

## ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ БЕНТОСНЫЕ ФОРАМИНИФЕРЫ КОТЛОВИНЫ ПОДВОДНИКОВ (СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН)

науч. сопр. Е.С. НОВИХИНА

*Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С.Граммберга, Санкт-Петербург, e-mail: khelizaveta@yandex.ru*

Котловина Подводников принадлежит Амеразийскому суббассейну Северного Ледовитого океана (СЛО). Средняя глубина котловины — 2900 м. Дно ровное, слабо наклонное в направлении от континентальной окраины. Мощность мел-кайнозойского осадочного чехла, выполняющего котловину Подводников, от 2 до 4 км (Смирнов, 2013). О скорости накопления и мощности четвертичной части чехла в пределах котловины, а также на окружающих ее поднятиях и хребтах имеются противоречивые сведения. На хребте Ломоносова средние скорости четвертичного осадконакопления оцениваются от 0,7 мм/1000 лет (Басов, Куприянова, 2010) до 1–2 см/1000 лет (Jakobsson et al., 2001; 2003; O'Regan et al., 2008; Талденкова и др., 2009). На поднятии Менделеева скорости седиментации в четвертичное время также оцениваются поразному — от ~0,11 см/1000 лет (Clark, 1970; Clark et al., 1980; O'Neil, 1981; Sellen et al., 2009; Данилов и др., 1991; Андреева и др., 2007; Гусев и др., 2012; 2013; Пискарев и др., 2013) до 1–1,5 см/1000 лет (Крылов и др., 2011; 2013; Adler et al., 2009; Polyak et al., 2009). К настоящему времени в связи с этими разночтениями выделилось две возрастные модели расчленения четвертичного чехла Амеразийского суббассейна — «древняя» и «молодая». Они основаны на различных данных: «древняя» — на палеомагнитных, а также результатах U-Th датирования, «молодая» — на радиоуглеродных датировках и альтернативной интерпретации палеомагнитных данных.

Наряду с кривыми распределения в осадках материала ледового разноса, важной информацией для стратиграфических построений было и остается содержание бентосных и планктонных фораминифер. В последние годы исследование фораминифер в колонках, отобранных в Арктике, проводится только количественно, без детального изучения комплексов. Еще одна проблема — это то, что в основном детально изучаются колонки, отобранные на поднятиях и хребтах. Принято считать, что стратиграфическая последовательность в осадках, залегающих в глубоководных котловинах Северного Ледовитого океана, нарушена прослоями турбидитов и не отражает непрерывной во времени седиментации. В статье приводятся биостратиграфические данные по колонке осадков, отобранной в котловине Подводников. На геологической станции AF-11-08 (83° 00,401' с.ш., 169° 36,396' в.д., глубина моря — 2740 м, рис. 1), расположенной в 440 км к северу от бровки континентального шельфа Восточно-Сибирского моря, была отобрана колонка керна длиной 2,81 м.

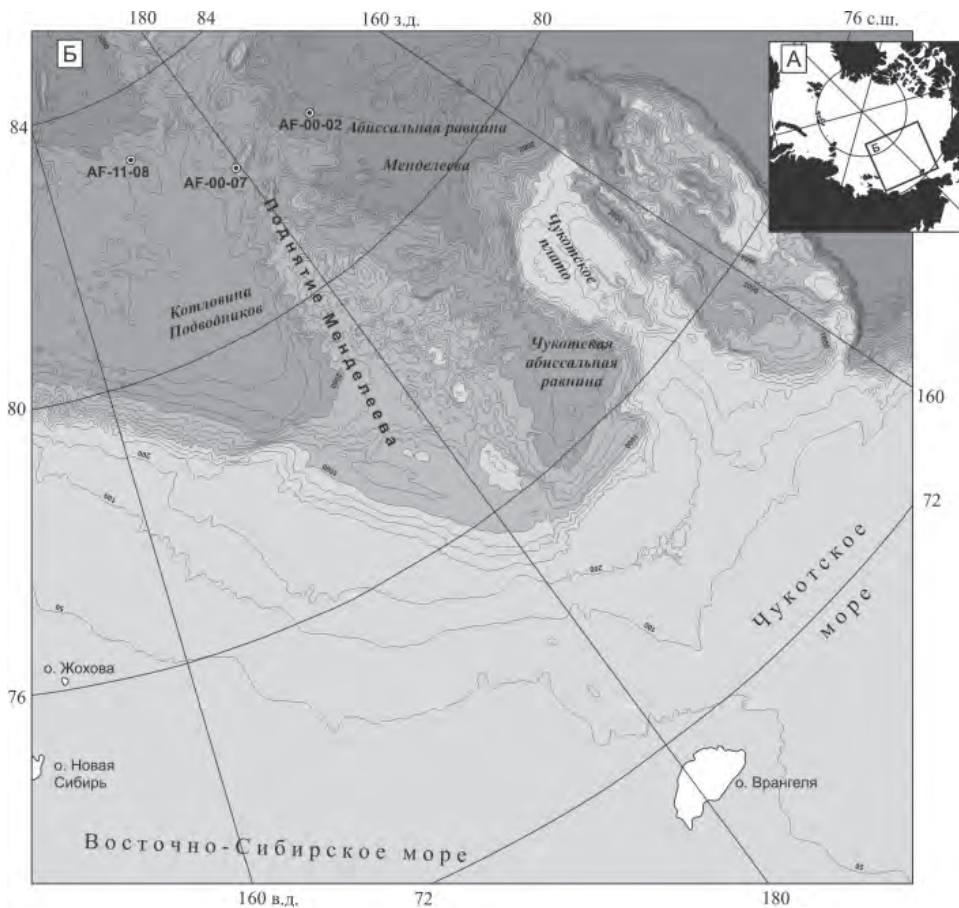


Рис. 1. Положение изученной колонки AF-11-08 в котловине Подводников и колонок AF-00-02 и AF-00-07 на поднятии и абиссальной равнине Менделеева.

### МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ

При изучении бентосных и планктонных фораминифер из керна AF-11-08 было отобрано 30 образцов толщиной 2 см, с интервалом 2–17 см. Из верхних 10 см керна образцы отбирались подряд, т.е. каждый сантиметр.

Предварительная обработка проб состояла в следующем: замороженные пробы грунта обрабатывались методом высушивания в критической точке, взвешивались, после чего промывались на двух ситах с ячейей 63μ и 125μ, полученные фракции просушивались при температуре 45–60 °С. Для фораминиферного анализа использовалась размерная фракция > 125μ. В каждой пробе определялась видовая принадлежность фораминифер и подсчитывалось количество каждого вида. Малочисленные пробы просматривались полностью, в многочисленных (> 600 экземпляров фораминифер) — изучалась 1/2, 1/4 или 1/8 часть пробы, так чтобы учесть не менее 300 экземпляров в каждой пробе. Общая численность бентосных фораминифер пересчитывалась в число раковин на грамм сухого осадка. В исследованных пробах была выявлена 81 форма бентосных фораминифер, из них 45 определены до вида, абсолютное большинство

микрофауны представлено формами с известковой раковиной. Планктонные фораминиферы представлены в подавляющем числе единственным видом — арктической *Neogloboquadrina pachyderma* sin. Всего изучено 30 проб.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

По колонке выделяется 3 максимума содержания бентосных фораминифер и пять максимумов — планктонных, верхние три максимума и у тех и у других совпадают по расположению в керне (рис. 2). Наибольшую долю в сообществе на протяжении всего разреза составляют глубоководные виды — *Oridorsalis tener* и *Cibicides wuellerstorfi*, сопутствующими видами являются представители сем. Miliolidae.

Верхние 9 см керна включают 2 пика обилия фораминифер — интервалы 0–2 и 4–9 см, которые содержат богатый комплекс бентосных фораминифер, характерный для современных глубоководных обстановок Северного Ледовитого океана (Хусид, 1982; Гусев и др., 2008; Саидова, 2011; Hanslik, 2011). В этих же интервалах часто встречаются раковины остракод, спикулы губок, мелкие раковинки глубоководных двустворчатых моллюсков. Численность бентосных фораминифер в осадке составляет 197–242 раковин/г, планктонных — 6000–19600 раковин/г. Доминируют виды *Oridorsalis tener* (48–72 %), *Cibicides wuellerstorfi* (14–34 %) — связанные по

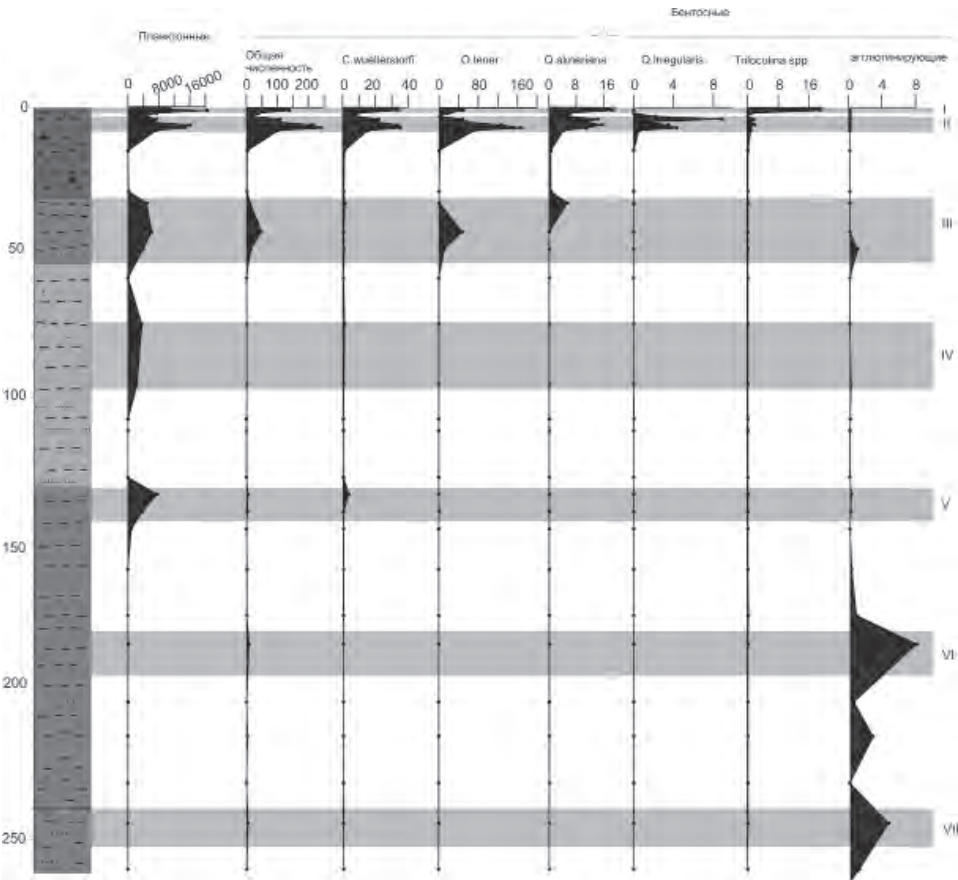


Рис. 2. Распределение бентосных фораминифер в колонке AF-11-08.

происхождению с североатлантическими водными массами (Андреева и др., 2007); сопутствующими видами являются представители сем. Miliolidae: *Quinqueloculina akneriana*, *Q. weaveri*, *Miliolinella irregularis*, *M. subrotunda*, *Triloculina frigida*, *Pyrgo* spp. По всей видимости, эти интервалы формировались в теплые стадии четвертичного периода, когда усиливался приток атлантических вод в Арктический бассейн. Видовой состав бентосных фораминифер, соответствующий современному, а также высокая численность как бентосных, так и планктонных форм в интервалах 0–2 и 4–9 см позволяют соотнести их с самыми первыми морскими изотопными стадиями (МИС). С уверенностью можно сказать, что это две разные стадии, так как они разделены интервалом с четким снижением численности планктона и бентоса (2–4 см).

В следующем интервале 15–31 см бентосные фораминиферы очень редки — 1–2 раковин/г. Количество планктонных фораминифер также значительно сокращается — 100–200 раковин/г. Такое уменьшение содержания фораминифер в осадке может указывать на неблагоприятные условия — недостаток пищевых ресурсов, что в свою очередь может быть связано с прекращением или ослаблением притока атлантических вод. Сильное сокращение численности планктонных фораминифер предполагает усиление ледового режима, вплоть до развития сплошного круглогодичного покрова. Таким образом, мы считаем, что этот интервал соответствует периоду похолодания.

Ниже по разрезу, в интервале 33–51 см происходит увеличение численности планктонных фораминифер (до 6000 раковин/г). Число бентосных также увеличивается (11–49 раковин/г). Сообщество представлено двумя доминирующими видами: *Oridorsalis tener* и *Quinqueloculina akneriana*. Обилие и хорошая сохранность раковин указывают на период потепления. В нижней части интервала (49–51 см) встречается много ожелезненных раковин *N. pachyderma*.

Далее вниз по разрезу в интервале 51–176 см встречаются лишь единичные известковые раковины бентосных фораминифер, за исключением третьего, наименее выраженного, пика в интервале 134–136 см. Этот интервал содержит заметное количество раковин *C. wuellerstorfi* — 3 раковины/г (92 штуки в пробе, промытой из навески грунта в 28 г). Чуть выше (128–132 см) была обнаружена одна раковина *Epistominella exigua*. Этот вид обычно считается характерным для морской изотопной стадии 5e (Jakobsson et al., 2001). По новым данным (Hanslik, 2011), он встречается и в более древних изотопных стадиях. По нашим данным, интервал 128–136 см содержит очень бедный комплекс фораминифер, он, скорее всего, сопоставим с более древней стадией, чем МИС 5e. Так, в изученном керне в пробе 128–132 см было всего три раковины бентосных фораминифер и десять планктонных, а проба 134–136 см содержала единственный бентосный вид *C. wuellerstorfi*. В то время как МИС 5e считается наиболее теплой и богатой микрофауной стадией четвертичного периода, в колонке AF-11-08 интервал 128–136 см содержит наиболее бедный и малочисленный комплекс фораминифер.

Ниже 51 см планктонные виды демонстрируют еще два пика численности — на уровне 75–100 см и 134–142 см. Обилие планктона и его хорошая сохранность указывают на периоды потепления и отсутствие постоянного ледового покрова, при наличии которого планктонные организмы не могут успешно развиваться. То, что в то же самое время практически отсутствуют бентосные фораминиферы, вероятно, связано с неблагоприятными для бентосных организмов условиями обитания — с не-

достаточным поступлением органики или неподходящим грунтом, гидродинамикой, недонасыщенностью грунта и придонных масс воды кислородом и т.п.

Ниже 186 см известковые бентосные фораминиферы в разрезе не встречены, за исключением одной раковины *C. wuellerstorfi* и единичных раковин планктона. Микрофауна представлена агглютинированными видами родов *Acshemonella* и *Trochammina* (в основном лишь фрагментами их раковин). Во многих интервалах содержится большое число железистых частиц и ожеженных фрагментов раковин. Разные этапы ожежения хорошо прослеживаются на планктонных фораминиферах — обычно ожежение охватывает от 10 до 90 % поверхности встреченных раковин. Существует мнение, что слои осадков коричневых оттенков, определяемые изменением отношения  $Fe^{+3}/Fe^{+2}$ , соответствуют времени существования более или менее окислительных условий в придонных водах на дне Северного Ледовитого океана (Левитан и др., 2014). Несмотря на присутствие в основном фрагментов агглютинированных раковин, по вариациям в их обилии и состоянии можно выделить еще два пика — в интервалах 186–188 и 248–252 см. Эти два интервала можно интерпретировать как периоды потепления, с сокращением ледового покрова.

В разрезе колонки AF-11-08 отсутствуют остатки фораминифер рода *Cyclammina*, обильно представленные в нижних частях разрезов колонок с поднятия Менделеева — AF-00-02, AF-00-07 (Андреева и др., 2007), относимые по палеомагнитным данным к плиоцену.

Всего в разрезе колонки AF-11-08 выделяется семь периодов повышенной биопродуктивности. Первые три — 0–2, 4–9 и 33–51 см — представлены пиками обилия как бентосных, так и планктонных фораминифер; четвертый — 75–100 см — представлен только пиком планктонных форм; пятый период — 134–146 см — содержит и планктонную и бентосную фауну; шестой и седьмой — 186–188 и 248–252 см — представлены обильным содержанием фрагментов агглютинированных фораминифер.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате изучения бентосных фораминифер в разрезе верхней части осадочного чехла котловины Подводников определены интервалы повышенной и пониженной биопродуктивности. Результаты микрофаунистического анализа свидетельствуют о накоплении верхних 20 см в колонке в котловине Подводников, как и в колонках на поднятии Менделеева, в течение позднего неоплейстоцена-голоцена. В верхней части разрезов колонок пики повышенного содержания бентосных и планктонных фораминифер в осадках совпадают (верхние 3 пика). Ниже по разрезам колонок такое совпадение проявлено слабее или вовсе отсутствует. Колонки по северной части поднятия Менделеева (AF-00-02 и AF-00-07) вскрыли, по видимому, плиоценовые отложения, что следует из массового присутствия раковин агглютинирующих фораминифер, в том числе цикламмин. Повышение содержания агглютинирующих фораминифер в колонке из котловины Подводников (AF-11-08) позволяет скоррелировать эту колонку с разрезами колонок с поднятия Менделеева (рис. 3). Полученные нами данные укладываются в «древнюю» стратиграфическую модель строения верхней части осадочного чехла Американо-Северного Ледовитого океана. В соответствии с этой моделью, в разрезах донных осадков пики продуктивности бентосных фораминифер приходятся на стадии МИС 1, 5 и 7.

Обращает на себя внимание «сжатость» самой верхней части разреза колонки AF-11-08, соответствующей МИС 1–3. Это может объясняться разрушением поверх-



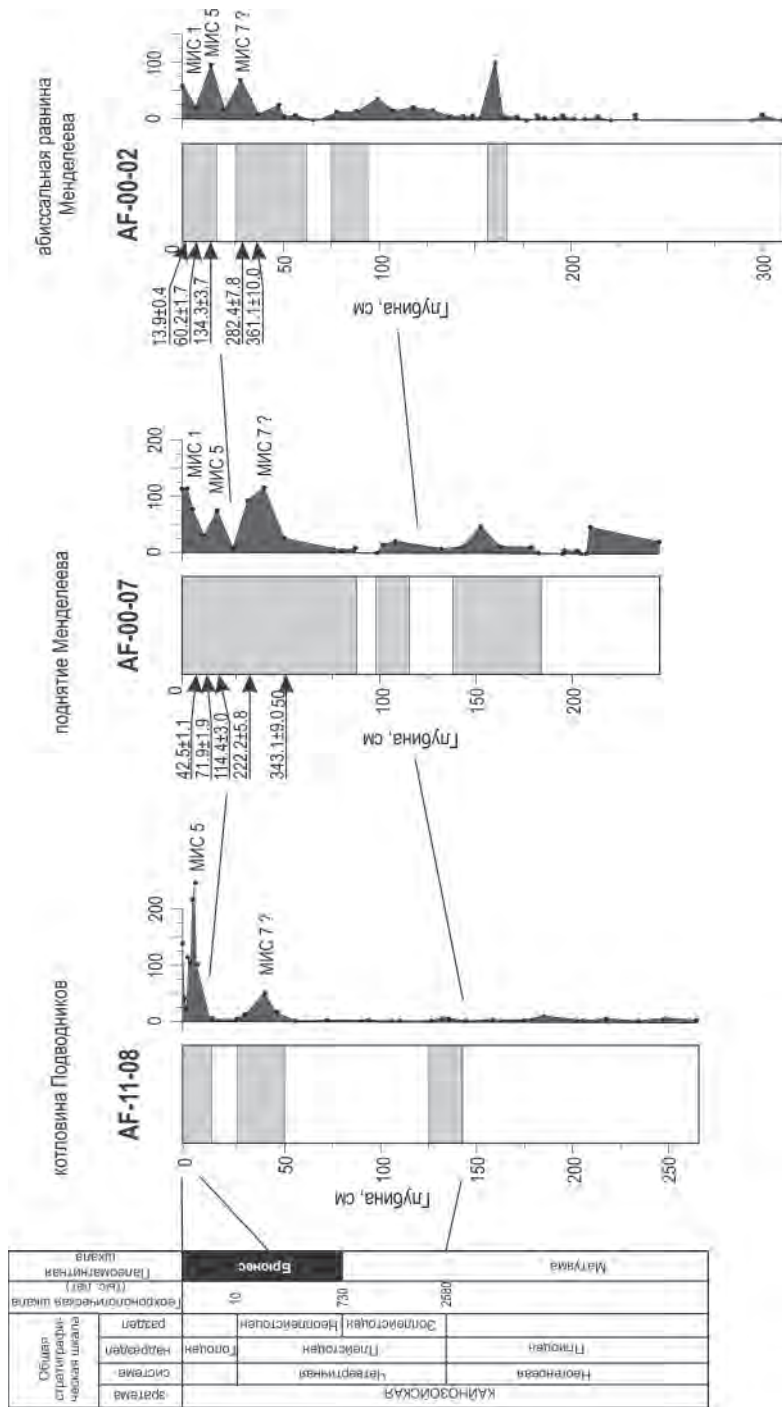


Рис. 3. Схема корреляции колонок, отобранных в котловине Подводников (AF-11-08), на поднятии Менделеева (AF-00-07) и на абиссальной равнине Менделеева (AF-00-02). Серым цветом отмечены интервалы коричневого цвета. Слева от колонок показаны значения возраста по  $^{230}\text{Th}$  изб. в тыс. лет. Справа от колонок приведены графики содержания бентосных фораминифер в экз./г. Точками отмечены места взятия проб.

ностной части разреза при пробоотборе. Возможно, грунтовая трубка при касании дна вытеснила поверхностные илы текучепластичной консистенции. Поэтому в полученном керне может отсутствовать самая верхняя часть разреза, соответствующая МИС 1–2. Другим объяснением может быть наличие перерыва в осадконакоплении во время, соответствующее МИС 2, что уже зафиксировано по данным радиоуглеродного анализа на поднятии Менделеева (Polyak et al., 2009).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева И.А., Басов В.А., Куприянова Н.В., Шилов В.В. Возраст и условия формирования донных осадков в районе поднятия Менделеева (СЛО) // Материалы по фанерозою полярных областей и центральной части Северо-Атлантического хребта. Тр. ВНИИОкеангеология. 2007. Т. 211. С. 131–152.
- Басов В.А., Куприянова Н.В. Стратиграфия и фации осадков по фораминиферам из грунтовых трубок экспедиции «Арктика-2007» (хребет Ломоносова) // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 7. Тр. ВНИИОкеангеология. 2010. Т. 210. С. 71–81.
- Гусев Е.А., Сколотнев С.Г., Александрова Г.Н., Былинская М.Е., Головина Л.А., Запорожец Н.И., Лайба А.А., Ляпунов С.М., Радионова Э.П. Первые результаты изучения глубоководных илов с Северного полюса // ДАН. 2008. Т. 421. № 6. С. 790–794.
- Гусев Е.А., Максимов Ф.Е., Новихина Е.С., Кузнецов В.Ю., Левченко С.Б., Жеребцов И.Е., Баранова Н.Г. К вопросу о стратиграфии донных осадков поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2012. № 4. С. 102–115.
- Гусев Е.А., Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Басов В.А., Новихина Е.С., Куприянова Н.В., Левченко С.Б., Жеребцов И.Е. Стратиграфия донных осадков Поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // ДАН. 2013. Т. 450. № 5. С. 573–578.
- Данилов И.Д., Теплев Е.В., Чугунов А.Б., Беляева Н.В., Хусид Т.А., Вириня Е.И., Полякова Е.И. Результаты палеогеографического изучения донных осадков центральной части Северного Ледовитого океана (хребет Менделеева) // Океанология. 1991. Т. 31. № 1. С. 108–116.
- Крылов А.А., Шилов В.В., Андреева И.А., Миролюбова Е.С. Стратиграфия и условия накопления верхнечетвертичных осадков северной части поднятия Менделеева (Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2011. № 2 (88). С. 7–22.
- Крылов А.А., Штайн Р., Ермакова Л.А. Глинистые минералы как индикаторы условий позднечетвертичного осадконакопления в районе поднятия Менделеева, Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана // Литология и полезные ископаемые. 2013. № 6. С. 507–521.
- Левитан М.А., Сыромятников К.В., Рощина И.А., Штайн Р. Соотношение цвета и химического состава четвертичных донных осадков из южной части поднятия Менделеева и континентального склона Восточно-Сибирского моря // Геохимия. 2014. № 3. С. 233–248.
- Саидова Х.М. Глубоководные сообщества бентосных фораминифер Северного Ледовитого океана // Океанология. 2011. Т. 51. № 1. С. 65–73.
- Смирнов О.Е. Рифтогенные структуры западного сектора Амеразийского суббассейна по данным комплексных геофизических исследований // Записки Горного института. 2013. Т. 200. С. 86–91.
- Пискарев А.Л., Андреева И.А., Гуськова Е.Г. Палеомагнитные данные о скорости осадконакопления в районе поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Океанология. 2013. Т. 53. № 5. С. 694–704.
- Талденкова Е.Е., Николаев С.Д., Рекант П.В., Погодина И.А., Портнов А.Д. Палеогеография хребта Ломоносова (Северный Ледовитый океан) в плейстоцене: литология осадков и микрофауна // Вестник МГУ. Сер. 5. Геогр. 2009. № 4. С. 45–54.

- Хусид Т.А.* Бентосные фораминиферы Канадской котловины Арктического бассейна // Тр. ИО АН СССР. 1982. Т. 117. С. 121–127.
- Adler R.E., Polyak L., Ortiz J.D., Kaufman D.S., Channell J.-E.T., Xuan Ch., Grottoli A.G., Sellen E., Crawford K.A.* Sediment record from the western Arctic Ocean with an improved Late Quaternary age resolution: HOTRAX core HLY0503-8JPC, Mendeleev Ridge // *Global and Planetary Change*. 2009. Vol. 68. P. 18–29.
- Clark D.L.* Magnetic reversals and sedimentation rates in the Arctic Ocean // *Geological Society of America Bulletin*. 1970. Vol. 81. № 10. P. 3129–3124.
- Clark D.L., Whitman R.R., Morgan K.A., Mackey S.D.* Stratigraphy and glacial-marine sediments of the Amerasian Basin, Central Arctic Ocean // *Geological Society of America Spec. Pap.* № 181. 1980. 57 p.
- Hanslik D.* Late Quaternary biostratigraphy and paleoceanography of the central Arctic Ocean: PhD dissertation, Dep. of Geological Sciences, Stockholm University. Stockholm, Sweden, 2011. 32 p.
- Jakobsson M., Løvlie R., Arnold E.M., Backman J., Polyak L., Knutsen J.-O., Musatov E.* Pleistocene stratigraphy and Paleoenvironmental variation from Lomonosov Ridge sediments, Central Arctic Ocean // *Global and Planetary Change*. 2001. Vol. 31. P. 1–22.
- Jakobsson M., Backman J., Murray A., Lovlie R.* Optically Stimulated Luminescence dating supports central Arctic Ocean cm-scale sedimentation rates // *Geochemistry Geophysics Geosystems*. 2003. Vol. 4. DOI: 10.1029/2002GC000423.
- O'Neil B.* Pliocene and Pleistocene benthic foraminifera from the Central Arctic Ocean // *Journal of Paleontology*. 1981. Vol. 55. №. 6. P. 1141–1170.
- O'Regan M., King J., Backman J., Jakobsson M., Pälike H., Moran K., Heil C., Sakamoto T., Cronin T.M., Jordan R.* Constraints on the Pleistocene chronology of sediments from the Lomonosov Ridge // *Paleoceanography*. 2008. Vol. 23. PA1S19, doi:10.1029/2007PA001551.
- Polyak L., Bischof J., Ortiz J.D., Darby D.A., Channell J.E.T., Xuan C., Kaufman D.S., Lovlie R., Schneider D.A., Eberl D.D., Adler R.E., Council E.A.* Late Quaternary stratigraphy and sedimentation patterns in the western Arctic Ocean // *Global and Planetary Change*. 2009. Vol. 68. P. 5–17.
- Sellen E., Jakobsson M., Frank M., Kubik P.W.* Pleistocene variations of beryllium isotopes in central Arctic Ocean sediments // *Global and Planetary Change*. 2009. Vol. 68. P. 38–47.