

УДК 593.66

## СУЩЕСТВУЕТ ЛИ СВЯЗЬ АБИССАЛЬНЫХ СКЛЕРАКТИНИЕВЫХ КОРАЛЛОВ С ОКЕАНСКИМ КОНВЕЙЕРОМ?

© 2017 г. Н.Б. Келлер, Н.С. Оськина, Т.А. Савилова

Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва, Россия  
e-mail: keller@ocean.ru; nsoskina@mail.ru; bottom51@mail.ru

Поступила в редакцию 23.04.2015 г.

После доработки 27.01.2016 г.

Обобщаются результаты изучения склерактиниевых кораллов абиссали. Анализ карт распространения этих кораллов позволяет сделать вывод о тесной связи между расселением видов и положением течений, образующих глобальный океанский конвейер. Для построения карт авторами были использованы литературные и собственные материалы, собранные в экспедициях Института океанологии им. П.П. Шишова РАН. Всего были получены сведения по 106 станциям. На картах было приведено положение глобального океанского конвейера. Характер расселения абиссальных видов кораллов подтверждает высказанное нами предположение о двух возможных путях происхождения абиссальной фауны. Рода *Fungiacyathus* и *Leptopenus*, по нашему мнению древние, возникли в глубинных слоях океана, тогда как вид *D. parvulus*, по-видимому, произошел от мелководных предков и спустился в вниз в абиссаль в результате перехода к неотеническому развитию.

DOI: 10.7868/S0030157417040098

В этой статье обобщены результаты изучения склерактиниевых кораллов абиссали. Наша цель – выяснение характера их распространения в глубинах океана и определения влияния течений на их расселение, поскольку влияние рельефа и глубин подробно рассматривалось во многих наших предыдущих работах [4, 6]. Несколько десятилетий тому назад исследования океанологов привели к открытию существования глобально океанического конвейера, который охватывает все океаны, кроме северного Ледовитого [7, 8]. По результатам обработки скважин глубоководного бурения в океане было установлено, что возникновение конвейера относится к середине миоцена [1].

Склерактинии обитают на всех географических широтах в широком диапазоне глубин. Однако, большинство современных родов живет в пределах континентального шельфа, меньшая часть – в батиали. Морфология батимальных и шельфовых кораллов необыкновенно разнообразна. Из всего этого разнообразия в абиссальных глубинах способны существовать только одиночные, уплощенные кораллы, свободно лежащие на грунте. Над их округлой и широко раскрытой чашкой высоко выступают септы с шиповатым верхним краем; число септ не превышает 48, часто их 24; скелет в целом носит облегченный, часто перфорированный характер с отчетливой шести лучевой радиальной симметрией. Подобный скелет строится

с наименьшими затратами энергии и материала. Он способен поддерживать максимальное по объему тело относительно объема самого скелета, формируя при этом наибольшую поверхность контакта со средой, что особенно важно в условиях разреженности пищи и трудности извлечения ионов кальция из воды, характерных для абиссали. Такой формой обладают все абиссальные виды родов *Fungiacyathus*, *Leptopenus*, и *Deltocyathus*. В абиссальной зоне живут лишь четыре вида трех родов этих полипов. Это: два обитающих на глубинах от 2000 м до 5000 м вида современного рода *Leptopenus* (*L. discus* Moseley, 1881 и *L. solidus* N. Keller, 1972), причем второй вид новый, один его экземпляр встречен лишь однажды и здесь не рассматривается [3]. Вид *F. marenzelleri* (Vaughan, 1906), принадлежащий к известному с эоцена роду *Fungiacyathus*, обитает обычно на глубинах ниже 2000 м, при этом он самый глубоководный из склерактиний, так как найден на максимальной для этих кораллов глубине: 6328 м [2]. Оба вида встречаются во всех океанах, кроме Северного Ледовитого. Единственный абиссальный вид возникшего в палеогене рода *Deltocyathus* (*D. parvulus* N. Keller, 1982), обнаружен на глубинах 3980–4900 м. Его распространение ограничено Тихим океаном [4].

Кроме всего прочего, мы постараемся ответить на вопросы: почему виды *F. marenzelleri* и *L. discus* так широко расселились? И почему они не зашли в Арктику?

## Виды склерактиний и использованные литературные источники

| Вид                    | Литературные источники |                 |                |                |                   |                |                |
|------------------------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
|                        | Moseley<br>1881        | Vaughan<br>1906 | Cairns<br>1979 | Cairns<br>1982 | Zibrowius<br>1980 | Келлер<br>2012 | Keller<br>2014 |
| <i>F. marenzelleri</i> |                        | +               | +              | +              | +                 | +              | +              |
| <i>L. discus</i>       | +                      |                 | +              |                |                   | +              |                |
| <i>D. parvulus</i>     |                        |                 |                |                |                   | +              | +              |

## МАТЕРИАЛ

В статье использованы литературные [9–14] и собственные материалы, собранные в многочисленных экспедициях Института океанологии [2–4]. При сборе коллекций использовались тралы и дночерпатели. Всего были получены сведения по 106 станциям, из них 28 станций в Атлантике, 7 – в Индийском, 71 – в Тихом океане. Количество экземпляров на станциях менялось от 1 до 100, при этом станции с единичными экземплярами существенно преобладают. Наибольшее количество экземпляров вида *F. marenzelleri* обнаружено нами в Курило-Камчатском и Оркнейском желобах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе собственных и литературных данных были построены карты распространения трех абиссальных видов склерактиниевых кораллов (таблица).

Вид *Fungiacyathus marenzelleri* (рис. 1) широко представлен во всех трех океанах, а также в приантарктическом районе.

В Тихом океане наиболее многочисленные находки этого вида отмечены в Курило-Камчатском и Алеутском желобах, вдоль западного побережья северной и южной Америки. Довольно большое количество станций с кораллами обнаружено вдоль экваториального пояса. При этом следует отметить, что внутри петли Глобального конвейера (рис. 1) ни одной находки этого вида не отмечено. Аналогичная ситуация в Южной Пацифике – внутри петель конвейера вид не зафиксирован. В западной Пацифике многочисленные представители этого вида были обнаружены на станциях вокруг восточного побережья Австралии.

В Северной части Индийского океана вид практически не фиксирован – ни вдоль побережья, ни вдоль петли конвейера. В южной части Индийского океана отдельные находки имеются у южного побережья Австралии и в приантарктическом районе, причем они приурочены к отдельным элементам конвейера, к его поверхностной

части (рис. 1) Внутри приантарктической петли конвейера вид не обнаружен.

В высоких широтах северной Атлантики, севернее Исландии, вид не найден, петля конвейера пустая (рис. 1). Южнее шестидесятого градуса с.ш. отмечены многочисленные станции с кораллами этого вида на периферии, но не внутри петли глобального конвейера. В Центральной части Атлантики вид не обнаружен. В южной Атлантике вдоль западного побережья Африки находок вида также нет. Однако он хорошо представлен внутри одной из петель конвейера, а также вдоль трассы глубинной части конвейера, идущей из приантарктического района вдоль побережья южной Америки. Внутри всех трех петель приантарктического региона вид не фиксирован, отдельные его находки приурочены либо к краевым частям, либо между петлями конвейера (рис. 1).

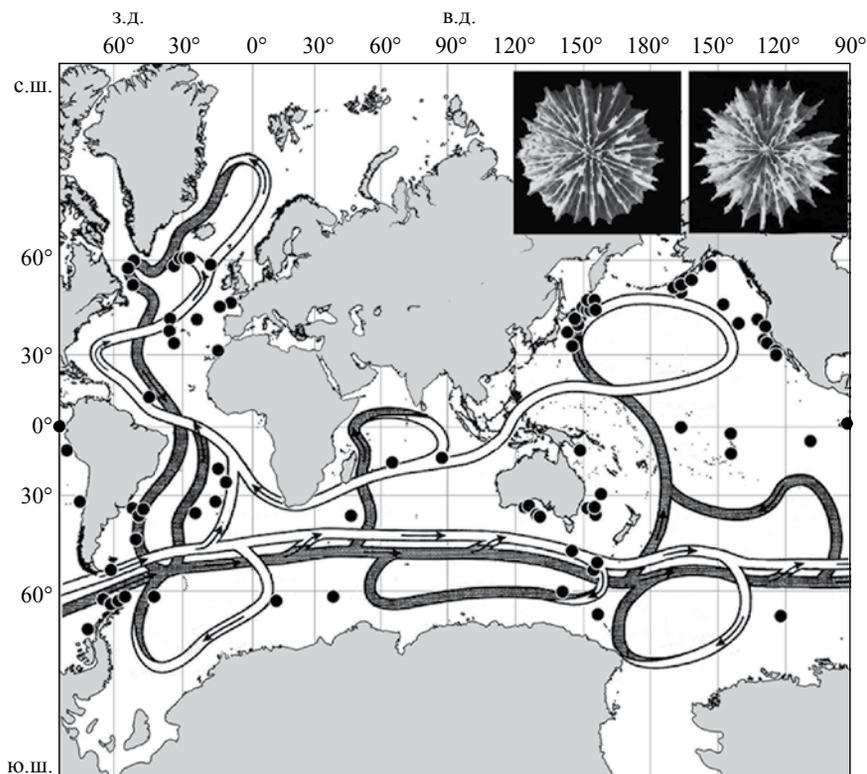
Вид *Leptopenus discus* также встречен во всех трех океанах, но в значительно меньшем количестве (рис. 2).

В северной Пацифике этот вид представлен в Курило-Камчатском, Алеутском желобах и у побережья северной Америки, причем внутри северной петли круговорота он отсутствует. На всей акватории тропической и южной Пацифики он не обнаружен. Несколько находок отмечено в приантарктическом районе, на периферии петли круговорота (рис. 2).

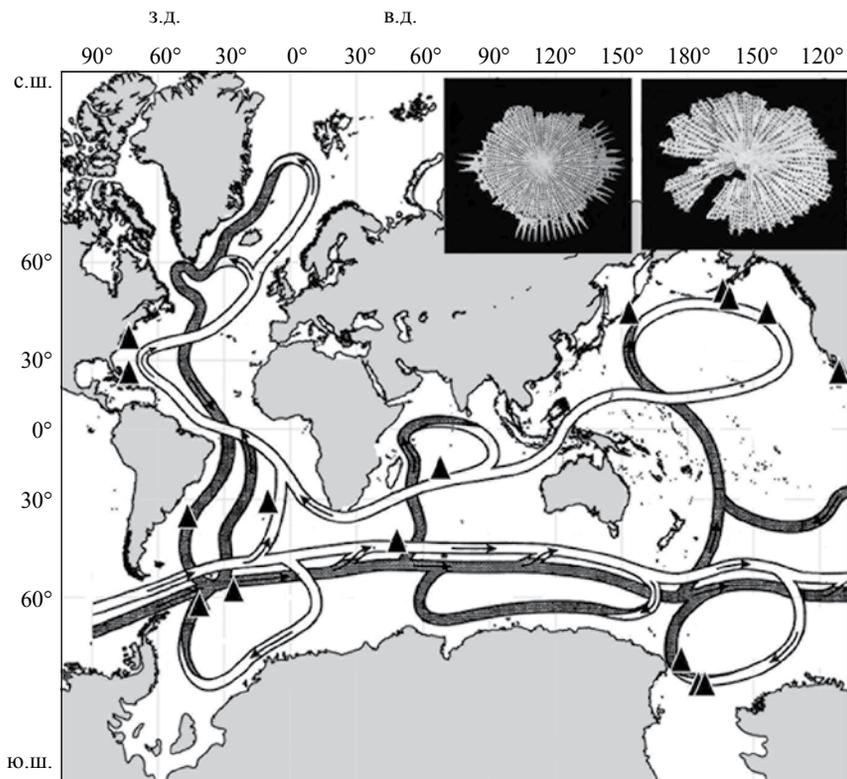
В Индийском океане *L. discus* найден всего на двух станциях, обе приурочены к поверхностным частям конвейера (рис. 2).

В Северной Атлантике находок мало – зафиксированы только две у восточного побережья северной Америки. В восточной Атлантике их вообще нет. В южной Атлантике этот вид был встречен на четырех станциях, причем все они приурочены к веткам течений глобального конвейера. Внутри петель конвейера ни одной находки кораллов этого вида не обнаружено на всей акватории Мирового океана.

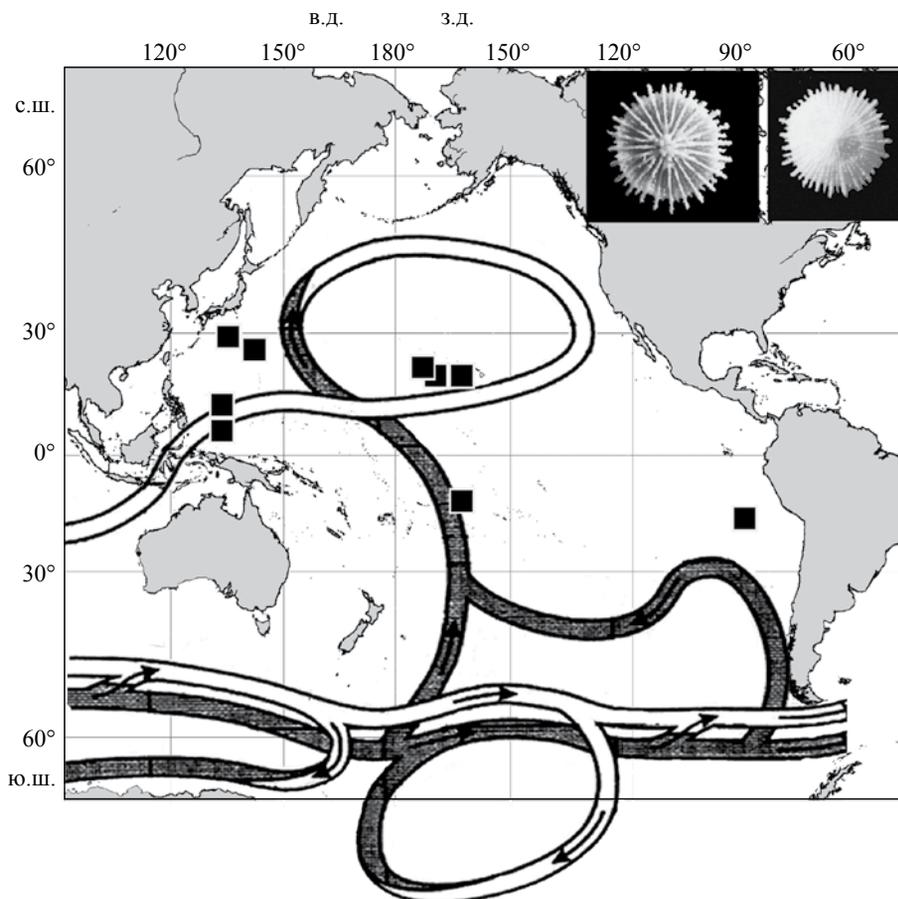
Распространение вида *Deltocyathus parvulus* ограничено Тихим океаном. В северной Пацифике он встречен в тропических широтах на



**Рис. 1.** Распределение вида *Fungiacyathus marenzelleri* (Vaughan, 1966) в Мировом океане и положение глобального океанского конвейера (светлыми линиями обозначена поверхностная часть конвейера, темными – глубинная). На фото: слева – вид сверху, справа – вид снизу.



**Рис. 2.** Распределение вида *Leptopenus discus* (Moseley, 1881) в Мировом океане и положение глобального океанского конвейера (светлыми линиями обозначена поверхностная часть конвейера, темными – глубинная). На фото: слева – вид сверху, справа – вид снизу.



**Рис. 3.** Распределение вида *Deltocyathus parvulus* (N. Keller, 1982) в Мировом океане и положение глобального океанского конвейера (светлыми линиями обозначена поверхностная часть конвейера, темными — глубинная). На фото: слева — вид сверху, справа — вид снизу.

западе океана и в его центральной части. Везде внутри петли конвейера, около ее поверхностной ветви (рис. 3). В южной Пацифике вид встречен лишь на двух станциях, причем одна из них расположена на глубинной части глобального конвейера.

Анализ карт распространения склерактиний показывает наличие четкой связи с циркулирующей вод — с глобальным океанским конвейером — причем как с глубинной, так и с поверхностной его частью.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Расселение глубоководных кораллов определяется их происхождением и характером их размножения. Склерактинии размножаются личинками, имеющими планктонную стадию. Личинки глубоководных кораллов (по аналогии с мелководными полипами), по всей вероятности, оседают на грунт в течение одного — двух дней после вымета. Часть не осевших личинок и возможно,

бесскелетных форм полипов остается в толще воды в течение нескольких недель и даже месяцев и переносится придонными глубинными течениями, что способствует их широкому расселению. Скорость глубинных течений измеряется сантиметрами в секунду — это дает километры в час, а вертикальная мощность течения достигает километра [7, 8]. Остается неясным вопрос: на какую высоту способны подняться планулы после вымета. Мы склонны предполагать, что личинки большинства глубоководных видов кораллов не поднимаются особенно высоко над местообитанием родителей. В качестве примера приведем наши исследования в Курило-Камчатском желобе, где на глубинах около 5000 м найдены поселения из 60 и более экземпляров вида *F. marenzelleri*. Явно личинки не уплывали далеко от места вымета и садились кучно, рядом с сородичами [2, 4]. Очевидно, что кораллы, у которых больше личинок, обладающих лучшей плавучестью, имеют больше возможностей для расселения, однако этот вопрос для абиссальных кораллов пока не исследован.

Здесь мы попытаемся сравнить распределение кораллов трех глубоководных видов склерактий, делая упор на *F. marenzelleri*, как наиболее широко распространенного, в зависимости от прежде не принимавшегося во внимание фактора – наличия глобального океанического конвейера.

Гидрология Мирового океана характеризуется наличием поверхностной системы течений и наличием глобального океанского конвейера (рис. 1–3), объединяющего несколько поверхностных и глубинных течений. Существование конвейера было доказано недавно и его роль в развитии глубинной океанской биоты пока только изучается. Как видно из рисунка, глобальный океанский конвейер связывает в единое целое циркуляцию глубинных вод трех океанов – Атлантического, Индийского и Тихого и не заходит в Северный Ледовитый океан. При этом он хорошо развит в высоких широтах южного полушария и практически окружает Антарктиду. Мы в нашем исследовании опираемся на современное состояние конвейера.

Поскольку склерактии возникли в далеком геологическом прошлом, у них было время для расселения по всем акваториям и глубинам мирового океана.

**Происхождение абиссальных склерактий.** Наши исследования последних лет, касающиеся адаптивной морфологии абиссальных склерактий, показали, что кораллы видов *F. marenzelleri* и *L. discus* представляют собой как бы живую модель того, каким мог бы быть скелет коралла на ранних стадиях его формирования. Особенно ярко это выражено у рода *Lertopenus*: тонкий и ажурный скелет является как бы корочкой, выделенной подошвой актинии, а центральная колонна состоит из тонких игольчатых шиповидных элементов [3]. Эти обстоятельства в сочетании с результатами независимых экспериментов Саммарко и Ричмонда [15, 16], свидетельствующих, что ряду видов мелководных склерактий свойственен реверсивный метаморфоз, привели нас к выводу, что предковыми формами склерактий, вероятно всего, были бесскелетные организмы, относящиеся либо к самостоятельной филогенетической линии, либо, что более вероятно, к линии, происшедшей в результате утраты скелета одной из групп ругоз – их палеозойских аналогов. Потеря или частичная утрата скелета в экстремальных ситуациях, неоднократно случавшихся в постпалеозойской истории Земли, могла происходить у кораллов неоднократно [4, 5]. Такие стрессовые условия характерны для границ геологических систем, связанных с глобальными

экологическими кризисами, что имело место, в частности, в мессинское время (миоцен). Неблагоприятные обстоятельства склерактий, скорее всего, переживали в каких-то рефугиях, вероятнее всего в абиссали. Об этом косвенно свидетельствует наиболее многочисленные и прекрасно развитые экземпляры обоих видов на больших глубинах в желобах – как в Курило-Камчатском, Алеутском, так и в Оркнейском (рис. 1, 2), при этом, чем на большей глубине найдены кораллы, тем более процветающий вид они имеют [2, 4]. При изменении экологических условий на благоприятные эти склерактии могли и распространиться в батиаль, и подняться на верхние участки континентального склона, что сопровождалось вспышками видообразования.

Таким образом, весьма вероятно, что два описываемых нами здесь абиссальных вида *F. marenzelleri* и *L. discus* были видами – родоначальниками склерактий [4, 5].

Представители вида *D. parvulus* морфологически в принципе несколько отличаются от *F. marenzelleri* и *L. discus*: они не плоские, а имеют вид сильно уплощенного конуса, причем стенка плотная, лишенная перфорации. Это молодой вид [4], демонстрирующий, по нашему убеждению, иной путь формирования абиссальной донной фауны, начинавшийся на мелководье низких широт, вероятнее всего у Индо-Малайского архипелага, где глубоководная коралловая фауна является богатейшей в мире. В этом районе широко представлены и разнообразные виды рода *Deltocyathus*. Не исключено, что постепенное проникновение этого рода в глубины началось в палеоцене в Индо-Малайском районе Тихого океана, что сопровождалось редукцией скелета и неотеническим развитием его вида. Кораллам вида *D. parvulus* свойственен ряд черт общей дегенерации [4], что оказалось выгодным для выживания в условиях бедности пищей и дало им возможность расселиться и в олиготрофной зоне, где у них нет конкурентов среди склерактий. Ограниченное распространение (рис. 3) – еще один аргумент в пользу предположения о таком пути завоевания родом *Deltocyathus* абиссальных глубин.

Таким образом, оба эти фактора: морфология скелета и характер расселения указывают на недавнее происхождение этого абиссального вида от мелководных предков.

Как уже отмечалось ранее [4, 6], состав и пространственное распределение склерактий находятся в тесной зависимости от системы круговоротов вод, от силы и направленности подводных течений, а также от продуктивности вод.

Все они весьма чувствительны к активной циркуляции воды, необходимой как для обеспечения их пищей и кислородом, так и для выноса осадка. Известно, что наиболее процветающие склерактинии обитают на дне желобов, которые представляют собой как бы ловушки пищи, стекающей ко дну по их склонам. Можно предположить, что приуроченность распределения склерактиний к круговоротам также связано с продуктивностью. То обстоятельство, что склерактинии почти не известны в Арктике, хотя встречаются в при антарктическом районе, могут объясняться тем фактом, что туда не заходил глобальный конвейер, а также особенностями четвертичной палеогеографии района — т.е. сплошными ледниковыми покровами во время оледенений, ледниковой экзарацией дна и распреснением вод из-за стока рек во время межледниковий.

## ВЫВОДЫ

Анализ построенных нами карт позволяет сделать вывод о тесной связи между расселением видов и положением течений, образующих глобальный океанский конвейер.

Приведенные данные подтверждают высказанное ранее предположение о двух путях происхождения абиссальной фауны. Характер расселения абиссальных видов кораллов подтверждает высказанное ранее нами предположение о двух возможных путях происхождения абиссальной фауны. Рода *Fungiacyathus* и *Leptopenus*, по нашему мнению, древние, возникли в глубинных слоях океана, тогда как вид *D. parvulus*, по-видимому, произошел от мелководных предков и спустился вниз в абиссаль в результате перехода к неотеническому развитию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басов И.А. Океанская и климатическая эволюция в миоцене // Природа. 1999. № 5. С. 18–27.
2. Келлер Н.Б. Глубоководные мадрепоровые кораллы рода *Fungiacyathus* из Курило-Камчатской впадины, Алеутского желоба и некоторых других районов Мирового океана // Тр. ИО АН СССР. 1976. Т. 99. С. 31–44.
3. Келлер Н.Б. Новые виды рода *Leptopenus* и некоторые особенности глубоководных агерматипных кораллов // Тр. ИО АН СССР. 1977. Т. 108. С. 37–43.
4. Келлер Н.Б. Глубоководные склерактиниевые кораллы. М.: КРАСАНД, 2012. 382 с.
5. Келлер Н. Б., Космынин В.Н. О происхождении склерактиниевых кораллов // Докл. РАН. 1997. Геология. Т. 356. № 5. С. 662–664.
6. Келлер Н.Б., Оськина Н.С., Николаев С.Д. Новый подход к определению возраста глубоководных видов склерактиний на основании температурных диапазонов их обитания // Докл. РАН. 2009. Т. 425. № 2. С. 218–222.
7. Кошляков М. Н., Сажина Т.Г., Гольдин А.Ю. Тихоокеанско-Антарктическая ячейка глобального океанического конвейера // Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана. 2001. Т. 37. № 4. С. 520–527.
8. Кошляков М. Н., Тараканов Р.Ю. Перенос воды через субантарктический фронт и глобальный океанский конвейер // Океанология. 2011. Т. 51. № 5. С. 743–767.
9. Cairns S.D. The deep-water Scleractinia of the Caribbean sea and adjacent waters // Stud. Fauna Curacao and other Caribbean islands. 1979. V. 67. № 180. 341 p.
10. Cairns S.D. Antarctic and Subantarctic *Scleractinia* // Antarctic Research Series. 1982. V. 34 (1). P. 1–74.
11. Keller N.B. Deep-sea fauna of European seas: An annotated species check list of benthic invertebrates living deeper than 2000 m in the seas bordering Europe. *Scleractinia* // Invert. Zool. 2014. V. 11. № 1. P. 248–253.
12. Moseley H.N. On the deep-sea Madreporaria // Voyage H.M. S. "Challenger" Repts. Scient. Results. Zool. London, 1881. V. 2. Part. 7. P. 127–208.
13. Richmond R.H. Reversible metamorphosis in coral planula larvae // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1985. V. 22. P. 181–205.
14. Sammarco P.W. Polyp bail-out a new means of reproduction in corals // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1982. V. 10. № 1. P. 57–65.
15. Sammarco P.W. Polyp bail-out a new means of reproduction in corals // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1985. V. 22. № 2. P. 181–185.
16. Vaughan T.W. Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific by the U.S. Fish commission steamer Albatross from October, 1904 to march, 1905. Part 6: *Madreporaria* // Bull. of the Museum of Comparative zoology. 1906. Harvard. V. 50. № 3. P. 61–72.
17. Zibrowius H. Les Scleractiniaires de Meditterane et de l'Atlantique nord-oriental // Mem. De l'Institute oceanographique, fond. Albert 1-er, Prince de Monaco. 1980. № 11. 284 p.

## **Is There a Connection Between Abyssal Scleractinian Corals Distribution and the Global Oceanic Conveyor?**

**N.B. Keller, N.S. Oskina, T.A. Savilova**

The article summarizes the results of our investigation of scleractinian corals of the abyssal zone. We produced three maps that demonstrated the close relation between the dispersal of the abyssal species of corals and the position of the streams forming the global oceanic conveyor. The maps are based on existing literature and on our materials collected in numerous expeditions of the Institute of oceanology. We used 106 stations with coral population.

The modes of expansion of the abyssal corals species confirm our previous assumption about two possible ways of the abyssal fauna origin. In our opinion, the genera *Fungiacyathus* and *Leptopenus* are ancient, they originated in deep layers of the ocean. The species *Deltocyathus parvulus*, probably, has shallow water ancestors; it migrated from shallow to deep water as a result of its transition to neotenic development.