УДК 551.34:551.345:536.12

Касымская М.В.

Субмаринные талики восточной части шельфа моря Лаптевых

Касымская Мария Васильевна, кандидат геолого-минералогических наук, геолог-мерзлотовед, ОАО «Фундаментпроект», Москва.
E-mail: mvkasymskaya@rambler.ru

По результатам интерпретации сейсмоакустических материалов в кровле реликтовых мерзлых толщ в восточной части шельфа моря Лаптевых обнаружены субмаринные несквозные талики, приуроченные к затопленным термокарстовым котловинам. Проведено изучение морфологии субмаринных таликов и определены закономерности строения разреза до глубины 20 м. Составлена карта современного положения таликов на шельфе. Созданы мерзлотно-геологические пространственные модели, характеризующие современную морфологию и строение затопленных котловин.

Ключевые слова: многолетнемёрзлые породы, морфология, скорость седиментации, субмаринные талики, термокарстовые котловины, шельф моря Лаптевых.

Восполнение ресурсной базы углеводородного сырья требует расширения поисков новых месторождений нефти и газа. В этом отношении представляются весьма перспективными акватории Арктического шельфа России. Поэтому исследования криолитозоны шельфа арктических морей исключительно актуальны для обоснования эффективности поисков новых месторождений. Между тем современные особенности рельефа дна шельфа арктических морей, состава поверхностных отложений, строение субмаринных таликов и их эволюция изучены весьма слабо. На сегодняшний день существует настоятельная необходимость создания всесторонне обоснованной теории, которая описывала бы эволюцию таликов на шельфе, их современное пространственное положение, мерзлотно-геологическом строение и состояние. Представления этой теории, её выводы и результаты необходимо использовать при полевых геофизических и геологических исследованиях[1].

Современный рельеф дна восточной части шельфа моря Лаптевых представляет собой пологонаклонную абразионно-аккумулятивную равнину с отдельными сохранившимися возвышениями – реликтами субаэрального рельефа (банками), затопленными палеодолинами и дельтами рек, а также котловинами предположительно термокарстового генезиса.

Исследования второй половины XX в. показали, что аградация мерзлых толщ на шельфе происходила в периоды крупных похолоданий (криохроны) на этапах регрессий, а деградация – на этапах трансгрессий. В пик сартанского криохрона (20–18 тыс. лет назад) современный шельф представлял собой палеосушу и на нем накапливались сильнольдистые синкриогенные полифациальные отложения ледового комплекса (ЛК) с мощными повторно-жильными льдами (ПЖЛ)[2].

Судить о процессах и явлениях на затопленной ныне части берега можно на основе анализа рельефа приморских арктических низменностей, где многочисленные термокарстовые озера и депрессии – аласы разделены останцами-увалами, сложенными отложениями ЛК. К доньям термокарстовых и аласных котловин приурочены табералные образования, содержавшие ранее значительные количества льда и протаявшие с уплотнением[3]. Состав табералных образований незначительно отличается от пород ЛК. Представлены они алевритами, в которых фракция крупной пыли достигает 85–90%. На табералных образованиях накапливаются озерные отложения, для которых характерны отчетливая слоистость и присутствие пресноводных форм моллюсков. По составу это алевриты, ленточные суглинки, глины. Анализ мерзлотно-фациального строения, состава и свойств комплекса мерзлых отложений аласов неоднозначно рассматривается разными исследователями[4].

С развитием термокарстового озера связано формирование подозерных таликов. Первоначально мощно-

[1] Касымская М.В. Реликтовый термокарстовый рельеф и талики восточной части шельфа моря Лаптевых. Автореф. дисс. … канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. 28 с.
[2] Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л. и др. Распределение и мощность субмаринной мерзлоты на шельфе моря Лаптевых // Криосфера Земли. «Гео», 1997. Т. 1. № 3. С. 9–18.
[3] Каплина Т.Н. Аласные комплексы северной Якутии // Криосфера Земли. «Гео», 2009. Т. XIII. № 4. С. 3–17.
[4] Там же; Труш Н.И., Нистратова Т.А. Состав и свойства аласных отложений Яно-Индигирского междуречья // Мерзлотные исследования. Вып. XIII. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 43–55.

стью талика фактически является мощность таберальных образований на дне озера, под которыми залегает непротаявшая часть ЛК. В случае полного оттаивания ЛК начинается протаивание отложений, его подстилающих. После дренирования озера и образования аласной котловины на осушившейся территории талые отложения подозерных таликов промерзают. По химическому составу ПЖЛ, отложения ледового комплекса, таберальные образования, озерные, аласные отложения и воды подозерных таликов относятся к незасоленным[1].

Для изучаемого района шельфа и приморских низменностей начало массового развития термокарста происходило 14–12,5 тыс. лет назад[2]. Начало образования аласов и прекращение накопления ЛК относятся ко времени 13–12 тыс. лет назад[3].

Еще 1959 г. В.А. Кудрявцевым[4] было показано, что прогрессивное развитие термокарста возможно только в условиях затрудненного дренажа поверхности. Такие условия возникали в отрицательных новейших тектонических структурах. Озера здесь углублялись, не имея стока. Отрицательным структурам отвечают аласные равнины, а на положительных структурах по площади преобладают останцы ЛК. Кроме этого, на ряде низменных участков морского побережья существуют так называемые «термокарстовые лагуны», представляющие собой затопленные морской водой термокарстовые озера[5]. Затопление сопровождалось термоабразией мерзлых берегов, однако подводный рельеф моря унаследовал многие черты мерзлотно-геологического строения низменностей, а также наличие таликов. Изучение современных «термокарстовых лагун» подсказало возможность подобного явления в прошлом. Так, в центральной части Ивашкиной лагуны (п-ов Быковский, Якутия) существует талик, сложенный засоленными охлажденными отложениями. Как показал анализ лабораторных данных, засоленность отложений в Ивашкиной лагуне с глубиной уменьшается[6].

Возникновение обширных, вытянутых с севера на юг термокарстовых депрессий, изменило ход трансгрессии, превратив её в ингрессию, приуроченную к отрицательным тектоническим структурам[7]. Талики под термокарстовыми лагунами трансформировались в субмаринные. На поверхности шельфа происходила седиментация морских осадков, а континентальные отложения подвергались воздействию холодных морских вод, засолению и другим малоизученным процессам. Схема эволюции подозерных таликов в субмаринные представлена на рис. 1.

Район исследований занимает территорию от 128° до 136° в.д. и от 73° до 76° с.ш. Для мерзлотно-геологического расчленения четвертичного разреза использовались материалы экспедиций 1998 г. с использованием сейсмоакустической аппаратуры (профилографа) «PARASOUND», которые были любезно предоставлены автору доктором Франком Ниссеном (Germany). Буровые работы 2000 г. и лабораторные исследования скважин KI001 и KI005 в сочетании с сейсмоакустическим профилированием подтвердили наличие резкой отражающей границы (на глубине от 1 до 15 – 20 м от дна), которая идентифицируется как кровля яруса мерзлых пород[8]. Анализ сейсмоакустических материалов показал, что по характеру и современному положению кровли яруса мерзлых пород выделяются два основных вида разрезов. Первый вид характеризуется горизонтальной или слабонаклонной поверхностью кровли яруса мерзлых пород, перекрыт охлажденными осадками мощностью от 0,5 до 20 м.

Второй вид характеризует участки сейсмоакустических профилей, где в кровле яруса многолетнемёрзлых пород (ММП) встречаются понижения – затопленные термокарстовые формы рельефа (субмаринные талики), заполненные различными по свойствам слоями, которые сверху перекрываются морскими осадками. Отложения, заполняющие депрессии и перекрывающие ярус субмаринных ММП, засолены и находятся в охлажденном состоянии[9].

Для обобщения и анализа фактического материала были поставлены и решены следующие задачи: 1) сейсмоакустические профили привязаны к батиметрической карте; 2) выделены и типизированы реликтовые термокарстовые формы рельефа; 3) создана карта современного положения субмаринных таликов; 4) построены трехмерные мерзлотно-геологические модели, отражающие современную морфоструктуру и строение термокарстовых котловин.

Профили представляют собой графики, по вертикальной оси которых отображена глубина от поверхности моря, а по горизонтальной оси – фактическое время, когда проводилось профилирование. Единичным отрезком на горизонтальной оси профиля является минута. Анализ более 3 тыс. км сейсмоакустических профилей позволил нам[10] по осям синфазности и изменениям морфоструктурного плана выделить характерные элементы разреза. Изменения волновой картины, локализованные внутри или на границах выделенных элементов, отражают определенные палеогеографические обстановки и процессы.

---

[1] Конищев В.Н. Формирование состава дисперсных пород в криолитосфере. Новосибирск: Наука, 1981; Труш Н.И., Нистратова Т.А. Указ. соч.

[2] Гаврилов А.В. Криолитозона Арктического шельфа Восточной Сибири (современное состояние и история развития в среднем плейстоцене-голоцене). Автореф. дисс. … д. геол.-мин. наук. М., 2008.

[3] Каплина Т.Н. Указ. соч.

[4] Кудрявцев В.А. О термокарсте // Вопросы физ. географии полярных стран. Вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1959. С. 101–106.

[5] Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Тумской В.Е., и др. Термокарст и его роль в формировании прибрежной зоны шельфа моря Лаптевых // Криосфера Земли. «Гео», 1999. Т. III. № 3. С. 79–91.

[6] Чеверев В.Г, Видяпин И.Ю., Тумской В.Е.Состав и свойства отложений термокарстовых лагун Быковского полуострова // Криосфера Земли. «Гео», 2007. Т. XI. № 3. С. 44–50.

[7] Гаврилов А.В. Роль термокарста в послеледниковой трансгрессии на шельфе моря Лаптевых // Материалы Третьей конференции геокриологов России. М., 2005. Т. III. С. 50–56; Гаврилов А.В. Криолитозона Арктического шельфа Восточной Сибири…

[8] Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л. и др. Указ. соч.

[9] Drachev S, Chizov D., Kaulio V., Niessens F., Tumskoy V. Acoustic imaging of the submarine permafrost in the Laptev Sea // Terra Nostra, Helf., Berlin, 2002/3. P. 40; Kassens H., Bauch H., Drachev S. et al. First impression of Transdrift VIII expedition to the Laptev Sea: the shelf drilling campaign of “Laptev Sea System” // Sixth Workshop on Russian-Germany cooperation: Laptev Sea System. Programm and abstract. 2000. P. 39–40.

[10] Касымская М.В. Реликтовый термокарстовый рельеф и талики восточной части шельфа моря Лаптевых...; Она же. Моделирование эволюции таликов на шельфе моря Лаптевых в период последней трансгрессии // Материалы III конференции геокриологов России. Т. 3. М.: Изд-во МГУ. 2005. С. 120–126; Она же. Субмаринные надмерзлотные талики восточной части моря Лаптевых // Материалы Четвёртой конференции геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 7–9 июня 2011 г. Т. 2. М.: Университетская книга. 2011. С. 83–89.

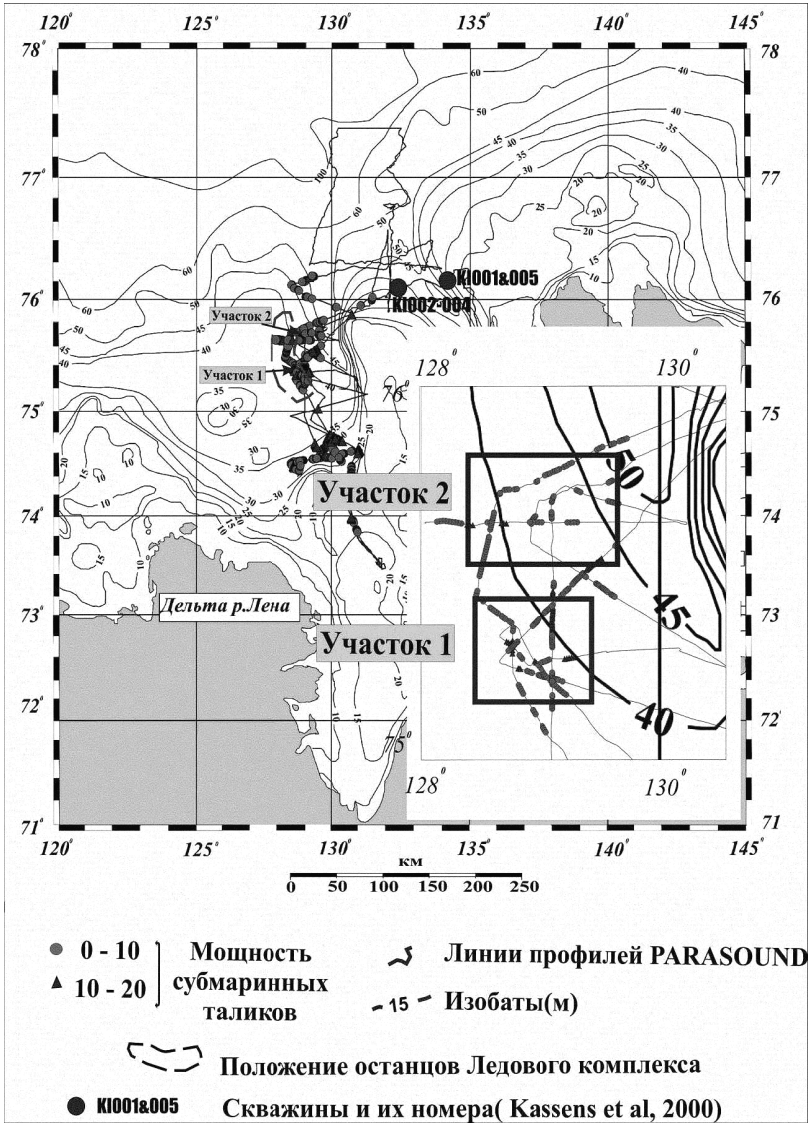

Рис. 2. Карта современного положения надмерзлотных субмаринных таликов восточной части шельфа моря Лаптевых, с участками, выбранными для пространственного моделирования.

Рис 1. Схема эволюции подозерных таликов в субмаринные[1].

[1] Касымская М.В. Реликтовый термокарстовый рельеф и талики восточной части шельфа моря Лаптевых…

Анализ всей совокупности данных в разрезах изучаемого района[1] позволил выделить следующие слои:

1) морские голоценовые охлажденные отложения, перекрывающие кровлю вне субмаринных таликов и непосредственно над котловинами;

2) прибрежно-морские голоценовые бесструктурные охлажденные голоценовые осадки, заполняющие котловину до бортов;

3) предположительно озерно-лагунные слоистые охлажденные осадки, залегающие непосредственно на кровле яруса реликтовых ММП. Иногда фрагментарно, под слоями 2 или 3 в понижениях кровли, сохранились таберальные образования, которые не имеют четкой слоистости.

В результате синтеза данных выделены следующие типы затопленных структур: 1) термокарстовые котловины с различной глубиной залегания кровли ММП и с сохранившимися под ними несквозными таликами; 2) аласные котловины, иногда с террасами; 3) положительные формы, предположительно являющиеся останцами ЛК. Обнаруженные депрессии в кровле мерзлых пород приурочены к Усть-Ленскому рифту[2].

В программе MapInfo 8,5 нами была составлена карта современного положения субмаринных таликов (рис. 2).

Понижения разделяются по глубине залегания подошвы ММП на мелкие (до 10 м) и глубокие (более 10 м). Кроме того, был выделен район распространения затопленных останцов ЛК. Все изученные затопленные котловины встречаются на участках шельфа с глубинами воды от 20 до 50 м. Анализ всех выделенных депрессионных форм показал, что их длина изменяется от 600 до 3000 м, что сопоставимо с размерами наземных термокарстовых озер и аласов.

Следующим этапом в исследованиях явилось трехмерное моделирование. По местам сгущения профилей были выделены два участка для создания пространственных моделей. При их построении использовалась компьютерная программа Surfer. Выбор размеров участка зависел только от количества фактического материала. В результате интерполяции на первом этапе была построена серия карт изолиний поверхностей выделенных слоев. Далее эти карты трансформировались в пространственные слои палеоуровней. В результате была создана трехмерная модель современной морфологии шельфа, субмаринных таликов и проведено мерзлотно-геологическое выделение слоев в котловинах.

Участок 1 расположен между параллелями 75° 20' и 75° 30' с. ш. и меридианами 128° 40' в.д. и 129° 30' в.д., его размеры составили 23×12,5 км. Глубина моря в пределах участка изменяется от 35,5 до 43 м. Минерализация придонных вод составляет 33,2 г/л. Температура придонного слоя воды – минус 1,65° С[3].

Поверхность дна практически горизонтальна, с отдельными холмами, незначительно выделяющимися над понижениями. Голоценовые морские осадки представлены пылеватыми супесями и пылеватыми глинами[4]. По результатам моделирования мощность данного слоя изменяется от 0,5 до 4 м. По палеореконструкциям хода позднеплейстоцен-голоценовой трансгрессии[5] территория описываемого участка оказалась под морем в интервале 9,3–9,8 тыс. лет назад.

Ниже морских осадков залегает слой голоценовых охлажденных прибрежно-морских отложений. Этот слой распространен фрагментарно и заполняет палеоврезы. Его мощность изменяется от 0,5 до 4,5 м. Отложения представлены пылеватыми супесями и песками[6]. Слой выделенных озерно-лагунных отложений залегает непосредственно на кровле яруса субмаринных мерзлых пород. Они имеют мощности от 0,5 до 17,5 м, и выполнены суглинками и супесями сильно заторфованными (содержание органических остатков до 10%)[7]. Поверхность кровли яруса мерзлых пород залегает на глубинах от 0,5 до 20 м ниже поверхности дна.

Основываясь на данных хода трансгрессии[8], по результатам моделирования после оценки мощностей выделенных слоев для голоценовых морских и прибрежно-морских отложений были рассчитаны скорости седиментации. Средние скорости накопления голоценовых морских осадков и прибрежно-морских отложений, рассчитанные для всей площади участка 1, составили 12,9 см/тыс.лет и 170 см/тыс.лет, соответственно.

Анализ материалов донного опробования, полученных в рамках проекта «Laptev Sea System» показал, что колонка PS 51/141-2 отобрана в прибортовой части затопленной котловины участка 1. Скорости седиментации по этой колонке составили 11 см/тыс. лет и 192 см/тыс. лет[9]. По результатам моделирования нами[10] получены для данной котловины скорости 10,5 см/тыс. лет (морских осадков) и 196 см/тыс. лет (прибрежно-морских отложений). Такое хорошее совпадение расчётных данных с экспериментальными является убедительным подтверждением адекватности нашей модели.

Расчет скоростей накопления озерно-лагунных отложений не производился. Это связано с тем, что они

---

[1] Кошелева В.А., Яшин Д.С. Донные осадки Арктических морей России. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 286 с.; Клювиткина Т.С. Палеогеография моря Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене по материалам изучения ископаемых микроводорослей. Автореф. дисс. … канд. географич. наук. М., 2007; Степанова А.Ю. Плейстоцен-голоценовые и современные остракоды моря Лаптевых и их значение для палеоэкологический реконструкций. Автореф. дисс. … канд. геол.-мин. наук. М., 2005; Bauch H.F., Muller-Lupp T, Taldenkova E. et al. Chronology of the Holocene transgression at the Northern Siberia margin. // Global and Planetary Change. ELSEVIER, 2001. 31. P. 125–139.

[2] Касымская М.В. Реликтовый термокарстовый рельеф и талики восточной части шельфа моря Лаптевых...

[3] Степанова А.Ю. Указ. соч.

[4] Кошелева В.А., Яшин Д.С. Указ. соч.; Степанова А.Ю. Указ. соч.

[5] Гаврилов А.В. Криолитозона Арктического шельфа Восточной Сибири…

[6] Кошелева В.А., Яшин Д.С. Указ. соч.; Степанова А.Ю. Указ. соч.

[7] Степанова А.Ю. Указ. соч.

[8] Гаврилов А.В. Криолитозона Арктического шельфа Восточной Сибири…

[9] Bauch H.F., Muller-Lupp T., Taldenkova E. et al. Op. cit.

[10] Касымская М.В. Реликтовый термокарстовый рельеф и талики восточной части шельфа моря Лаптевых…; Она же. Моделирование эволюции таликов на шельфе моря Лаптевых…; Она же. Субмаринные надмерзлотные талики восточной части моря Лаптевых…

формировались на осушенном шельфе и вместе с таберальными образованиями находились в талом состоянии, а при затоплении морем подверглись влиянию низкотемпературных соленых вод. За счет запасов холода снизу осадки могли промерзнуть или же, наоборот, в результате засоления, могли оттаять на некоторую величину. Поэтому по сейсмоакустическим материалам можно оценивать только мощности выделяемых озерно-лагунных отложений, находящихся в охлажденном состоянии в настоящее время (рис. 3).

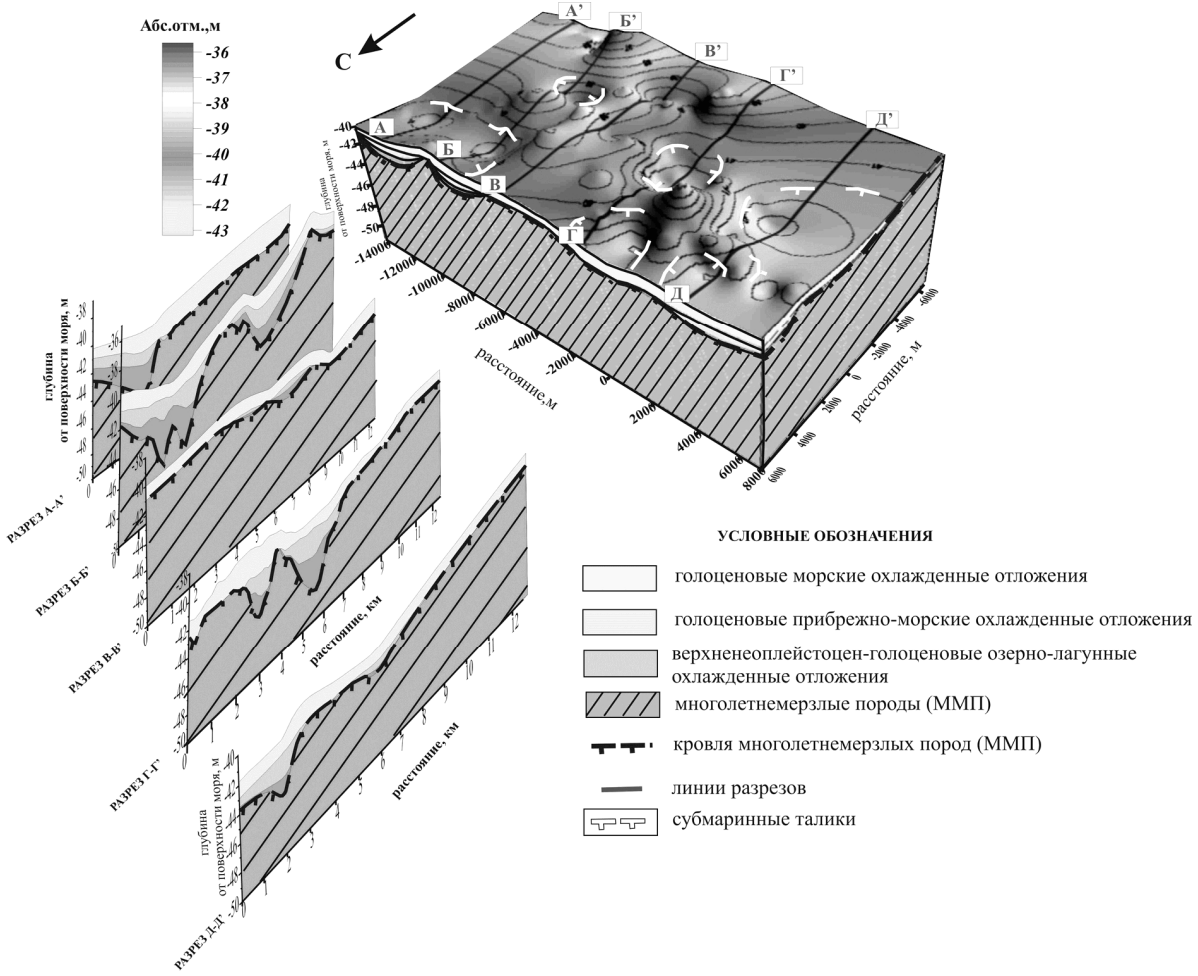

Рис. 3. Распространение субмаринных таликов на участке 1. Разрезы построены по результатам трехмерного моделирования.

Участок 2 с координатами 75° 40' и 75° 60' с. ш. и 128° 20' и 129° 20' имеет размер 45×30 км. Глубина моря на участке изменяется от 40 до 48 м. Западная часть участка представляет собой горизонтальную волнистую поверхность. Примерно с середины участка поверхность дна имеет слабый уклон в восточном направлении, к долине Восточной пра-Лены. Выделенные слои и состав отложений подобны таковым на участке 1. Основное отличие – меньшая мощность слоев.

Подошва слоя голоценовых морских отложений залегает в интервале 0,5–2,0 м от поверхности дна. Мощность прибрежно-морских осадков изменяется от 0,5 до 2,5 м; озерно-лагунных отложений – от 0,5 до 9,0 м. Глубина залегания кровли яруса субмаринных мерзлых пород варьирует от 0,5 до 10 м ниже поверхности дна. По палеореконструкциям хода поздненеоплейстоцен-голоценовой трансгрессии[1] территория описываемого участка подверглась затоплению 10,5–9,5 тыс. лет назад. Скорости осадконакопления составили 12 см/тыс. л. и 80 см/тыс. л.

Различия в мощностях озерно-лагунных отложений на изученных участках могут быть связаны с тем, что участок 2 был затоплен примерно на 1 тыс. лет раньше. Поэтому осадконакопление в субаэральных условиях в отдельных термокарстовых котловинах на участке 1 длилось больший период времени.

Повышенные мощности и, соответственно, скорости осадконакопления прибрежно-морских и морских отложений на участке 1 по сравнению с участком 2 могут быть объяснены тем, что примерно с 9 тыс. лет назад отмечается улучшение условий седиментации в термокарстовых лагунах и глубоких заливах, связанное с сокращением поступления материала от размытых берегов во внешнюю часть шельфа и на материковый склон[2]. Вместе с тем, по оценкам Т.С. Клювиткиной[3] область маргинального фильтра р. Лены находилась примерно 8,8 тыс. лет назад в районе 32-й изобаты. Маргинальные фильтры являются важнейшей особенностью осадко-

[1] Гаврилов А.В. Криолитозона Арктического шельфа Восточной Сибири…
[2] Bauch H.F., Muller-Lupp T, Taldenkova E. et al. Op. cit.
[3] Клювиткина Т.С. Указ. соч.

накопления в зонах смешения речных и морских вод. Реконструированные по диатомеям значения солености поверхностных вод в этот период составляли 9–10 ‰ , что характерно для зон лавинной седиментации[1].

Результаты пространственного моделирования позволили установить: 1) положение субмаринных таликов в кровле ММП, 2) создать пространственную модель эволюции субмаринных таликов, основанную на фактических данных, 3) получить представление о скоростях седиментации, 4) определить глубины залегания кровли мерзлых пород на достаточно больших территориях.

Глоссарий

Абразия – процесс механического разрушения берегов водоёмов (океанов, морей, озёр, водохранилищ).

Аградация многолетнемёрзлых толщ – процесс понижения температуры многолетнемёрзлых пород, увеличения их мощности и площади распространения. Процесс, противоположный аградации, называется **деградацией многолетнемёрзлых толщ**.

Аккумуляция (в геологии) – накопление минеральных веществ или органических остатков на дне водоёмов и на поверхности суши. Области аккумуляции – это преимущественно пониженные пространства, чаще тектонического (прогибы, впадины и т.д.), а также денудационного (долины, котловины) происхождения.

Батиметрическая карта – карта, отображающая подводный рельеф при помощи изобат (линий равных глубин) совместно с отметками глубин. Окраска подводного рельефа даётся по ступеням высот. Основными источниками для составления карты служат данные батиметрических измерений.

Батиметрическая съёмка – процесс сбора данных о глубинах в зоне исследования. Выполняется с помощью специальных технических средств (в особых случаях может выполняться вручную, но все равно нужны спец. средства – веревка или шест) Батиметрические данные используются как для общего анализа рельефа дна и составления карт, так и для решения различных прикладных задач.

Голоцен (послеледниковый период) – эпоха четвертичного периода, которая продолжается последние 11 тысяч лет вплоть до современности. Граница между голоценом и **плейстоценом** установлена на рубеже 11700 ± 99 лет назад относительно 2000 г. Середина голоцена ознаменована становлением человеческой цивилизации и началом её технического развития.

Диатомеи, диатомовые водоросли – обширная группа одноклеточных морских и пресноводных водорослей. Клетки диатомей имеют твердый кремневый панцирь, состоящий из двух половинок – нижней (гипотеки) и верхней (эпитеки). Размножение делением, а через несколько поколений – половое. Описано свыше 12 тыс. видов, – как одиночных, так и колониальных организмов, обитающих как в пресных, так и в морских водах, на сырой почве и т. п. Диатомеи известны с юрского периода. При отмирании образуют диатомовые илы, из которых могут образовываться горные породы – диатомиты.

Ингрессия моря – проникновение морских вод в понижения рельефа прибрежной суши (долины рек, ущелья, овраги) при повышении уровня моря или погружении берега. Ингрессия моря происходит спокойно и не сопровождается абразией.

Кайнозой (кайнозойская эра) – эра в геологической истории Земли протяженностью в 65,5 миллионов лет, начиная с великого вымирания видов в конце Мелового периода по настоящее время. В геологическом отношении кайнозой — эра, в которую континенты приобрели своё современное очертание. Кайнозой является эпохой млекопитающих и покрытосеменных. Подразделяется на палеогеновый, неогеновый и **четвертичный периоды**.

Криолитогенез – совокупность процессов образования многолетнемёрзлых льдосодержащих горных пород. Различают два типа криолитогенеза – **эпикриогенез**, когда промерзание и льдовыделение происходит в существовавших ранее породах (при изменении климата), и **синкриогенез** – при льдообразовании одновременно с накоплением осадков (например, в поймах рек арктической зоны).

Криохрон – период крупных похолоданий и оледенений (см. **Термохрон**).

Маргинальные фильтры (естественные маргинальные фильтры, ЕМФ) – естественные многоступенчатые гидродинамические, физико-химические и биохимические барьеры на границе «река-море», задерживающие 90–95% взвешенных и 30–40% растворенных веществ речного стока и загрязнений. До маргинального фильтра в воде преобладают взвешенные формы элементов, а после фильтра – растворенные. В основе работы ЕМФ – последовательность гравитационного, коагуляционного, адсорбционного и биологического механизмов удаления взвесей.

Осадочные горные породы – горные породы, возникшие путём осаждения вещества в водной среде, реже из воздуха и в результате деятельности ледников на поверхности суши.

Остракоды – подкласс беспозвоночных животных класса ракообразных. Ископаемые остракоды известны в отложениях начиная с кембрия; имеют существенное значение для стратиграфии и являются важнейшими **руководящими формами** при разведке нефтяных и газовых месторождений.

Палеодолина – древняя погребённая долина реки или другого водотока, где содержатся более рыхлые обводнённые породы.

Плейстоцен – эпоха четвертичного периода, начавшаяся 2588 тыс. лет назад и закончившаяся 11,7 тыс. лет назад. Это время великих оледенений; в плейстоцене суровые ледниковые эпохи чередовались с относительно тёплыми межледниковьями. В целом, климат плейстоцена во время межледниковий практически идентичен современному. Для Северного полушария (Евразия и Северная Америка) плейстоцен был характерен интересным животным миром, представленным гигантскими млекопитающими. В позднем плейстоцене вся эта так называемая мегафауна вымерла. К этому же времени относится вымирание неандертальцев, не выдержавших конкуренции с кроманьонцами. Плейстоцен подразделяется на **эоплейстоцен** и **неоплейстоцен**. Неоплейстоцен начался 800 тысяч лет назад.

Регрессия моря – медленное («вековое») отступание моря от берегов, происходящее вследствие поднятия суши, опускания дна океана или уменьшения объема воды в океанических бассейнах (например, во время ледниковых эпох).

Руководящие формы (руководящие ископаемые) – ископаемые остатки организмов, живших в узком времен-

[1] Polyakova Ye.I., Bauch H.A., Klyuvitkina T.S. Early to middle Holocene changes in Laptev Sea water masses deduced from diatom and aquatic palynomorph assemblages // Global Planet. Change. 2005. V.48. P. 208–222.

ном интервале, но имевших обширный ареал.

Седиментация (в геологии) – процесс образования всех видов отложений в природных условиях путем перехода осаждаемого материала из подвижного, взвешенного или растворенного состояния в неподвижное состояние (осадок).

Синкриогенез – см. **Криолитогенез.**

Субаквальный – подводный.

Субаэральный – наземный.

Субаэральный рельеф – наземный рельеф, образующийся в континентальных условиях под действием атмосферных агентов без участия моря.

Субгляциальный – под толщей ледника, подледниковый.

Субмаринный – под толщей морской воды, на дне моря.

Таберальные образования – продукт оттаивания, преимущественно вертикальных осадок за счет уплотнения и локального растекания в стороны (на места вытаивающих повторно-жильных льдов) отложений, слагавших органоминеральные блоки «ледового комплекса». Характерными чертами таберальных отложений являются утрата исходной слоистости и криотекстуры, возникновение вторичных нарушений – сколов и сползаний, смещение биогенной составляющей (корней трав, моховых кочек, костей животных, раковин моллюсков и др.). При этом в таберальные образования могут попадать более молодые органические остатки, образовывавшие ландшафты периода возникновения термокарста или даже современные.

Таберированные отложения – это протаявшие миоголетнемерзлые отложения преимущественно с невысокой первоначальной льдистостью. Они объединяют самые разнообразные по составу и генезису. Важнейшими характерными чертами таберированных отложений являются: сохранение первоначальных условий залегания протаявших отложений, их исходной слоистости, распределение биогенной составляющей и других особенностей, позволяющих установить их первичную генетическую и фациальную принадлежность.

Талик – участок талого или немёрзлого грунта в области распространения многолетнемёрзлых пород (например, под озёрами или руслами рек). Различают сквозные талики, пронизывающие всю толщу мёрзлых пород насквозь, и талики несквозные, или ложные (псевдоталики), замкнутые снизу на некоторой глубине мёрзлыми породами. Образуются вследствие отепляющего влияния озёр (подозёрные), рек (подрусловые и пойменные), моря (**субмаринные**) и т.п. Местоположение таликов меняется при миграции водотоков и водоёмов.

Термоабразия – сочетание процессов теплового и механического разрушения волнами и прибоем сложенных многолетнемерзлыми породами берегов водоемов (океанов, морей, озёр, водохранилищ).

Термокарст – образование просадочных и провальных форм рельефа и подземных пустот вследствие вытаивания подземного льда или оттаивания мёрзлого грунта при повышении среднегодовой температуры воздуха или при увеличении амплитуды колебания температуры почвы. Термокарст – специфическое явление области распространения многолетнемёрзлых горных пород. Типичные формы рельефа, образующиеся в результате термокарста: озёрная котловина, аласы, западины, блюдца и другие отрицательные формы рельефа, а также провальные образования и полости в подпочвенном слое (гроты, ниши, ямы). В Западной Сибири термокарстовые котловины называются **хасыреями**. В Якутии такие котловины носят название **аласов**.

Термокарстовое озеро – озеро термокарстового происхождения.

Термохрон – период межледниковья (межледниковая эпоха, интергляциал), интервал времени, разделяющий соседние ледниковые эпохи (см. **Криохрон**).

Трансгрессия (морская трансгрессия, трансгрессия моря) – длительный период наступления моря на сушу в результате опускания земной коры под влиянием нисходящих тектонических движений или поднятий уровня Мирового океана. отступание моря от берегов. Процессом, противоположным трансгрессии, является **регрессия моря**.

Фация – часть слоя, отличающаяся по какому-либо признаку от соседних частей.

Четвертичный период, или **антропоген** – геологический период, современный этап истории Земли, завершающий **кайнозойскую эру**. Он начался 2,5 млн. лет назад и продолжается по сей день. Это самый короткий геологический период, но именно в четвертичном периоде сформировалось большинство современных форм рельефа, и произошло множество существенных событий в истории Земли, важнейшие из которых – ледниковая эпоха и появление человека. Самая характерная черта четвертичного периода – существование в высоких широтах нашей планеты покровных оледенений; во время ледниковых эпох они распространялись на юг до 40-х широт, а во время межледниковий они отступали примерно до нынешних их пределов, когда покровными оледенениями покрыты лишь Гренландия в Северном полушарии и Антарктида – в Южном. Из-за особенностей четвертичного периода, по сравнению с другими геологическими периодами, сформировалась особая ветвь геологии – **четвертичная геология.** Четвертичный период подразделяется на **плейстоцен** и **голоцен**.

Эпикриогенез – см. **Криолитогенез.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов А.В. Роль термокарста в послеледниковой трансгрессии на шельфе моря Лаптевых // Материалы Третьей конференции геокриологов России. М., 2005. Т. III. С. 50–56.
   Gavrilov A.V. (2005). Rol' termokarsta v poslelednikovoi transgressii na shel'fe morya Laptevykh. Materialy Tret'ei konferentsii geokriologov Rossii. Moskva. T. III. Pp. 50–56.
2. Гаврилов А.В. Криолитозона Арктического шельфа Восточной Сибири (современное состояние и история развития в среднем плейстоцене – голоцене). Автореф. дисс. … д. геол.-мин. наук. М., 2008.
   Gavrilov A.V. (2008). Kriolitozona Arkticheskogo shel'fa Vostochnoi Sibiri (sovremennoe sostoyanie i istoriya razvitiya v srednem pleistotsene – golotsene). Avtoref. diss. … d. geol.-min. nauk. Moskva.
3. Каплина Т.Н. Аласные комплексы северной Якутии // Криосфера Земли. «Гео», 2009. Т. XIII. № 4. С. 3–17.
   Kaplina T.N. (2009). Alasnye kompleksy severnoi Yakutii. Kriosfera Zemli. «Geo», T. XIII. N 4. Pp. 3–17.
4. Касымская М.В. Моделирование эволюции таликов на шельфе моря Лаптевых в период последней трансгрессии // Материалы III конференции геокриологов России. Т. 3. М.: Изд-во МГУ. 2005. С. 120–126.
   Kasymskaya M.V. (2005). Modelirovanie evolyutsii talikov na shel'fe morya Laptevykh v period poslednei trans-gressii. Materialy III konferentsii geokriologov Rossii. T. 3. Izd-vo MGU. Moskva. Pp. 120–126.

5. Касымская М.В. Реликтовый термокарстовый рельеф и талики восточной части шельфа моря Лаптевых. Автореф. дисс. … канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. 28 с.
Kasymskaya M.V. Reliktovyi termokarstovyi rel'ef i taliki vostochnoi chasti shel'fa morya Laptevykh. Avtoref. diss. … kand. geol.-min. nauk. MGU imeni M.V. Lomonosova. Moskva. 2010. 28 p.
6. Касымская М.В. Субмаринные надмерзлотные талики восточной части моря Лаптевых // Материалы Четвёртой конференции геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 7–9 июня 2011 г. Т. 2. М.: Университетская книга. 2011. С. 83–89.
Kasymskaya M.V. (2011). Submarinnye nadmerzlotnye taliki vostochnoi chasti morya Laptevykh. Materialy Chetvertoi konferentsii geokriologov Rossii. MGU imeni M.V. Lomonosova, 7–9 iyunya 2011 g. T. 2. Universitetskaya kniga. Moskva. Pp. 83–89.
7. Конищев В.Н. Формирование состава дисперсных пород в криолитосфере. Новосибирск: Наука, 1981.
Konishchev V.N. (1981). Formirovanie sostava dispersnykh porod v kriolitosfere. Nauka. Novosibirsk.
8. Кошелева В.А., Яшин Д.С. Донные осадки Арктических морей России. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 286 с.
Kosheleva V.A., Yashin D.S. (1999). Donnye osadki Arkticheskikh morei Rossii. VNIIOkeangeologiya. Sankt-Peterburg. 286 p.
9. Клювиткина Т.С. Палеогеография моря Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене по материалам изучения ископаемых микроводорослей. Автореф. дисс. … канд. геогр. наук. М., 2007.
Klyuvitkina T.S. (2007). Paleogeografiya morya Laptevykh v pozdnem pleistotsene i golotsene po materialam izucheniya iskopaemykh mikrovodoroslei. Avtoref. diss. … kand. geogr. nauk. Moskva.
10. Труш Н.И., Нистратова Т.А. Состав и свойства аласных отложений Яно-Индигирского междуречья // Мерзлотные исследования. Вып. XIII. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 43–55.
Trush N.I., Nistratova T.A. (1974). Sostav i svoistva alasnykh otlozhenii Yano-Indigirskogo mezhdurech'ya. Merzlotnye issledovaniya. Vyp. XIII. Izd-vo MGU. Moskva. Pp. 43–55.
11. Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л. и др. Распределение и мощность субмаринной мерзлоты на шельфе моря Лаптевых // Криосфера Земли. «Гео», 1997. Т. 1. № 3. С. 9–18.
Romanovskii N.N., Gavrilov A.V., Kholodov A.L. i dr. (1997). Raspredelenie i moshchnost' submarinnoi merzloty na shel'fe morya Laptevykh. Kriosfera Zemli. «Geo», T. 1. N 3. Pp. 9–18.
12. Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Тумской В.Е. и др. Термокарст и его роль в формировании прибрежной зоны шельфа моря Лаптевых // Криосфера Земли. «Гео», 1999. Т. III. № 3. С. 79–91.
Romanovskii N.N., Gavrilov A.V., Tumskoi V.E. i dr. (1999). Termokarst i ego rol' v formirovanii pribrezhnoi zony shel'fa morya Laptevykh. Kriosfera Zemli. «Geo», T. III. N 3. Pp. 79–91.
13. Степанова А.Ю. Плейстоцен-голоценовые и современные остракоды моря Лаптевых и их значение для палеоэкологический реконструкций. Автореф. дисс. … канд. геол.-мин. наук. М., 2005.
Stepanova A.Yu. (2005). Pleistotsen-golotsenovye i sovremennye ostrakody morya Laptevykh i ikh znachenie dlya paleoekologicheskii rekonstruktsii. Avtoref. diss. … kand. geol.-min. nauk. Moskva.
14. Чеверев В.Г, Видяпин И.Ю., Тумской В.Е. Состав и свойства отложений термокарстовых лагун Быковского полуострова // Криосфера Земли. «Гео», 2007. Т. XI. № 3. С. 44–50.
Cheverev V.G, Vidyapin I.Yu., Tumskoi V.E. (2007). Sostav i svoistva otlozhenii termokarstovykh lagun Bykovskogo poluostrova. Kriosfera Zemli. «Geo», T. XI. N 3. Pp. 44–50.
15. Bauch H.F., Muller-Lupp T, Taldenkova E. et al. Chronology of the Holocene transgression at the Northern Siberia margin. Global and Planetary Change. ELSEVIER, 2001. 31. P. 125–139.
16. Drachev S, Chizov D., Kaulio V., Niessens F., Tumskoy V. Acoustic imaging of the submarine permafrost in the Laptev Sea. Terra Nostra, Helf., Berlin, 2002/3. P. 40.
17. Kassens H., Bauch H., Drachev S. et al. First impression of Transdrift VIII expedition to the Laptev Sea: the shelf drilling campaign of «Laptev Sea System». Sixth Workshop on Russian-Germany cooperation: Laptev Sea System. Programm and abstract. 2000. P. 39–40.
18. Polyakova Ye.I., Bauch H.A., Klyuvitkina T.S. Early to middle Holocene changes in Laptev Sea water masses deduced from diatom and aquatic palynomorph assemblages // Global Planet. Change. 2005. V. 48. P. 208–222.

Вид абразионного уступа в окрестностях пос. Тикси. Из работы Арэ Ф.Э. Об относительном уровне морей Лаптевых и Восточно-Сибирского в послеледниковье // Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет. М.: Наука, 1982. Фото с сайта: http://www.evgengusev.narod.ru/enlit/are-2.jpg