла талую и мерзлую толщи (рис. 4). Остров Муостах, расположенный юго-восточнее полуострова Быковский,

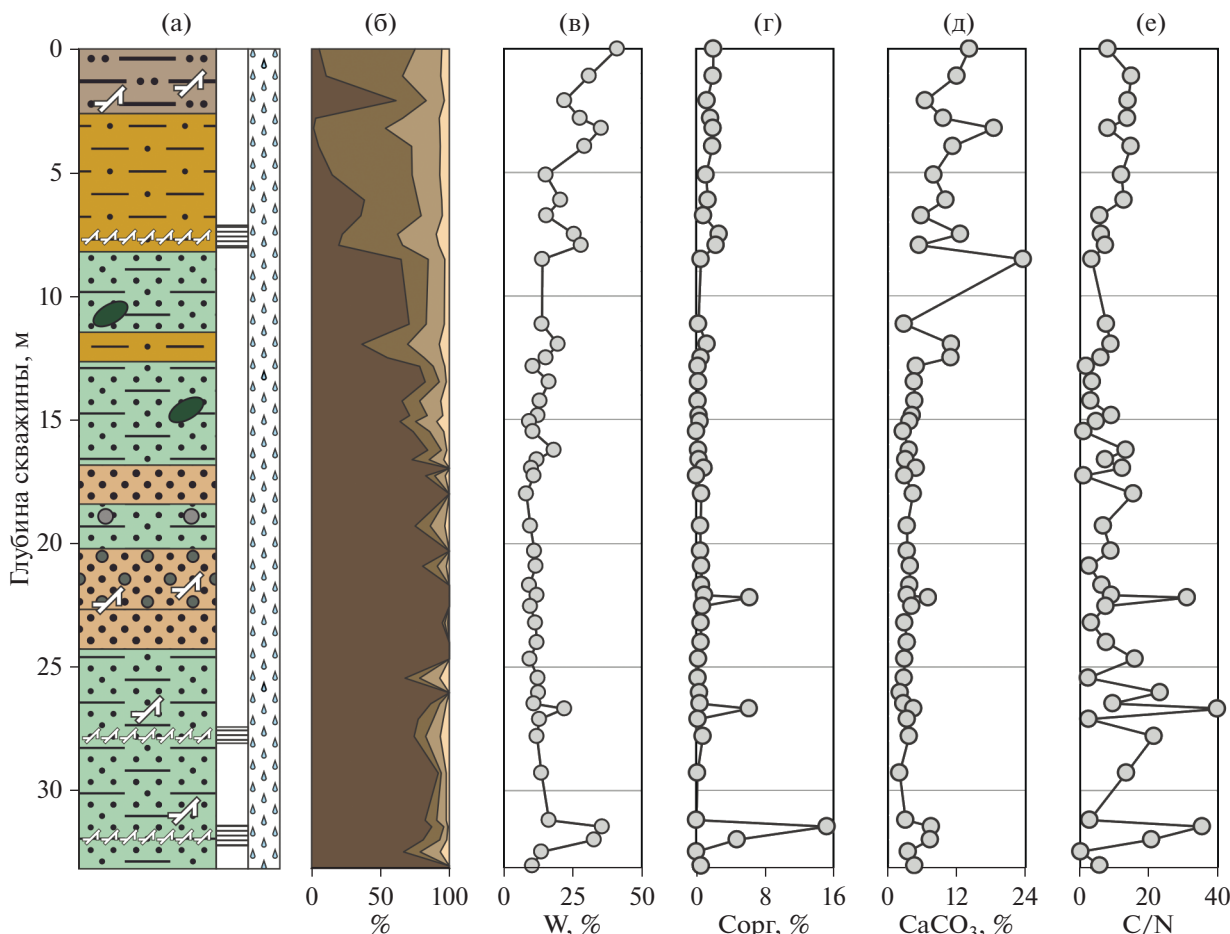


Рис. 5. Литолого-геохимическая характеристика скважины 1D-15. Условные обозначения см. рис. 2.

является исчезающим останцем той же равнины и состоит преимущественно из отложений ледового комплекса позднеплейстоценового возраста [20, 28]. Верхний 10-сантиметровый слой колонки представлен мелким, хорошо сортированным гравием, скорее всего поступившим в результате абразионного сноса с о. Муостах или таяния сезонного льда. Ниже встречаются пески с гравелистыми включениями, большой долей алеврита, редкими включениями одиночных древесных остатков. Отложения скважины 3D-14 характеризуются меньшим содержанием песка и гравийных включений при невыраженной слоистости или ее отсутствии. Первые 10 м талых отложений сложены однородными песками средней и крупной зернистости. Сегмент 5–8 м представлен песком темно-коричневого цвета, обогащенным гравийным материалом. В области кровли мерзлоты встречаются таберальные и криотурбированные образования. Ниже 12 м массовая доля песков снижается, в интервале 14,5–15 м залегает слой песка с включениями большого количества окатанного гравия. Залегаящая глубже слоистая структура маркирует отложение осадочного ма-

териала, принесенного речным стоком, впоследствии перешедшего в многолетнемерзлое состояние (эпикриогенез). Разнонаправленность слоев обусловлена криотурбацией отложений при промерзании/оттаивании толщи. Невыраженная слоистость отложений, а также редкие включения галечного материала и древесных остатков отражают незначительный вклад речного и ледового стока в накопление отложений вблизи северной оконечности о. Муостах. Тем не менее, на фоне относительно низких по сравнению с двумя другими скважинами значений C_{org} , его генезис в основном терригенный.

Скважина 1D-15 вскрыла талую толщу песчаных отложений (рис. 5). Верхний сегмент (2,5 м) представлен увлажненными илаи и заиленными песками темно-серого цвета с редкими включениями фрагментов древесины. Ниже залегают плотные алевриты с различным содержанием пелита и песка. В стратифицированном сегменте 7–8 м залегает плотный слой мелких древесных остатков. Глубже 8 м до конца колонки залегают пелито-алевритовые пески с несколькими выраженными слоями органических остатков. Эти

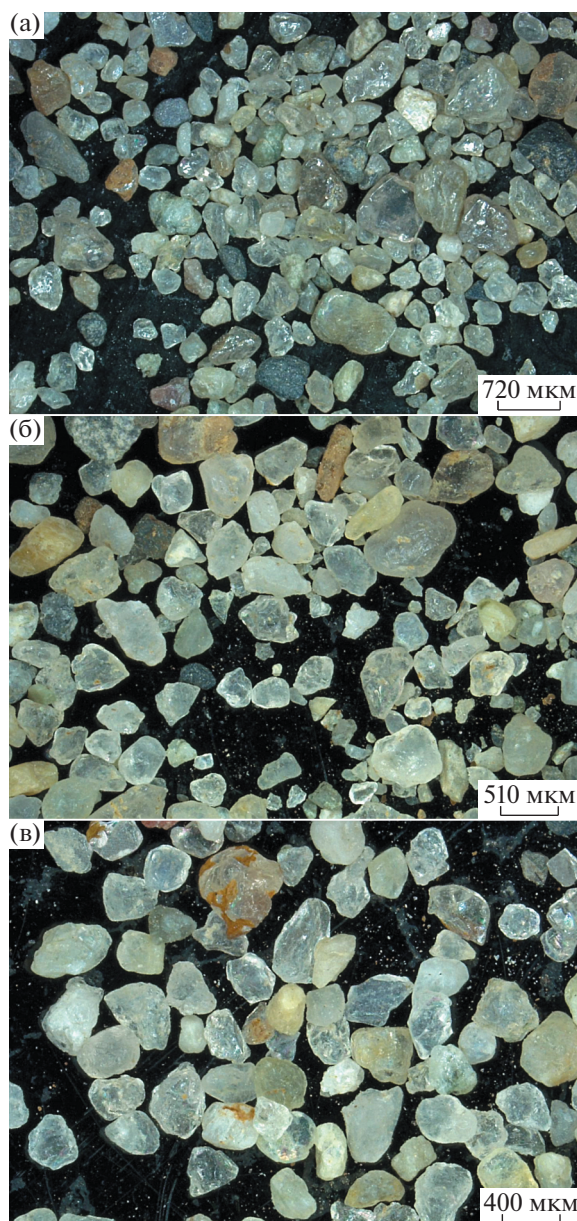


Рис. 6. Микрофотографии песчаных частиц (скважина 1D-14). (а) – горизонт 2460 см; (б) – горизонт 2701 см; (в) – горизонт 3745 см.

слои характеризуются высокими концентрациями $C_{\text{орг}}$ и, вероятно, маркируют флювиальный вынос растительных остатков. Редкие “пудинговые” включения гравийно-галечного материала приурочены к песчаным толщам и маркируют вклад ледовых потоков в осадконакопление. Слоистость отложений колонки 1D-15 в большинстве случаев невыраженная ввиду таяния и изменения первоначальной текстуры.

Микроскопические исследования минеральных зерен (рис. 6) и растительных остатков (рис. 7) показали обломочную природу крупно- и среднезернистых песков, основная масса кото-

рых представлена угловатыми зернами кварца. В ряде нестратифицированных горизонтов обнаружены хорошо окатанные сферические частицы, сформировавшиеся в результате истирания. На снимках фрагментов мха (рис. 7а) отчетливо видны кристаллы морской соли. Слой мха, обнаруженный в скважине 1D-14, залегает непосредственно над кровлей мерзлоты, а ионный состав поровой воды соответствует максимальной солености среди исследованных проб [14]. Концентрированию морской соли способствуют высокая влагоемкость мхов, а также термодиффузия. Древесные остатки достигают нескольких сантимет-

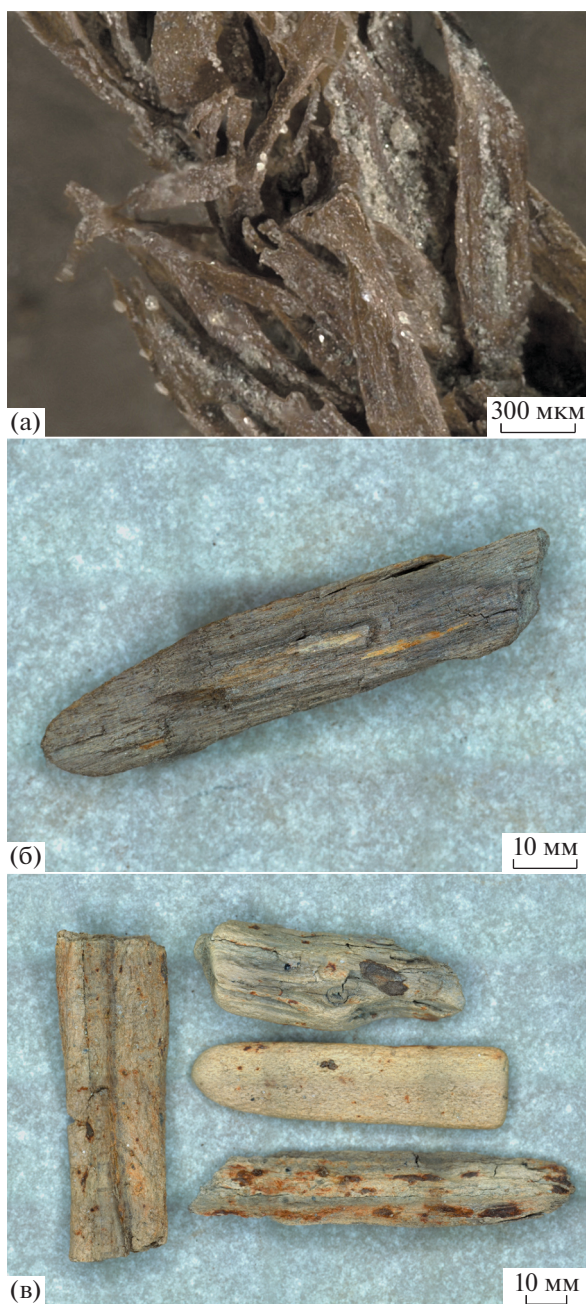


Рис. 7. Микрофотографии древесных остатков и мхов (скважина 1D-14). (а) — горизонт 1070 см; (б) — горизонт 1901 см; (в) — горизонт 1914 см.

ров в длину, в большинстве случаев они хорошо окатаны вследствие истирания при речном переносе. Радиоуглеродный возраст этих остатков в большинстве случаев выходит за верхний предел определения, что является следствием их переотложения. Кроме того, в районе дельты Лены часто наблюдается инверсия стратиграфии ледового комплекса и едомной свиты, что отражает сложную совокупность природных обстановок, в которых переотложение осадочного материала играло значительную роль [1].

Измеренные концентрации $C_{\text{орг}}$ для различных гранулометрических разностей и общая средняя величина $C_{\text{орг}}$ характерны для Ивашкиной лагуны и отложений арктической едомной свиты, формировавшейся в условиях позднечетвертичных колебаний климата [27, 38–40]. При этом повышенные и максимальные значения $C_{\text{орг}}$ связаны с присутствием в отложениях растительного детрита. Высокое содержание растительных остатков при хорошей сохранности — характер-

ная черта осадконакопления района в условиях быстрого захоронения и консервации в мерзлых толщах. Ранее была продемонстрирована положительная связь $C_{орг}$ с C/N отношением и концентрацией фенолов лигнина в исследованных отложениях [17, 27, 39], что подтвердило основной вклад терригенного углерода в поставку ОВ в толщи, вскрытые бурением. Это также подтверждено данными по изотопному составу углерода в отложениях Ивашкиной лагуны [8], что свидетельствует о доминировании потоков терригенного ОВ. Столь пестрое распределение органо-геохимических параметров связано с пульсирующим характером континентальных потоков органического детрита и отражает смену скоростей осадконакопления вплоть до перерывов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплекс полученных данных свидетельствует о выраженной пространственно-временной неоднородности состава донных отложений в исследованной части губы Буор-Хая, что отражает сложную пульсирующую динамику седиментационных процессов, среди которых доминировали речной сток, абразия берегов, термокарст и термоэрозия. Выявленные в ходе исследования литолого-фациальная и органо-геохимическая дифференциация исследованных толщ отражают широкий набор механизмов поступления осадочного вещества с континента. Присутствие в исследованных толщах консолидированных дисперсных синкриогенных и эпикриогенных многолетнемерзлых пород наряду с оттаявшими отложениями подчеркивает значимую роль криогенеза в четвертичной эволюции исследованной прибрежно-шельфовой области арктического шельфа.

В составе исследованных осадков доминируют кварцевые и аркозовые аллювиальные пески континентального происхождения, типичные для отложений едомной свиты. Эти отложения обогащены органическим веществом терригенного генезиса, о чем говорит прямая связь $C_{орг}$ с C/N , концентрацией отдельных органических маркеров и изотопным составом. Обедненные органическим углеродом толщи, очевидно, формировались при участии склоновых и флювиогляциальных потоков, что подтверждено низкой сортировкой частиц и различной степенью их окатанности. Распределение $C_{орг}$ в совокупности с геолого-литологическими характеристиками исследованных кернов отражает поступление ОВ в составе аллювиальных, флювиогляциальных, склоновых и иных потоков с континента. Продукционные потоки ОВ в исследованных толщах минимальны.

Источники финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 19-

77-10044) в рамках темы Госзадания ИО РАН № 0128-2019-0011. Методики анализов проб разработаны в рамках темы Госзадания ИХ ДВО РАН № 0265-2019-0002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаинов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В. и др.* Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013. 268 с.
2. *Касымская М.В.* Субмаринные талики восточной части шельфа моря Лаптевых // Планета Земля. 2012. №1 (7). С. 133–140.
3. *Лобковский Л.И., Никифоров С.Л., Дмитриевский Н.Н. и др.* О процессах газоразделения и деградации подводных многолетнемерзлых пород на шельфе моря Лаптевых // Океанология. 2015. Т. 55. № 2. С. 312–320.
4. *Лобковский Л.И., Никифоров С.Л., Шахова Н.Е. и др.* О механизмах деградации подводных многолетнемерзлых пород на восточном арктическом шельфе России // Докл. РАН. 2013. Т. 449. № 2. С. 185–188.
5. *Никифоров С.Л., Лобковский Л.И., Дмитриевский Н.Н. и др.* Ожидаемые геолого-геоморфологические риски по трассе Северного морского пути // Докл. РАН. 2016. Т. 466. № 2. С. 218–220.
6. *Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л.* Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана. М.: Наука, 2007. 455 с.
7. *Перльштейн Г.З., Сергеев Д.О., Типенко Г.С. и др.* Углеводородные газы и криолитозона шельфа Арктики // Арктика: экология и экономика. 2015. Т. 18. № 2. С. 35–44.
8. *Погодаева Т.В., Ходжер Т.В., Жученко Н.А., и др.* Поступление органического вещества в залив Буор-Хая (море Лаптевых) // Геология и геофизика. 2017. Т. 58. № 5. С. 739–752.
9. *Романовский Н.Н.* Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во МГУ, 1993. 336 с.
10. *Романовский Н.Н., Тумской В.Е.* Ретроспективный подход к оценке современного распространения и строения шельфовой криолитозоны Восточной Арктики // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 1. С. 3–14.
11. Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития / Под ред. Кассенс Х. и др., М.: Изд-во МГУ, 2009. 608 с.
12. *Ульянцев А.С., Братская С.Ю., Романкевич Е.А. и др.* О гранулометрическом составе голоцен-плейстоценовых отложений моря Лаптевых (залив Буор-Хая) // Докл. РАН. 2016. Т. 467. № 2. С. 206–210.
13. *Ульянцев А.С., Лобковский Л.И., Жаворонков А.В. и др.* Проблемы изучения Арктического шельфа: опыт системных геолого-геохимических исследований в море Лаптевых // Океанология. 2015. Т. 55. № 6. С. 1016–1022.

14. Ульянцев А.С., Полякова Н.В., Романкевич Е.А. и др. Ионный состав поровой воды мелководных шельфовых моря Лаптевых // Докл. РАН. 2016. Т. 467. № 3. С. 329–335.
15. Ульянцев А.С., Романкевич Е.А., Братская С.Ю. и др. Характеристика четвертичного осадконакопления на шельфе моря Лаптевых по молекулярному составу н-алканов // Докл. РАН. 2017. Т. 473. № 5. С. 600–604.
16. Ульянцев А.С., Романкевич Е.А., Братская С.Ю. и др. Органический и карбонатный углерод в многолетнемерзлых и талых отложениях губы Буор-Хая (море Лаптевых) // Докл. РАН. 2017. Т. 473. № 6. С. 709–713.
17. Ульянцев А.С., Романкевич Е.А., Пересыпкин В.И. и др. Лигнин как индикатор среды осадконакопления на Арктическом шельфе // Докл. РАН. 2016. Т. 467. № 1. С. 75–80.
18. Charkin A.N., Dudarev O.V., Semiletov I.P. et al. Seasonal and interannual variability of sedimentation and organic matter distribution in the Buor-Khaya Gulf: the primary recipient of input from Lena River and coastal erosion in the southeast Laptev Sea // Biogeosciences. 2011. V. 8. P. 2581–2594.
19. Günther F., Overduin P.P., Sandakov A.V. et al. Short- and long-term thermo-erosion of ice-rich permafrost coasts in the Laptev Sea region // Biogeosciences. 2013. V. 10. P. 4297–4318.
20. Günther F., Overduin P.P., Yakshina I.A. et al. Observing Muostakh disappear: permafrost thaw subsidence and erosion of a ground-ice-rich island in response to arctic summer warming and sea ice reduction // The Cryosphere. 2015. V. 9. P. 151–178.
21. Hubberten H.W., Andreev A., Astakhov V.I. et al. The periglacial climate and environment in northern Eurasia during the last glaciation // Quaternary Science Reviews. 2004. V. 23. P. 1333–1357.
22. Lantuit H., Atkinson D., Overduin P.P. et al. Coastal erosion dynamics on the permafrost-dominated Bykovsky Peninsula, north Siberia, 1951–2006 // Polar Research. 2011. V. 30. 7341.
23. Morgenstern A., Ulrich M., Günther F. et al. Evolution of thermokarst in East Siberian ice-rich permafrost: A case study // Geomorphology. 2013. V. 201. P. 363–379.
24. Overduin P.P., Strzelecki M.C., Grigoriev M.N. et al. Coastal changes in the Arctic // In Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences / Eds. Martini I.P., Wanless, H.R. Geological Society of London Special Publication, 2014. V. 388. P. 103–129.
25. Romanovskii N.N., Hubberten H.-W., Gavrilov A.V. et al. Permafrost of the east Siberian Arctic shelf and coastal lowlands // Quaternary Science Reviews. 2004. V. 23. P. 1359–1369.
26. Romanovskii N.N., Hubberten H.-W., Gavrilov A.V. et al. Thermokarst and land-ocean interactions, Laptev Sea Region, Russia // Permafrost and Periglac. Process. 2000. V. 11. P. 137–152.
27. Schirrmeister L., Grigoriev M.N., Strauss J. et al. Sediment characteristics of a thermokarst lagoon in the northeastern Siberian Arctic (Ivashkina Lagoon, Bykovsky Peninsula) // Arctos. 2018. 4:13.
28. Schirrmeister L., Kunitsky V., Grosse G. et al. Sedimentary characteristics and origin of the Late Pleistocene Ice Complex on north-east Siberian Arctic coastal lowlands and islands – A review // Quatern. Int. 2011. V. 241. P. 3–25.
29. Schirrmeister L., Siegert C., Kunitzky V.V. et al. Late Quaternary ice-rich permafrost sequences as a paleoenvironmental archive for the Laptev Sea Region in northern Siberia // Int. J. Earth Sciences. 2002. V. 91. P. 154–167.
30. Schirrmeister L., Siegert C., Kuznetsova T. et al. Paleo-environmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia // Quaternary International. 2002. V. 89. P. 97–118.
31. Schuur E.A.G., Bockheim J., Canadell J.G. et al. Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle // BioScience. 2008. V. 58(8). P. 701–714.
32. Schuur E.A.G., McGuire A.D., Schädel C. et al. Climate change and the permafrost carbon feedback // Nature. 2015. V. 520. P. 171–179.
33. Semiletov I., Pipko I., Gustafsson Ö. et al. Acidification of East Siberian Arctic Shelf waters through addition of freshwater and terrestrial carbon // Nature Geoscience. 2016. V. 9. P. 361–365.
34. Semiletov I.P., Shakhova N. E., Pipko I.I. et al. Space-time dynamics of carbon and environmental parameters related to carbon dioxide emissions in the Buor-Khaya Bay of the Laptev Sea // Biogeosciences. 2013. V. 10. P. 5977–5996.
35. Shakhova N., Semiletov I., Leifer I. et al. Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf // Nature Geoscience. 2013. V. 7. P. 64–70.
36. Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V. et al. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice // Phil. Trans. R. Soc. A. 2015. V. 373. 20140451.
37. Siegert C., Schirrmeister L., Babiş O. The sedimentological, mineralogical and geochemical composition of Late Pleistocene deposits from the Ice Complex on the Bykovsky Peninsula, Northern Siberia // Polarforschung. 2002. V. 70. P. 3–11.
38. Strauss J., Schirrmeister L., Grosse G., et al. The deep permafrost carbon pool of the Yedoma region in Siberia and Alaska // Geoph. Res. Letters. 2013. V. 40. P. 6165–6170.
39. Strauss J., Schirrmeister L., Wetterich S. et al. Grain-size properties and organic-carbon stock of Yedoma Ice Complex permafrost from the Kolyma lowland, north-eastern Siberia // Global Biogeochem. Cycl. 2012. V. 26. GB3003.

40. *Strauss J., Schirmer L., Grosse G., et al.* Deep Yedoma permafrost: A synthesis of depositional characteristics and carbon vulnerability // *Earth-Science Reviews*. 2017. V. 172. P. 75–86.
41. *Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al.* Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. V. 23. P. 1229–1272.
42. *Tarnocai C., Canadell J. G., Schuur E.A.G. et al.* Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region // *Global Biogeochem. Cycl.* 2009. V. 23. GB2023.
43. *Vonk J.E., Sanchez-Garcia L., van Dongen B.E. et al.* Activation of old carbon by erosion of coastal and sub-sea permafrost in Arctic Siberia // *Nature*. 2012. V. 489. P. 137–140.
44. *Vonk J.E., Semiletov I.P., Dudarev O.V. et al.* Preferential burial of permafrost-derived organic carbon in Siberian-Arctic shelf waters // *J. of Geoph. Res.: Oceans*. 2014. V. 119(12). P. 8410–8421.
45. *Zimov S.A., Davydov S.P., Zimova G.M. et al.* Permafrost carbon: Stock and decomposability of a globally significant carbon pool // *Geophys. Res. Lett.* 2006. V. 33. L20502.
46. *Zimov S.A., Schuur E.A.G., Chapin III S.F.* Permafrost and the Global Carbon Budget // *Science*. 2006. V. 312. P. 1612–1613.

Lithological and Geochemical Characteristics of Morpholithogenesis in the Buor-Khaya Bay

A. S. Ulyantsev^{a, #}, S. Yu. Bratskaya^{b, ##}, O. V. Dudarev^{c, d, ###}, I. P. Semiletov^{c, d}, E. A. Romankevich^a

^a*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Institute of Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

^c*Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

^d*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

[#]*e-mail: uleg85@gmail.com*

^{##}*e-mail: s.bratskaya@gmail.com*

^{###}*e-mail: dudarev@poi.dvo.ru*

The paper presents the general lithological and geochemical characteristics of subsea permafrost and thawed bottom sediments from three cores drilled in the Buor-Khaya Bay. According to lithological, organic chemical and microscopic data, spatial differences of Quaternary sedimentation and sedimentary evolution were shown, which are determined by the riverine dynamics, cryogenic processes, coastal abrasion and ice activities in the studied part of the Laptev Sea. A variety of granulometric and genetic types of deposits, most of which represent alluvial sands, was revealed. A large number of plant remnants were found which mainly contribute to the total pool of organic carbon. The obtained data indicate a pronounced polygenic origin of the studied sediments where the terrigenous supply of sedimentary material noticeably dominates under the alternating conditions of coastal Arctic morpholithogenesis.

Keywords: Arctic, coastal zone, bottom sediments, subsea permafrost, core drilling, organic carbon, morpholithogenesis