

УДК 551:553.24.552.14:552.46:550.86

## ВЛИЯНИЕ ФЛЮИДОВ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ И СОХРАННОСТЬ МИКРОФОССИЛИЙ В БИОГЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ ОСАДКАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО УЗЛА “ПОБЕДА” (СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКИЙ ХРЕБЕТ)

© 2019 г. И. Ф. Габлина<sup>1, \*</sup>, О. Б. Дмитренко<sup>2</sup>, Т. А. Хусид<sup>2</sup>, Н. В. Либина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Геологический институт РАН

Россия, 119107 Москва, Пыжевский пер., 7

<sup>2</sup> Институт океанологии РАН им. П. П. Ширшова  
Россия, 117997 Москва, Нахимовский проспект, 36

\* E-mail: gablina@ilran.ru

Поступила в редакцию 01.03.2019 г.

По материалам, полученным в рейсе № 37 нис “Профессор Логачев” в Российском разведочном районе, изучен видовой состав, распространение и сохранность карбонатных раковин нано- и микрофоссилий биогенных донных осадков в пределах гидротермального узла “Победа” (17°07.45′–17°08.7′ с. ш. Срединно-Атлантического хребта). Измерены физико-химические параметры и общая карбонатность осадков, выявлены их изменения по разрезам колонок. По комплексам кокколитов изученные осадки отнесены к верхней части (аспе) биостратиграфической зоны *Emiliana huxleyi*. Установлено, что в пределах зоны гидротермальной активности (рудный узел “Победа”) снижается общая численность микроорганизмов и уменьшается их видовое разнообразие, как правило, в нижней части колонок. Вниз по разрезу колонок снижаются также Eh, pH и карбонатность осадков. Эти изменения объясняются влиянием диффузных гидротермальных флюидов.

**Ключевые слова:** Срединно-Атлантический хребет, биогенные донные осадки, карбонатные микрофоссилии, гидротермальные поля, металлоносные и рудоносные осадки, диффузные флюиды, метасоматоз.

DOI: 10.31857/S0024-497X20196592-606

Работа посвящена изучению видовой состава, распространения и сохранности карбонатных раковин нано- и микрофоссилий в районе гидротермального узла “Победа” (17°07.45′–17°08.7′ с. ш. Срединно-Атлантического хребта), открытого в рейсе № 37 нис “Профессор Логачев” в блоках 37 и 39 Российского разведочного района, который был выделен России Международным органом по морскому дну при ООН между 13° и 20°50′ с. ш. Срединно-Атлантического хребта (САХ) с целью разведки и дальнейшей эксплуатации. Рудный узел расположен на восточном борту рифтовой долины и приурочен к западному склону горного массива 17°09′ с. ш. САХ.

Ранее нами было установлено существенное влияние гидротермальных флюидов на карбонатные биогенные осадки в зонах гидротермальной активности САХ [Габлина и др., 2011, 2015; Gablina et al., 2016; Хусид и др., 2018 и др.]. Настоящая работа является продолжением этих исследований во вновь открытом гидротермаль-

ном районе САХ — рудном кластере “Победа” и выполнялась с целью выяснения особенностей распространения и интенсивности проявления процессов преобразования биогенных донных осадков под влиянием гидротермальных флюидов в Центральной Атлантике.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для исследований был отобран в рейсе № 37 нис “Профессор Логачев”, который проводился ФГУНПП “Полярная морская геологоразведочная экспедиция” в 2014–2015 гг. Осадки отбирались телевизионным грейфером (ТВГ, g) и коробчатым пробоотборником (КП, k) с глубины от 2208 м до 3106 м. Физико-химические параметры поровых вод осадков были изучены в 8 колонках с помощью потенциометра “Эксперт–pH”.

Изученные колонки осадков отобраны в пределах гидротермального узла “Победа”, состоящего из двух рудных полей (“Победа-1”

и “Победа-2”) и рудопроявления “Победа-3”. Станция 37L075k расположена на поле “Победа-1”, станции 37L244g, 37L245g — на поле “Победа-2”, станции 37L179k, 37L184k, 37L246g — на рудопроявлении “Победа-3” (рис. 1). Описание геологического строения района основано на результатах рейса № 37 нис “Профессор Логачев” [Бельтнев и др., 2016]. Общая карбонатность литологически различных горизонтов осадков определена по 4 колонкам кулонометрическим методом на экспресс-анализаторе углерода АН7529М (ОАО “ГЗИП”, РБ) в лаборатории ИО РАН (аналитик Л. В. Демина).

Пробы для микропалеонтологических исследований отбирались по колонкам через 2 см.

Для изучения фораминифер пробы были промыты на сите с ячейей 0.05 мм. Определение

минерального состава проб и микрофотографии фракции >0.05 мм выполнены с использованием оптического микроскопа Nikon SMZ25 в ИО РАН. Промытые пробы просматривались в бинокулярном микроскопе Leica Wold M 3C (ув. ×70). Оценивалось общее количество раковин фораминифер, которое пересчитывалось на один грамм сухого осадка, а также число видов и их процентное соотношение.

Кокколиты исследовались в световом биологическом микроскопе “Amplival” (ув. ×1350) — 78 проб, и в сканирующем электронном микроскопе TE SCAN VTGA 3 (ув. ×20000) — 9 проб. Подсчет видов и их процентного соотношения проводился в световом микроскопе, количественная оценка давалась по присутствию представителей отдельных видов в поле зрения:

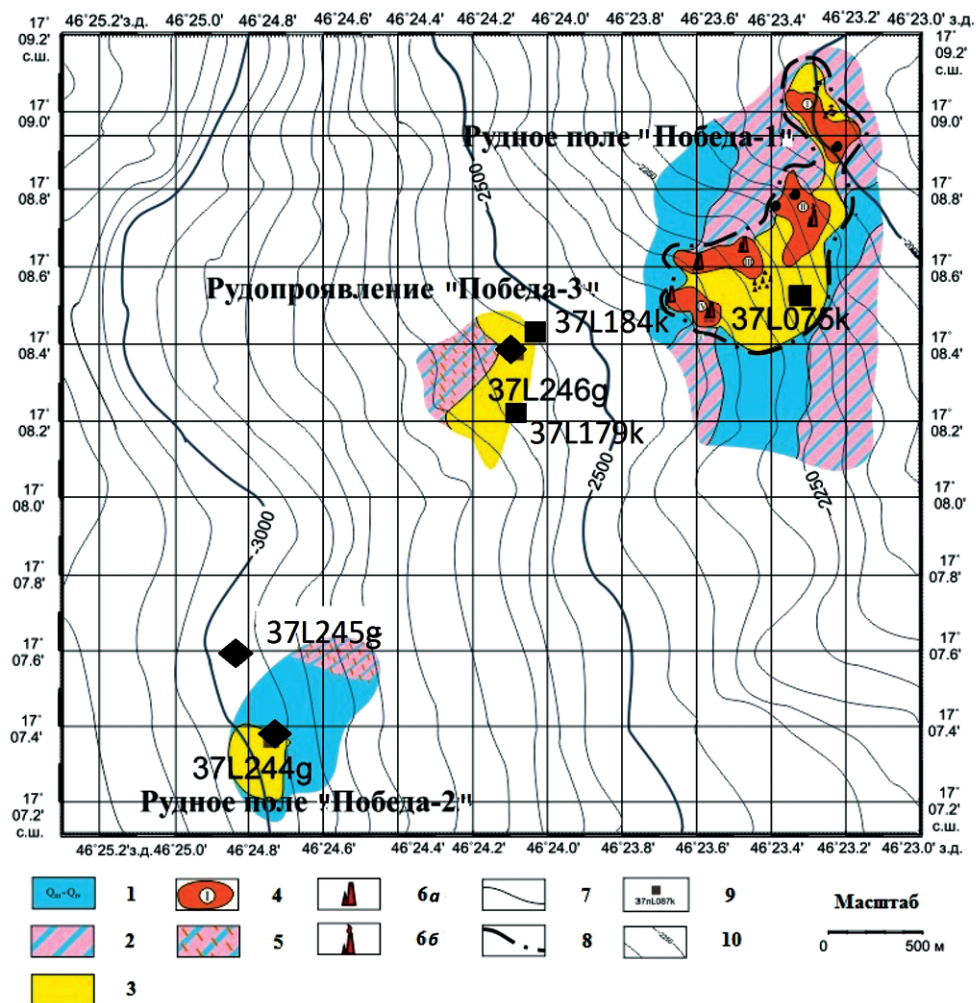


Рис. 1. Схема строения рудного узла “Победа” (по материалам [Бельтнев и др., 2016]).

1 — кокколит-фораминиферовые карбонатные илы; 2 — магматические породы, частично покрытые карбонатными осадками; 3 — рудосодержащие осадки; 4 — рудные тела узла “Победа”; 5 — гидротермально измененные породы; 6 — сульфидные постройки и трубные комплексы (а — неактивные, б — активные); 7 — геологические границы по данным телепрофилирования; 8 — границы рудного поля; 9 — станции отбора проб и их номера; 10 — изобаты.

“редко” — несколько раковин на весь препарат, “мало” — несколько раковин в поле зрения, “обычно” (“средне”) — десятки раковин в поле зрения, “много” — сотни в поле зрения, “масса” — сплошные кокколиты, без примеси постороннего материала.

### ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Рудный узел “Победа”, включающий гидротермальные рудные поля “Победа-1”, “Победа-2” и рудопоявление “Победа-3” (см. рис. 1), расположен на восточном борту рифтовой долины и приурочен к западному склону горного массива 17°09' с.ш. Склон расчленен многочисленными сбросами и трещинами; крутизна склона — в среднем 20°, на отдельных участках достигает 30°. В геологическом строении склона принимают участие базальты (преимущественно пиллоу-лавы), глубинные породы габбро-перидотитового комплекса и донные осадки. Наиболее широко распространены породы габбро-перидотитового комплекса, занимающие больше половины площади [Бельтнев и др., 2016].

Осадки представлены карбонатными ( $50\% < \text{CaCO}_3 < 75\%$ ) и слабо карбонатными ( $25\% < \text{CaCO}_3 < 50\%$ ), реже высококарбонатными ( $\text{CaCO}_3 > 75\%$ ) кокколито-фораминиферовыми илами, иногда с включениями раковин птеропод и эдафогенного материала, с прослоями металлоносных и рудоносных осадков в пределах рудных полей. В фоновых карбонатных осадках  $\text{Fe}_{\text{бкв}} < 10\%$ ; в металлоносных —  $10\% \leq \text{Fe}_{\text{бкв}} < 30\%$ ,  $[\text{Cu} + \text{Zn}]_{\text{бкв}} < 0.10\%$ ; в рудоносных —  $10\% \leq \text{Fe}_{\text{бкв}} < 30\%$ ,  $[\text{Cu} + \text{Zn}]_{\text{бкв}} \geq 0.25\%$ ; в рудных —  $\text{Fe}_{\text{бкв}} \geq 30\%$  и  $[\text{Cu} + \text{Zn}]_{\text{бкв}} \geq 0.25\%$ .

По данным придонного профилографа системы ГБО “МАК-1М”, в пределах Российского разведочного района мощность карбонатных осадков не превышает первых метров, и в редких случаях достигает 10 м. Наиболее значительные мощности осадков были отмечены в отрицательных формах рельефа — в понижениях между грядами и холмами. Максимальная мощность карбонатных осадков, вскрытых в рейсе № 37, составила 140 см (станция 37L216k). Возраст донных осадков исследованного сектора САХ голоцен-позднеплейстоценовый; маломощный осадочный покров, развитый в пределах гидротермального узла “Победа”, представляет верх-

нюю часть разреза, относящуюся к голоцену [Бельтнев и др., 2016].

Гидрофизическими исследованиями гидротермального узла “Победа” установлены проявления современной гидротермальной активности — аномалии мутности в придонных горизонтах водной толщи [Бельтнев и др., 2016].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### *Литологическая и физико-химическая характеристика осадков*

Мощность осадков с признаками гидротермального воздействия, определенная по колонкам, в пределах гидротермального узла “Победа” редко превышает 50–65 см. Мощность фоновых осадков, вскрытых станцией 37L215k, расположенной севернее рудного узла, составляет 110 см. Фоновые осадки в верхней части разреза представлены биогенными карбонатными отложениями коричневато-бежевой окраски с алевропелитовой структурой (размерность частиц  $\leq 0.1$  мм) и примесью песчаной фракции (0.1–2 мм), варьирующей от 10 до 50% за счет присутствия птероподового детрита. Нижний интервал (45–110 см) сложен пелитами (размерность частиц  $\leq 0.05$  мм) с примесью песка (5–10%); присутствует эдафогенный материал — авгит и обломки измененных базальтов, гидроксиды железа и редкие кристаллики сульфидов. В поверхностном слое осадков присутствуют пелловые частицы, кристаллики барита, сульфиды меди [Бельтнев и др., 2016].

Осадки в пределах гидротермального узла “Победа” представлены биогенными карбонатными ( $50\% < \text{CaCO}_3 < 75\%$ ) и слабо карбонатными ( $25\% < \text{CaCO}_3 < 50\%$ ) илами, а также птероподовыми песками и покрывают до 80% площади. Бескарбонатные осадки ( $\text{CaCO}_3 < 10\%$ ) были встречены только на станции 37L245g (таблица). Эти осадки в основном сложены пелитовым и песчаным материалом, находящимся в разных соотношениях, и варьируют от чистых пелитов до пелитов песчаных, песков пелитовых и песков.

Рудоносные и рудные осадки характеризуются синевато-серой, бурой, коричневой и коричневато-бежевой окраской, по составу песчанистые, кокколито-фораминиферовые с прослоями птероподовых; содержат зерна пирита с налетами сульфидов меди и борнита, раковины мик-

<sup>1</sup> бкв — в пересчете на бескарбонатное вещество.

роорганизмов оталькованные и замещенные сульфидами, арагонит, ангидрит, гидроксиды железа; характеризуются повышенным содержанием рудных элементов (Fe, Cu, Zn и др.) и пониженной общей карбонатностью. Эти осадки встречаются в разных частях разреза колонок, нередко (ст. 37L245g, 37L246g) — в нижней части. Содержание Fe в них иногда достигает более 48 вес. %, а содержание CaCO<sub>3</sub> уменьшается до 2.2% (ст. 37L245g, поле “Победа-2”) [Габлина и др., 2018]. В поверхностном слое осадков рудное вещество представлено главным образом дисперсным гетитом и железо-марганцевыми образованиями, реже атакамитом; в базальном горизонте, наряду с этими минералами, присутствуют сульфиды, кварц, барит и некоторые другие гидротермальные и терригенные минералы. Широко представлены обломки подстилающих пород — серпентинизированных перидотитов и габброидов, которые в верхних горизонтах осадков достигают размерности 0.5–1.5 см (рис. 2, рис. 3).

В рудоносных и фоновых осадках, вскрытых коробчатым пробоотборником и телегрейфером, были измерены физико-химические параметры поровых вод и выявлены их изменения по разрезу колонок. В фоновых осадках (по 5 станциям) величина Eh поровых вод колеблется в пределах 177.6 мВ (ст. 37L215k) — 247.7 мВ (ст. 37L225k), pH — от 7.6 (забой ст. 37L215k) до 7.7–7.9 (в разрезах большинства станций). В металлоносных и рудоносных осадках величины Eh и pH поровых вод уменьшаются сверху вниз по разрезу колонок: в металлоносных Eh — до 170.3 мВ (ст. 37L244g, поле “Победа-2”), pH — до 7.5 (ст. 37L246g, рудопроявление “Победа-3”); в рудоносных (ст. 37L245g) нижней части колонок Eh — до -110.3 мВ, pH — до 7.4 (рис. 4).

#### Бентосные фораминиферы

Бентосные фораминиферы изучены в осадках по колонкам станций 37L075k (“Победа-1”), 37L244g и 37L245g (“Победа-2”), 37L179k, 37L184k, и 37L246g (“Победа-3”).

Всего встречено 48 видов бентосных фораминифер, все с известковыми раковинами. Наиболее массовые виды: *Triloculina tricarinata*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Oridorsalis tener*, *Osangulariella umbonifera*, *Cassidulina reniforme*, *Globocassidulina subglobosa*, *Bulimina buchiana*, *Ehrenbergina trigona*. Во всех изученных колон-

**Таблица.** Содержание CaCO<sub>3</sub> в осадках гидротермального узла “Победа”

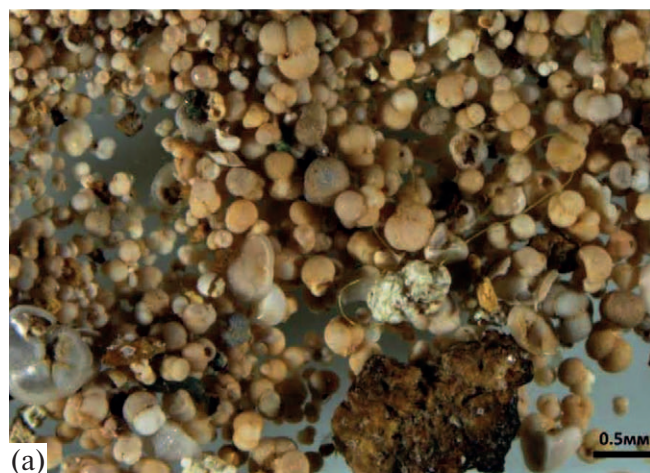
Колонка	Интервал, см	CaCO <sub>3</sub> , %
37L 075 “Победа-1”	02–10	50.725
	10–30	77.792
	30–47	81.992
	47–65	52.683
37L 244 “Победа-2”	0–5	50.242
	05–19	53.933
	19–40	57.746
37L 245 “Победа-2”	40–43	70.946
	03–08	16.079
	11–18	26.558
	25–30	55.675
	31–35	2.200
37L 246 “Победа-3”	39–43	2.642
	48–53	2.125
	0–10	83.392
	10–22	74.917
	22–39	73.396
	39–44	39.233
	44–48	52.108
	48–55	48.683

ках в распределении фораминифер наблюдается следующая тенденция: число раковин заметно уменьшается в направлении сверху вниз по разрезу колонок, изменяясь от 470–480 до 80–100 экземпляров в 1 г осадка, число видов снижается от 23 до 10–14.

Некоторое отклонение от этой тенденции наблюдается на самой глубоководной станции 37L245, выполненной телегрейфером на западной периферии рудного поля “Победа-2” (17°07.602' с.ш., 46°24.842' з.д., глубина 3106 м). На этой станции была получена короткая колонка длиной 50 см, из которой отобрано 12 проб толщиной 2 см (рис. 5)<sup>2</sup>.

В поверхностном слое (0–5 см) и в нижних горизонтах колонки (35–50 см) осадки сходные и представлены темно-коричневыми бескарбонатными рудоносными илами, с включениями сульфидных минералов и гидроксидов железа.

<sup>2</sup> На графиках распределения бентосных фораминифер (см. рис. 5–8) представлено процентное содержание наиболее важных видов.



(a)



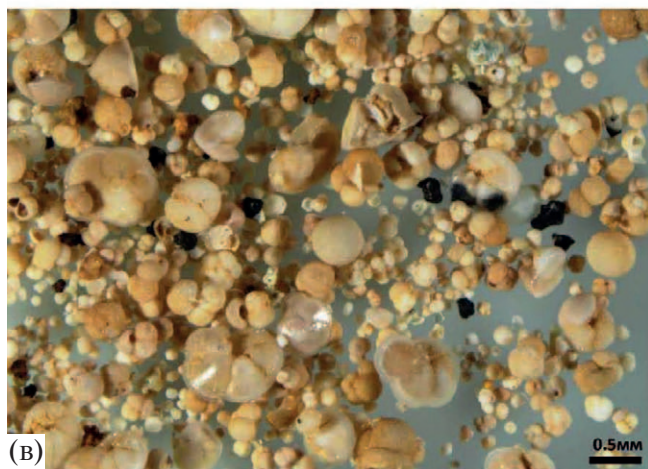
(a)



(б)



(б)



(в)



(в)

**Рис. 2.** Микрофотографии фракции  $>0.05$  мм осадков станции 37L244g (гидротермальное поле “Победа-2”).

а — интервал 5–8 см: темное — обломки пород; б — интервал 36–40 см: черное на раковинах — железо-марганцевые образования, зеленое — атакамит; в — интервал 48–53 см (базальный горизонт): черное — обломки пород, стекла, рудные минералы.

**Рис. 3.** Микрофотографии фракции  $>0.05$  мм осадков станции 37L245g.

а — интервал 8–18 см, б — интервал 25–30 см: биогенные осадки с примесью обломков пород, большая часть раковин пропитана гидроксидами железа (бурое); в — интервал 48–50 см (базальный горизонт): рудные осадки, состоящие из обломков рудных минералов, ангидрита, пород, псевдоморфоз сульфидов и гидроксидов железа по раковинам.

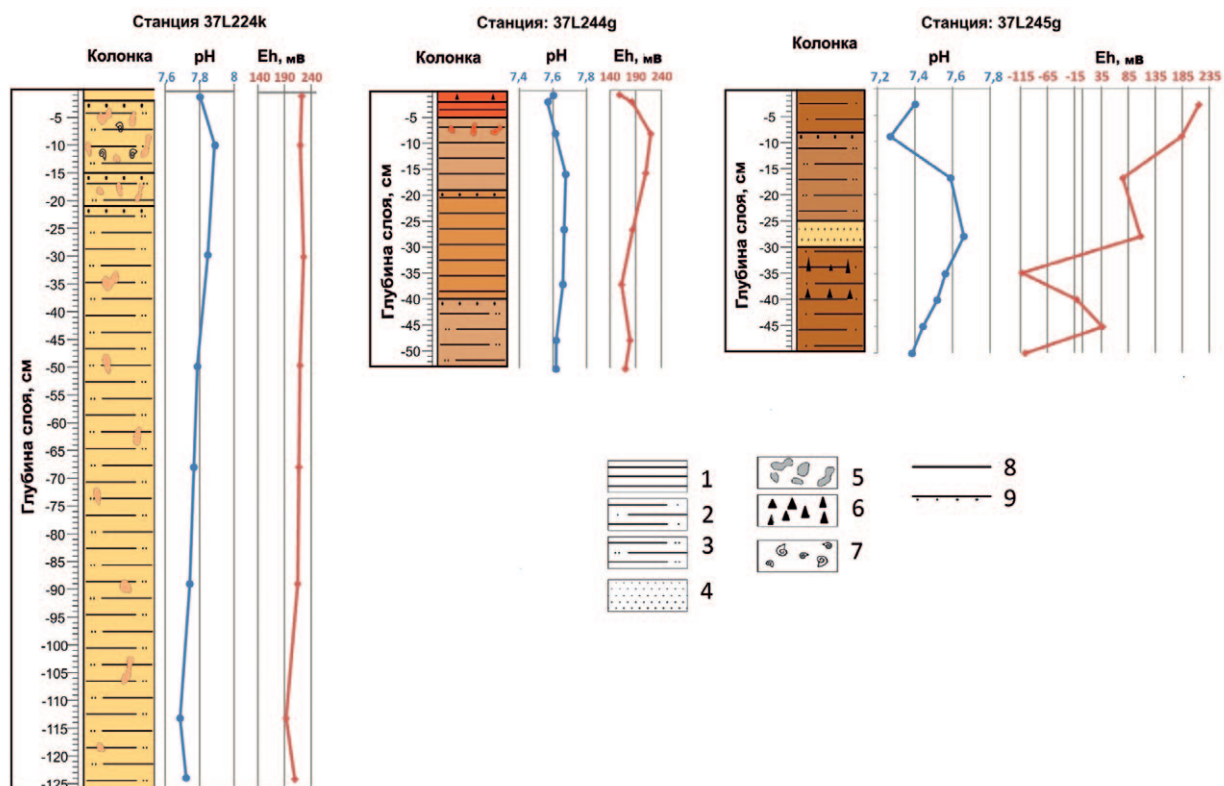


Рис. 4. Данные замеров Eh и pH в разрезе фоновых (ст. 37L224к), металлоносных (ст. 37L244г) и рудоносных (ст. 37L245г) осадков.

1–4 — гранулометрический состав: 1 — пелит, 2 — пелит с примесью песка, 3 — пелит песчаный, 4 — песок; 5–7 — включения: 5 — пятна биотурбации, 6 — обломки пород, вулканическое стекло, железо-марганцевые образования, рудные минералы, 7 — детрит птеропод; 8, 9 — границы между слоями: 8 — четкая, 9 — постепенная или нечеткая.

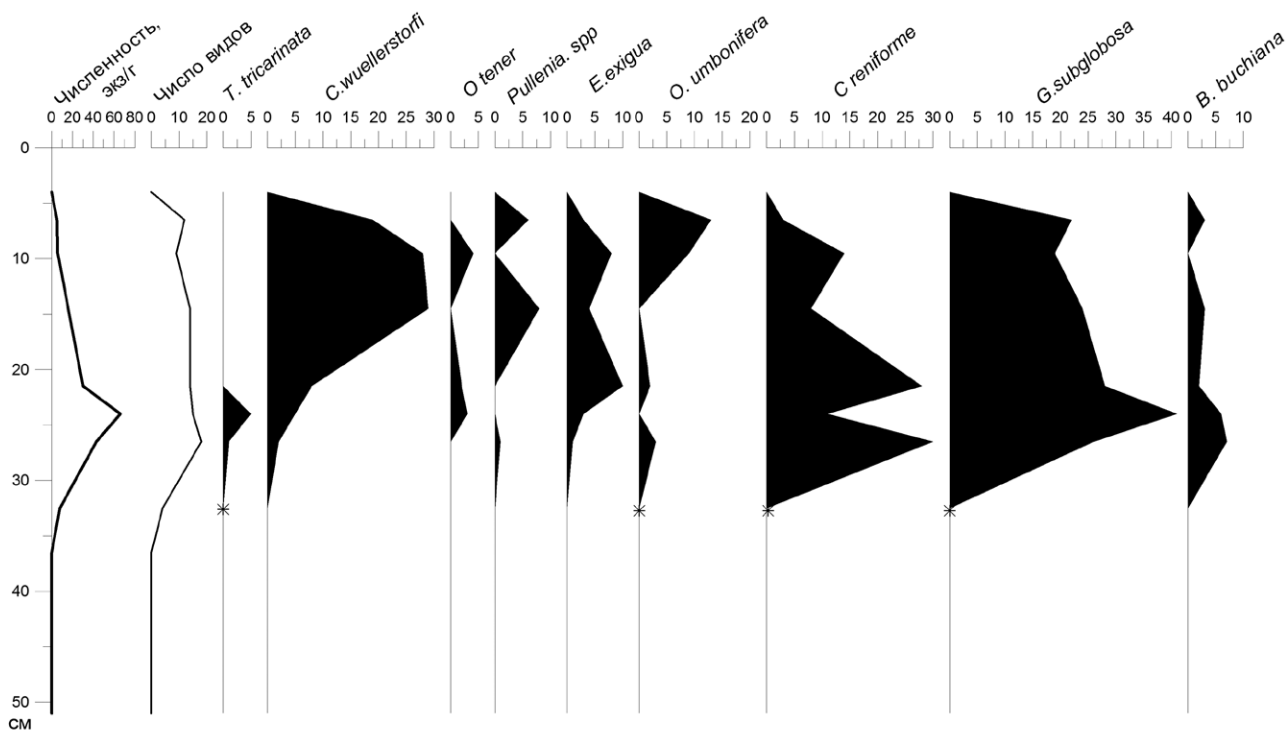


Рис. 5. Распределение бентосных фораминифер (%) в осадках колонки 37L245г.

\* — вид присутствует в единичных экземплярах.

В обоих горизонтах часто встречаются рыжие скопления гетита, иногда — зеленого атакамита, черных или темно-коричневых обломков пород (см. рис. 3); присутствуют редкие, сильно измененные раковины планктонных фораминифер (бентосные фораминиферы не были встречены).

В средней части колонки 37L245, так же, как и во всех изученных колонках на полигонах “Победа-1”, “Победа-2” и “Победа-3”, развиты карбонатные фораминиферово-кокколитовые коричневые илы, содержащие до 55% CaCO<sub>3</sub>. В слое 5–35 см отмытый осадок практически полностью состоит из неизмененных раковин планктонных фораминифер, и только на некоторых наблюдаются рыжие, иногда красноватые пятна гидроксидов железа. Численность планктонных раковин достигает 5–10 тыс. экземпляров в 1 г осадка (экз/г). Число бентосных фораминифер в карбонатных илах значительно ниже — от 10 до 73 экз/г, и составляет десятые, иногда сотые доли процента суммарной численности фораминифер. В бентосной ассоциации фораминифер карбонатных илов постоянно преобладает *Globocassidulina subglobosa* — характерный вид глубоководной Атлантики, доминирующий в субтропических и тропических бентосных ассоциациях Атлантики [Loubere et al., 1988; Sun et al., 2005]. Заметным количеством раковин представлены *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Pullenia* spp., *Cassidulina reniforme*. Все эти виды предпочитают обитание в холодных водах, *Cibicidoides wuellerstorfi* — эпифаунный вид, индикатор активных донных течений. В нижней части колонки увеличивается относительное содержание раковин вида *Osangulariella umbonifera* (Cushman, 1933) (синонимы вида: *Nuttallides umbonifera*, *Nuttallides bradyi*, Earland, 1934). Этот вид способен выживать в придонных условиях с низкой насыщенностью вод карбонатом кальция и низким содержанием кислорода [Sen Gupta et al., 1991]. В самом нижнем горизонте карбонатного слоя (30–35 см) этой колонки наблюдается резкое уменьшение численности фораминифер: планктонных — до 900 экз/г, бентосных — до 9 экз/г; часто наблюдаются черные, рыжие пятна на раковинах бентосных и, в большой степени, планктонных форм, а также, по-видимому, замещение карбоната раковин рудными и другими новообразованными минералами. Некоторые раковины практически полностью становятся рыжими или темно-рыжими, почти черными. Очевидно, такие изменения раковин связаны с воздействием гидротермальных

растворов на осадки, и в этом случае первыми растворяются наиболее высокопористые планктонные раковины, тогда как относительная роль более плотных раковин бентосных форм в ассоциациях фораминифер несколько увеличивается [Габлина и др., 2015; Хусид и др., 2018].

Под карбонатными илами, на глубине 35 см, облик осадков резко меняется: ниже этого уровня залегают темно-коричневые бескарбонатные рудоносные и рудные разновидности осадка, в которых фауна отсутствует. В верхнем горизонте рудоносного слоя (35–39 см) встречаются единичные рыжие, черные, зеленые и пиритизированные образования, по форме и размерам похожие на раковины планктонных фораминифер, что, скорее всего, связано с химическим замещением карбонатного вещества раковин рудными минералами. Ниже глубины 39 см и вплоть до основания колонки в рудоносных илах фораминиферы отсутствуют.

**Станция 37L244g** выполнена в пределах рудного поля “Победа-2”, на глубине 2995 м, координаты — 17°07.371' с. ш., 46°24.706' з. д. Длина колонки — 53 см; получено 11 проб (рис. 6). Осадки в этой колонке представлены коричнево-бежевыми илами, содержание карбоната кальция в них составляет 50–60%. На глубине 40 см осадки приобретают коричневую окраску, вблизи забоя в них присутствует черная крошка вулканических пород, пепловые частицы, рудные минералы (см. рис. 2).

Численность раковин бентосных фораминифер (БФ) постепенно уменьшается (от 96 до 20 экз/г) сверху вниз по разрезу колонки. Число видов в пробе (9–19) примерно такое же, как в коричневых карбонатных илах колонки 37L245. Преобладают те же виды: *Globocassidulina subglobosa*, *Cibicides wuellerstorfi*, *Osangularia umbonifera*, *Pullenia* spp., *Cassidulina reniforme*, *Epistominella exigua*, *Bulimina buchiana*, *B. exilis*. Характерно появление видов, типичных для батимальных глубин океана: *E. exigua*, *B. buchiana*, *B. exilis*. Планктонные формы составляют в комплексе основную массу фораминифер (более 99%) на всем протяжении колонки. Раковины как планктонных, так и бентосных форм обычно хорошей сохранности, иногда встречаются ожелезненные раковины. В нижней части колонки, на глубине 40 см, сохранность раковин ухудшается в результате воздействия гидротерм: на многих планктонных раковинах появляются зеленые и рыжие пятна, а также мелкие

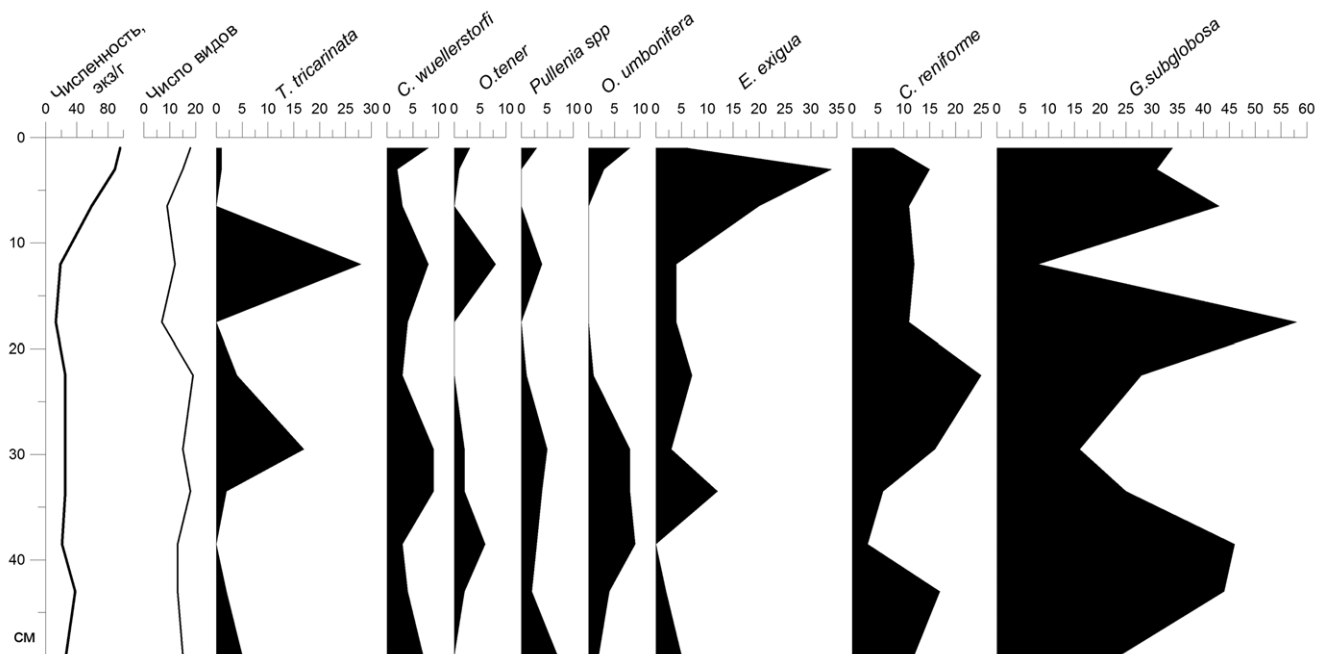


Рис. 6. Распределение бентосных фораминифер (%) в осадках колонки 37L244g.

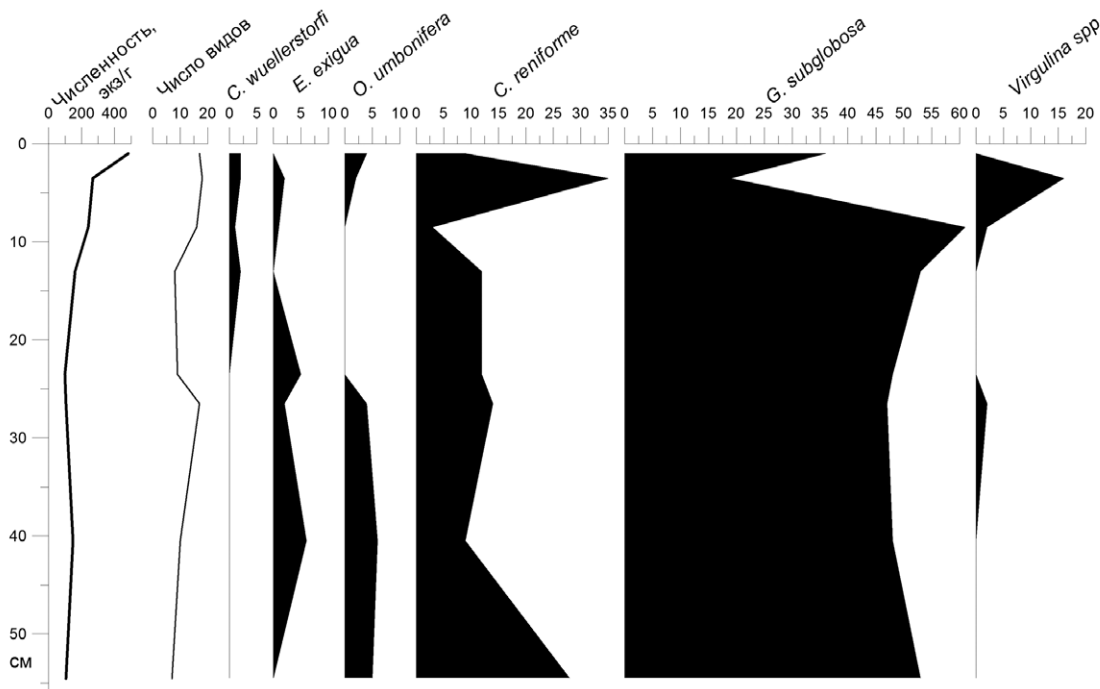


Рис. 7. Распределение бентосных фораминифер (%) в осадках колонки 37L246g.

плоские наросты черных железо-марганцевых образований.

Станция 37L246g выполнена телеграфом в пределах рудопроявления “Победа-3”, на глубине 2556 м, координаты 17°08.393’ с. ш., 46°24.090’ в. д. Длина колонки 55 см; получено

8 проб (рис. 7). Осадки по составу карбонатные фораминиферово-кокколитовые, в верхней части колонки (до глубины 10 см) они представлены светло-бежевыми илами с содержанием CaCO<sub>3</sub> 77–83%. Ниже, в слое 10–44 см, осадки приобретают красновато-коричневую окраску, становятся более грубозернистыми и соответ-



ствуют песчанистым илам; содержание  $\text{CaCO}_3$  в них уменьшается до 74–77%. В нижнем горизонте (44–55 см) осадки темные, красновато-коричневые, содержание  $\text{CaCO}_3$  — до 40%.

В светло-бежевых илах верхней части осадочной колонки численность БФ значительная — до 484 экз/г, число видов — 17–18. Практически все встреченные раковины бентосных и планктонных фораминифер хорошей сохранности. Ниже глубины 40 см, в темных красновато-коричневых илах численность раковин БФ снижается до 150–100 экз/г. В этой части колонки сохранность раковин планктонных фораминифер хуже, чем в верхних ее горизонтах: встречаются ожелезненные раковины, на поверхности присутствуют скопления железистой крошки. Так же, как и в других колонках, в составе бентосной популяции преобладают *Globocassidulina subglobosa*, *Cassidulina reniforme*, *Epistominella exigua*, *Bulimina buchiana*, *B. exilis*, причем доминирование *G. subglobosa* (50–60%) здесь выражено более отчетливо. Основную массу фораминифер составляют планктонные формы — более 99%, соответственно на долю бентосных форм постоянно приходится около 1%.

**Станция 37L075k** взята коробчатым пробоотборником севернее трех предыдущих станций в пределах рудного поля “Победа-1”, координаты 17°08.562' с.ш., 46°23.359' в.д., глубина 2208 м. Длина колонки — 65 см; получено 9 проб (рис. 8).

Осадки карбонатные, с содержанием  $\text{CaCO}_3$  70–80%. На протяжении всей колонки они представлены кокколито-фораминиферовыми илами. С глубины 47 см серовато-бежевые илы приобретают коричневую окраску и становятся металлоносными, содержание  $\text{CaCO}_3$  в них уменьшается до 50%. Численность бентосных фораминифер в осадках этой колонки самая высокая и достигает 200–473 экз/г. На глубине 47 см число раковин фораминифер снижается до 80–100 экз/г, и остается таким до основания колонки. В ассоциации бентосных фораминифер наблюдается высокая степень доминирования *Globocassidulina subglobosa*, доля которых значительно выше, чем в осадках других колонок. В осадках верхней части колонки фораминиферы этого вида составляют больше половины (до 70%) комплекса. Их содержание слегка уменьшается (до 43%) на глубине 47 см за счет присутствия милиолид и боливин — характер-

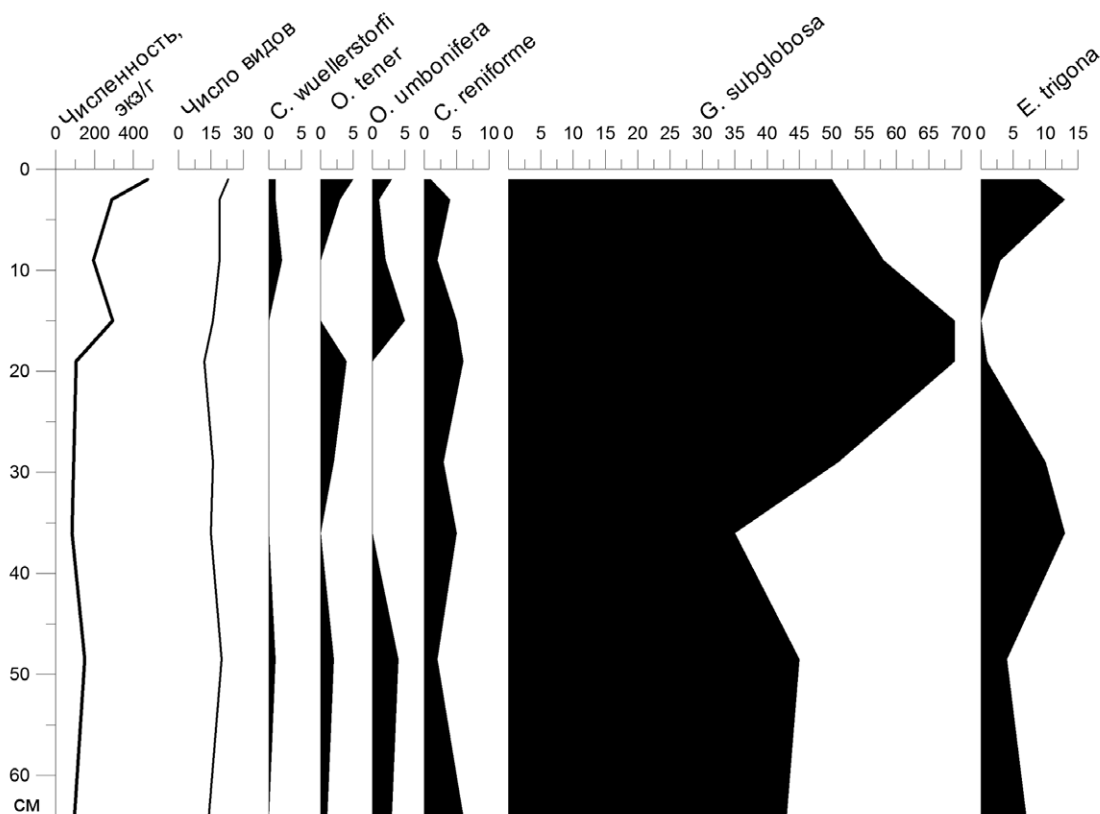


Рис. 8. Распределение бентосных фораминифер (%) в осадках колонки 37L075k.

ных видов батиали. Численность планктонных форм очень высокая в осадках этой колонки и почти в 100 раз превышает численность бентосных форм. В нижнем горизонте (47–65 см) встречаются рыжие (ожелезненные) раковины планктонных фораминифер, на некоторых присутствуют черные пятна, иногда раковины полностью черные.

Таким образом, в нижних горизонтах всех исследованных колонок рудного узла “Победа” карбонатные раковины подвергаются растворению и замещению рудными минералами, что обусловлено воздействием на осадки гидротермальных растворов. В нижней части самой глубоководной колонки 37L245g карбонатные раковины не были встречены, вероятно, все они полностью растворены.

### Нанофоссилии

Нанофоссилии были изучены в осадках станций 37L075k (“Победа-1”), 37L244g и 37L245g (“Победа-2”), 37L179k, 37L184k и 37L246g (“Победа-3”). Осадки светло-бежевые карбонатные фораминиферо-кокколитовые, в направлении сверху вниз по разрезу колонок они сменяются более темными с рыжеватым оттенком и темно-коричневыми бескарбонатными илами, в последних кокколиты отсутствуют. Полноценные разрезы, вскрыты на станциях 37L244g (0–53 см) (рис. 9), 37L184k (0–54 см), 37L246g (0–55 см) (рис. 10). В других колонках, где слабо карбонатные и бескарбонатные осадки стано-

вятся все более металлоносными, присутствуют единичные кокколиты: 37L075, горизонт 60 см (рис. 11) и 37L179, горизонт 35 см (рис. 12), или кокколиты отсутствуют полностью: 37L245, нижний горизонт 35–50 см (рис. 13). Общая численность кокколитов изменяется, как правило, от обычной до малой, очень редко достигая многочисленной или высокой. В нижних горизонтах колонок численность кокколитов в осадках, как правило, снижается, соответственно изменяется их видовое разнообразие. В отдельных случаях (колонка 37L244, см. рис. 9) в направлении нижних горизонтов эти показатели растут, что предполагает возможность проявления турбидитных процессов.

Подсчет кокколитов отдельных видов позволил выявить доминирующие виды, проанализировать процентные соотношения видов в ассоциациях, исследовать различия в структуре комплексов и установить их биостратиграфическую принадлежность. Многочисленные скопления кокколитов были встречены только в верхних 5 см разреза станции 37L075k (см. рис. 11). В остальных случаях подсчитываемые показатели заметно варьируют в разных колонках и изменяются в разных горизонтах разреза одной и той же колонки. Эти вариации могли быть связаны как с активизацией или ослаблением гидротермальной деятельности, так и с изменениями режима придонных течений, которые сопровождались размывами, переотложением осадков или оползневыми явлениями.

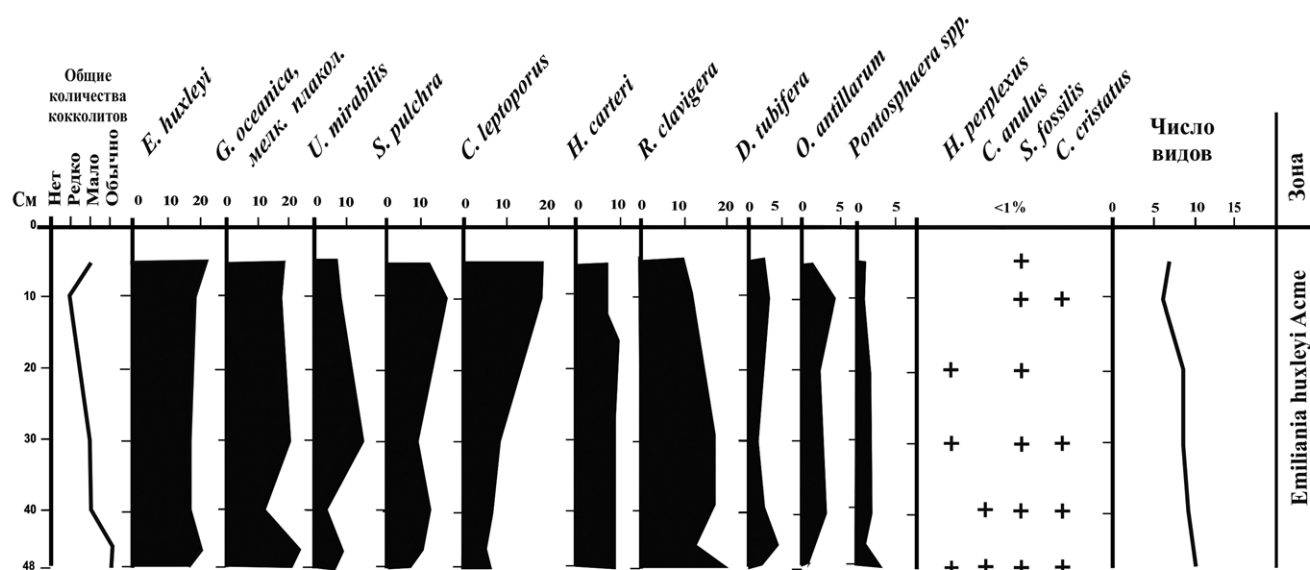


Рис. 9. Распределение кокколитов в осадках колонки 37L244g.

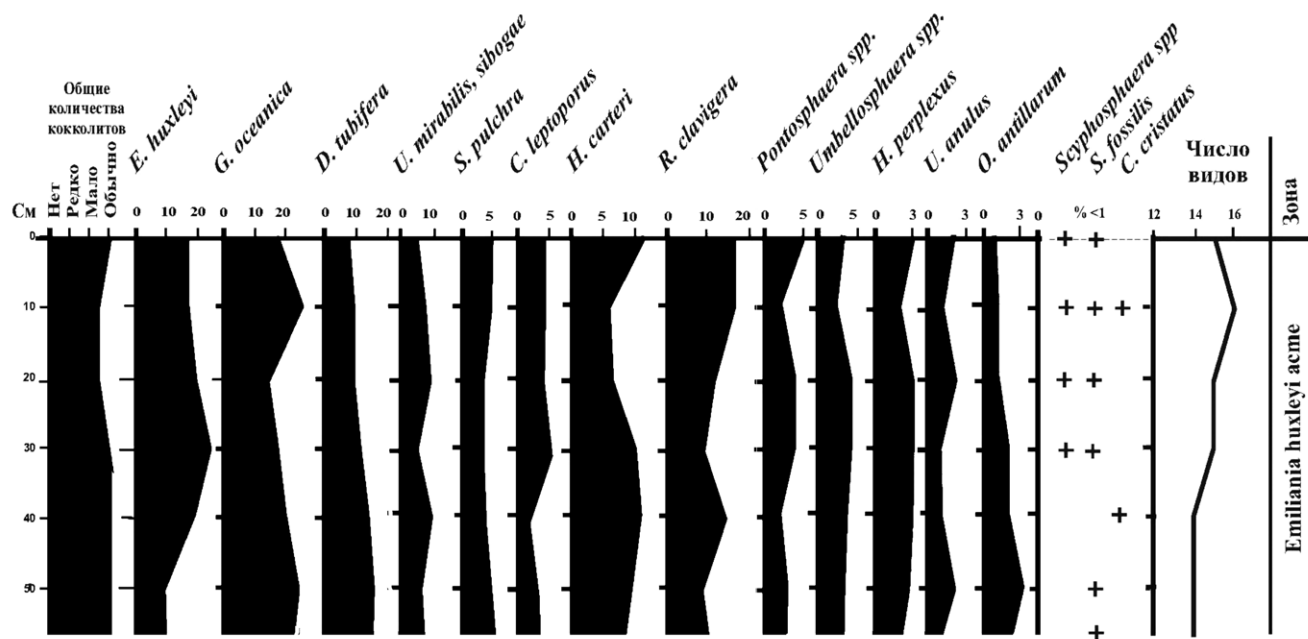


Рис. 10. Распределение кокколитов в осадках колонки 37L246g.

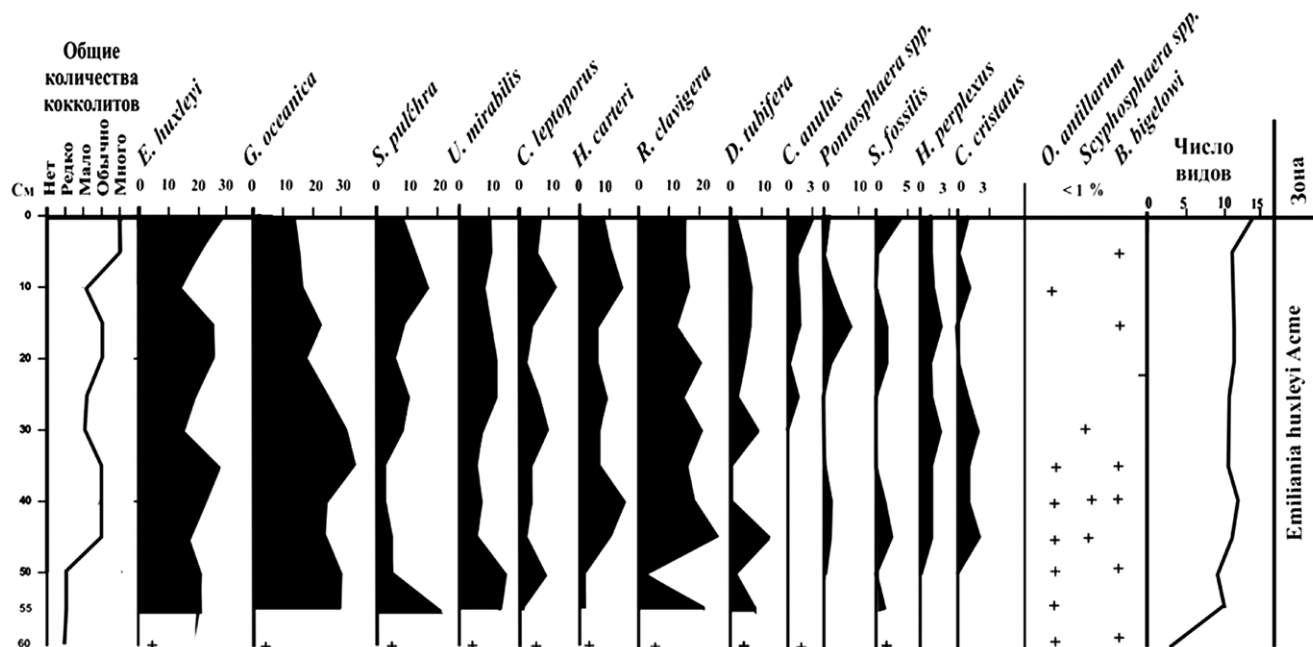


Рис. 11. Распределение кокколитов в осадках колонки 37L075k.

Всего определено более 30 видов, разнообразие в отдельных горизонтах достигает 16 видов. В осадках всех разрезов, в целом сходных по видовому и количественному составу карбонатного нанопланктона, значительный объем занимает вид *Emiliana huxleyi*, определяя одноименную зону асме верхнего плейстоцена — голоцена, возраст 0–0.07 млн лет [Gartner, 1977].

Не менее полноценно присутствие *Gephyrocapsa oceanica* (посчитан вместе с близким видом *G. caribbeanica* и с дисками плаколитов, соответствующих по размерам этим видам). Их количество часто достигает, а иногда и превышает 30% общей численности кокколитов. Третьим видом, образующим подобные скопления, является *Rhabdosphaera clavigera*. Увеличение кон-

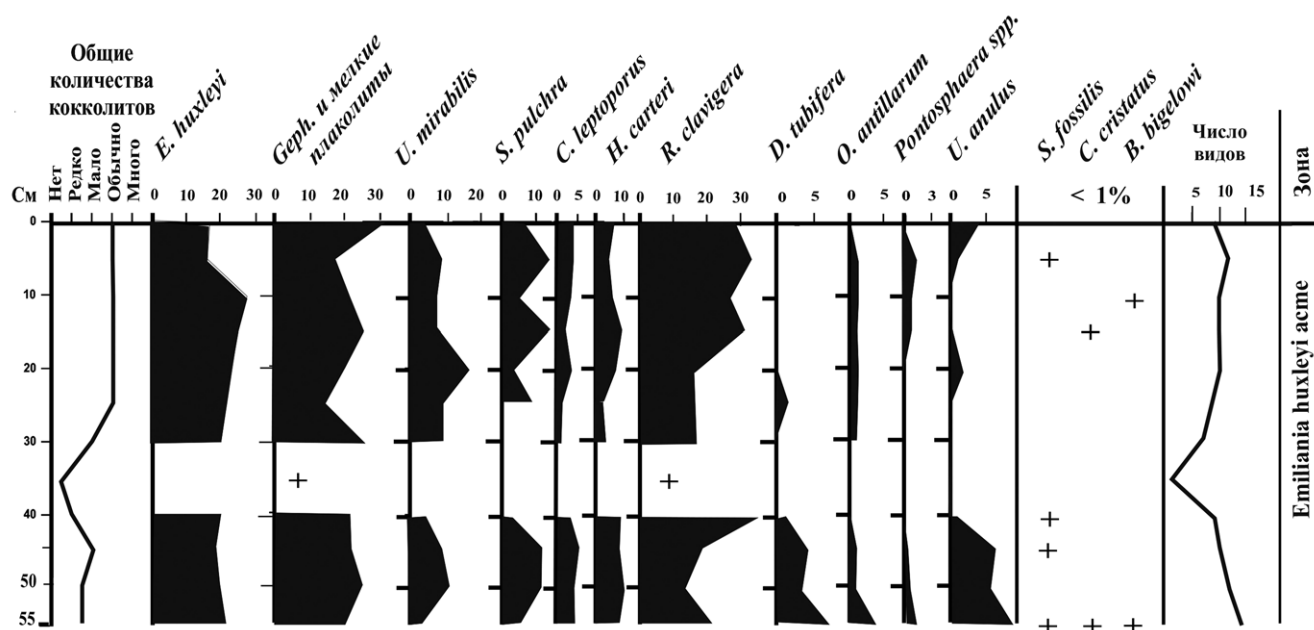


Рис. 12. Распределение кокколитофоров в осадках колонки 37L179к.

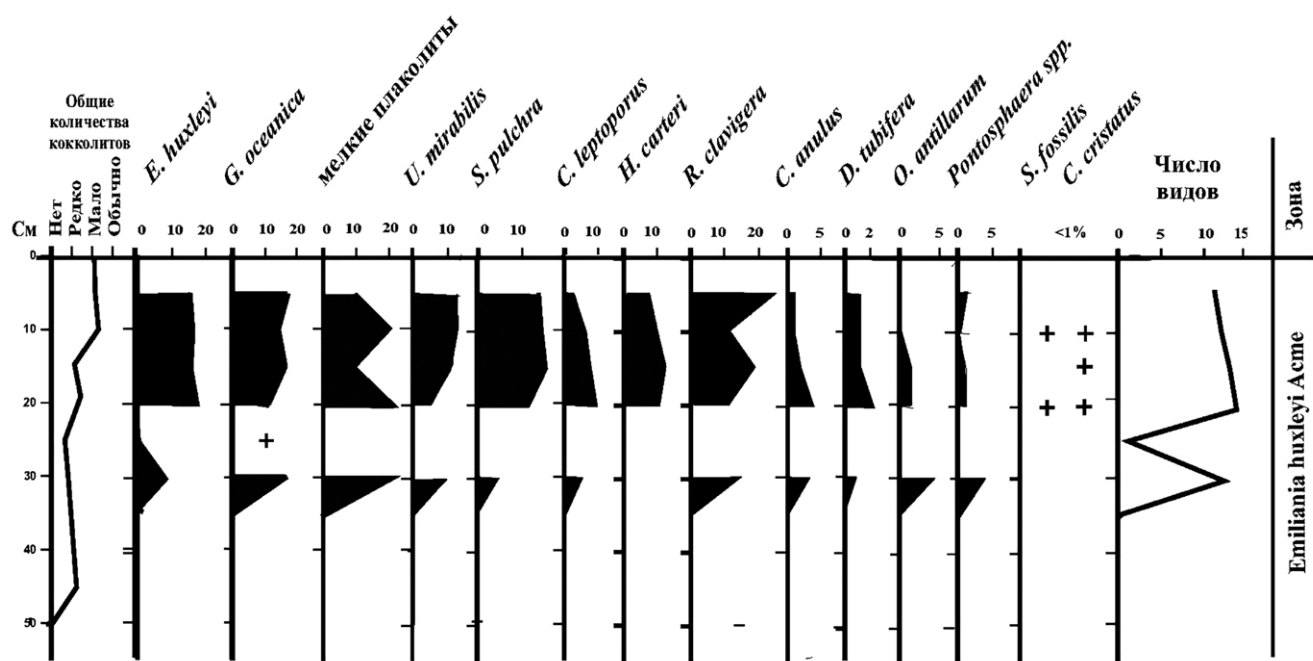


Рис. 13. Распределение кокколитофоров в осадках колонки 37L245г.

центрации представителей этого вида, скорее всего, отражает изменения условий придонной среды, связанные с активизацией гидротермальной деятельности, приводящей к возрастанию интенсивности процессов растворения остатков кокколитофорид. При этом численность представителей более мелких видов снижается, поскольку они частично исчезают из комплексов.

В то же время крупные и массивные остатки кокколитофорид вида *R. clavigera*, хорошо сохраняются, увеличивая свои концентрации. В исследованных колонках осадков исчезновение мелких видов, наряду с единичными находками редких видов (5–7 в каждой колонке) могут свидетельствовать о постоянном гидротермальном влиянии на данный район.

Представители видов *Umbilicosphaera mirabilis*, *Syracosphaera pulchra*, *Calcidiscus leptoporus*, *Helicosphaera carteri* образуют до 10–15% комплекса. Виды *Oolithothus antillarum*, *Umbilicosphaera anulus*, *Pontosphaera* spp. (*japonica* и *multiplora*) представлены в изученных разрезах постоянно, однако общая численность их представителей редко превышает 5%, и только *Discosphaera tubifera* иногда достигает 10% или несколько больше.

Все перечисленные выше виды кокколитофорид составляют основу комплексов, присутствующих в осадках всех изученных нами колоннок.

Небольшая группа видов, среди которых преобладают тепловодные — *Gephyrocapsa protohuxleyi*, *Hayaster perplexus*, *Syracosphaera anthos*, *Acanthoica quattropsina*, *Ceratolithus cristatus*, *Braarudosphaera bigelowi*, *Scapholithus fossilis*, *Scyphosphaera pulcherrima*, *S. apsteini*, как правило, эпизодически присутствует в отдельных горизонтах и встречается в единичных экземплярах. Во всех изученных колонках встречены немногочисленные скелетные фрагменты современного вида *Florisphaera profunda*.

В колонках 37L184, 37L244 и 37L246 (см. рис. 9, рис. 10) нанофоссилии распространены непрерывно по всей длине. Это свидетельствует об отсутствии во время формирования осадков значительного гидротермального влияния, приводящего к растворению кокколитофорид. В то же время в отдельных горизонтах колоннок 37L075, 37L179 и 37L245 они плохо сохранились или полностью отсутствуют. Так, в пробе из колонки 37L075 (горизонт 60 см) определены 12 видов, представленных единичными экземплярами; в колонке 37L179 определены 2 вида, также присутствуют мелкие неопределимые до вида плаколиты, в колонке 37L245 (горизонт 25 см) — встречен только один вид, кокколиты полностью отсутствуют в интервале 35–50 см (см. рис. 11, рис. 12, рис. 13).

Таким образом, по комплексу кокколитов, осадки соответствуют верхней части (асме) биостратиграфической зоны *Emiliana huxleyi* по схеме Гартнера. Можно предположить, что накопление изученных нами осадков происходило в течение последних 10000 лет, о чем свидетельствуют отдельные современные тепловодные виды.

Многочисленные комплексы кокколитов, их высокое видовое разнообразие (в целом бо-

лее 30 видов, до 16 в отдельных горизонтах), присутствие видов *Hayaster perplexus*, *Acanthoica quattropsina* и др. свидетельствуют о тропических условиях в верхних горизонтах водной толщи.

Наиболее значительному гидротермальному воздействию подвергался район колонки 37L245 (западная периферия поля “Победа-2”), относительно кратковременному — горизонт 35 см колонки 37L179 (рудопоявление (“Победа-3”), минимальному — нижние горизонты колонки 37L075 (“Победа-1”).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детально исследованы бентосные фораминиферы и карбонатные нанофоссилии в осадках гидротермального узла “Победа”, расположенного в районе 17°07.45'–17°08.7' с.ш. Срединно-Атлантического хребта (Российский Разведочный район).

По комплексам кокколитов установлено, что изученные нами осадки относятся к верхней части (асме) биостратиграфической зоны *Emiliana huxleyi*.

Изучено влияние гидротермальной деятельности на видовой состав, сохранность и распространение микроорганизмов. Показано, что в низах всех колоннок гидротермального узла “Победа” карбонатные раковины фораминифер под воздействием гидротермальных растворов подвергаются растворению и замещению рудными минералами. Максимальные изменения наблюдаются в колонке станции 37L245g, расположенной вблизи гидротермального поля “Победа-2”. В нижней части колонки полностью отсутствует карбонатный материал раковин, а в средней — наряду с раковинами глубоководных фораминифер вида *Globocassidulina subglobosa*, доминирующего в субтропических ассоциациях Атлантики, появляются представители вида *Osanglariella umbonifera*, приспособленного к обитанию в придонных условиях с низким содержанием кислорода. Эти условия могли быть связаны с поступлением на дно кислых восстановительных гидротермальных растворов. Станция 37L245g расположена за пределами рудного поля “Победа-2”, однако проявление признаков влияния гидротермальной активности на осадки и присутствие в базальной части колонки рудных осадков позволяют расширить площадь рудного поля в западном направлении (см. рис. 1).

Изучение нанофоссилий также показало, что в районах гидротермальной деятельности (рудный узел “Победа”), как правило, в нижней части колонок снижается общая численность и видовое разнообразие кокколитофоров. Параллельно увеличивается численность крупных видов, более устойчивых к растворению, таких как *Rhabdosphaera clavigera*. Ухудшается сохранность видов, связанная с растворением фрагментов кокколитофорид, а мелкие виды иногда исчезают полностью. Исчезновение мелких видов, наряду с единичными находками редких более устойчивых видов (5–7 в каждой колонке) могут свидетельствовать о постоянном гидротермальном влиянии на данный район.

Наиболее значительному гидротермальному воздействию подвергался район колонки 37L245g (поле “Победа-2”), кратковременно — горизонт 35 см колонки 37L179k (рудоявление (“Победа-3”), минимальному — нижние горизонты колонки 37L075k (“Победа-1”).

В отдельных случаях (колонка 37L244g) в направлении сверху вниз по разрезу, общая численность и видовое разнообразие остатков кокколитофорид возрастают, что свидетельствует о возможном проявлении на этом участке турбидитных процессов.

Проведенные исследования подтверждают высказанные нами ранее предположения о влиянии гидротермальных флюидов диффузного типа на формирование металлоносных и рудоносных горизонтов в современных донных биогенных карбонатных осадках изученного района Срединно-Атлантического хребта. Смещение кислых восстановительных флюидов, поступающих из пород ложа океана, с морской водой, насыщающей осадки, приводит к снижению окислительного потенциала и возрастанию кислотности поровых вод базальной части разреза осадков. Под воздействием кислых восстановительных растворов происходит растворение кальцитовых раковин, замещение их различными гидротермальными минералами (гидроксидами железа и марганца, сульфидами железа и меди и др.), что приводит к сокращению общей численности раковин микроорганизмов, уменьшению их видового разнообразия и образованию на месте биогенных карбонатных отложений метасоматических металлоносных и рудоносных гидротермальных образований. Высачивание гидротермальных растворов

на океанское дно приводит к изменению физико-химических характеристик придонной воды, а, следовательно, и условий обитания бентосной фауны, что выражается в появлении видов, устойчивых к изменившимся условиям (*Osanglariella umbonifera*).

Выявление металлоносных и рудоносных осадков метасоматического типа на всех исследованных нами объектах (гидротермальные поля Семенов, Ашадзе, Зенит-Виктория, Петербургское, рудный кластер “Победа”) [Габлина и др., 2015; 2018; Gablina et al., 2016 и др.] свидетельствует об их повсеместном распространении в зонах гидротермальной активности Срединно-Океанического хребта, перекрытых осадками, и позволяет рекомендовать поиски рудоносных осадков метасоматического типа в других участках САХ и Мирового океана.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность всем участникам рейса № 37 нис “Профессор Логачев” за помощь в отборе материала для исследований, а также Л. В. Деминой за проведение анализов, С. И. Меренковой за выполнение микрофотографий и А. И. Михайловой за помощь в оформлении статьи.

## ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках государственного задания (темы № 0135-2016-0003, № 0135-2019-0050, № 0149-2018-0016 и № 0149-2019-0007) при поддержке РФФИ (проект № 16-47.02009).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бельтенева В. Е., Рождественская И. И., Самсонов И. К. и др. Поисковые работы на площади Российского разведочного района в Атлантическом океане с оценкой прогнозных ресурсов ГПС категории Р<sub>2</sub> и Р<sub>3</sub> в блоках 31-45 // Отчет 37-го рейса НИС “Профессор Логачев”. Ломоносов: АО ПМГРЭ, 2016.
- Габлина И. Ф., Демина Л. Л., Дмитренко О. Б. и др. Состав и вторичные изменения микрофоссилий в осадках гидротермального поля Ашадзе-1 (тропическая зона Срединно-Атлантического хребта) // Океанология. 2011. Т. 51. № 3. С. 475-489.
- Габлина И. Ф., Дмитренко О. Б., Оськина Н. С. и др. Влияние гидротермальной активности на карбонатные микрофоссилии в донных осадках тропической Атлантики // Океанология. 2015. Т. 55. № 1. С. 113-125.

Хусид Т. А., Оськина Н. С., Лукашина Н. П. и др. Бентосные и планктонные фораминиферы в гидротермально активных районах Срединно-Атлантического хребта // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 1. С. 115-126

Gablina I. F., Dobretsova I. G., Popova E. A. Biomineralization Processes During the Formation of Modern Oceanic Sulfide Ore and Ore-bearing Sediments // Biogenic — Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems / Eds O.V. Frank-Kamenetskaya, E.G. Panova, D.Yu. Vlasov // Part of the series Lecture Notes in Earth System Sciences, Cham: Springer International Publishing, 2016. P. 43-54.

Gartner S. Calcareous nannofossil stratigraphy and revised zonation of the Pleistocene // Marine Micropaleont. 1977 V. 2. P. 1-25.

Loubere P. The impact of seasonality on the benthos as reflected in the assemblages of deep sea foraminifera // Deep-Sea Research. 1988. V. 1. № 45. P. 409-432

Sen Gupta B. K., Machain-Casillo M. L. Benthic Foraminifera in oxygen-poor habitats // Mar. Micropaleontol. 1993. V. 20. P. 183-201.

Sun X., Corlis B. H., Christopher W. et al. The effect of primary productivity and seasonality on the distribution of deep-sea benthic foraminifera in the North Atlantic // Deep-Sea Research. 2006. V. 1. № 53. P. 28-47.

## THE INFLUENCE OF FLUIDS ON THE SPECIES COMPOSITION AND PRESERVATION OF MICROFOSSILS IN BIOGENIC CARBONATE SEDIMENTS BY HYDROTHERMAL CLUSTER “POBEDA” (MID-ATLANTIC RIDGE)

I. F. Gablina<sup>1, \*</sup>, O. B. Dmitrenko<sup>2</sup>, T. A. Khusid<sup>2</sup>, N. V. Libina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geological Institute Russian Academy of Sciences,  
Pyzhevsky per. 7, Moscow, 119107 Russia

<sup>2</sup> Institute of Oceanology P. P. Shirshov Russian Academy of Sciences,  
Nakhimovsky prospect, 36, Moscow, 117997 Russia

\* E-mail: gablina@ilran.ru

Received March 01, 2019

The species composition, distribution and preservation of carbonate shells of nanno — and microfossils of biogenic bottom sediments within the hydrothermal cluster “Pobeda” (17°07.45′–17°08.7′ n) were studied on the basis of materials obtained in flight No. 37 of NIS “Professor Logachev” in the Russian exploration area (Mid-Atlantic ridge). Physical-chemical parameters and the total carbonate content of sediments were measured, their changes in column sections were revealed. For complexes of coccoliths studied precipitation is attributed to the top (acme) biostratigraphic zone of *Emiliana huxleyi*. It is established that within the zone of hydrothermal activity (ore cluster “Pobeda”) the total number of microorganisms decreases and their species diversity decreases, as a rule, in the lower part of the columns. Down the column section also decreases the Eh, pH and carbonate precipitation. These changes are explained by the influence of diffuse hydrothermal fluids.

**Keywords:** Mid-Atlantic ridge, biogenic bottom sediments, carbonate microfossils, hydrothermal fields, metal-bearing and ore-bearing sediments, diffuse fluids, metasomatism.

DOI: 10.31857/S0024-497X20196592-606