



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА ПЕЛАГИАЛИ И БЕНТАЛИ ЧЕРНОГО МОРЯ У ГРАНИЦЫ СЕРОВОДОРОДНОЙ ЗОНЫ

© 1999 г. В. Е. Заика

Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь 335011, Украина

В Черном море аэробная и анаэробная зоны пелагиали разделены субанаэробным слоем, в нижней части которого кислород еще присутствует (0.3–0.2 мл/л), но многоклеточные организмы разрежены и имеют своеобразный таксономический состав. В этом узком слое встречаются личинки двух видов полихет – *Vigtorniella zaikai* и *Protodrilus* sp. Они присутствуют во всей толще куполообразного пелагического биотопа, вплоть до зоны конвергенции, где субанаэробный слой контактирует с дном, образуя узкую полоску бентали со специфическим донным сообществом, в котором доминируют взрослые особи *V. zaikai* и *Protodrilus* sp.

Ключевые слова: сообщества, пелагаль, сероводородная зона, Черное море.

Specific pelagic and benthic communities at the boundary of the hydrogen sulfide zone in the Black Sea.
V. E. Zaika (Institute of the Biology of Southern Seas, National Academy of Sciences of the Ukraine, Sevastopol, 335011, Ukraine)

In the Black Sea, the aerobic and anaerobic zones in the pelagic area are separated by a subanaerobic layer, in the lower part of which oxygen is still present (0.3–0.2 ml/liter), but many-celled organisms are dispersed and peculiar in their taxonomic composition. Larvae of two polychaete species *Vigtorniella zaikai* and *Protodrilus* sp. occur in this narrow layer. They are found throughout the dome-like pelagic biotope to the convergence zone where the subanaerobic layer contacts the bottom, forming a narrow band with a specific benthic community dominated by adult *V. zaikai* and *Protodrilus* sp. (Biologiya Morya, Vladivostok, 1999, vol. 25, no. 6, pp. 480–482).

Key words: communities, pelagic area, hydrogen sulfide zone, Black Sea.

Появление в воде сероводорода в концентрации около 0.1 мг/л обычно оказывается критическим для развития эукариотных организмов. Поэтому считают, что вся масса вод открытой части Черного моря ниже границы появления сероводорода практически лишена эукариот (Виноградов, 1997).

За верхнюю границу сероводородной зоны в Черном море принимают глубину, соответствующую концентрации сероводорода 0.04 мг/л, которая совпадает с изопикной 16.10–16.25. Ближе всего к поверхности (70–100 м) эта граница находится в районах стационарных циклонических круговоротов. На периферии моря, в области антициклонических вихрей и над континентальным склоном, граница заглубляется до 150–190 м. Глубина границы максимальна осенью и минимальна весной (Безбородов, 1988). На формирование структуры экосистем большое влияние оказывают Основное черноморское течение (ОЧТ) и фронтальная зона раздела между прибрежными водами и ОЧТ, приуроченная к началу свала глубин (Сапожников, 1992). Здесь цепочка периодически появляющихся и непрерывно меняющихся положение антициклонических вихрей образует "блуждающую" зону конвергенции. Именно в этой термогалинной ложбине заглубляются все изопикны. Предварительно накапливаясь в ложбине, на дно поступает усиленный поток отмершего планктона, взвеси и мусора.

Вертикальное распределение организмов в пелагиали Черного моря обусловлено также резким сезонным термоклином и подстилающим его холодным про-

межуточным слоем (ХПС). Глубже ядра ХПС находится граница основного пикноклина, связанного с резким оксиклином, под которым лежит субанаэробный слой толщиной 30–50 м, где концентрация кислорода монотонно снижается до 0.3–0.1 мл/л (Виноградов, 1997). Скопления планктона четко структурированы по вертикали, различаются по составу видов и характеризуются узким диапазоном величин плотности (Виноградов и др., 1986). Под четко выраженным глубинным скоплением мезопланктона кислород еще присутствует (0.3–0.2 мл/л), но многоклеточные организмы здесь более разрежены, их таксономический состав сильно отличается от такового вышележащего слоя. Это и есть пограничное сообщество мезопланктона, населяющее нижнюю часть субанаэробного слоя. Глубже в пелагиали отмечены только своеобразные инфузории, жгутиконосцы и бактерии (Виноградов и др., 1986; Зубков, 1989).

Пограничное сообщество мезопланктона

Наиболее четкие данные по составу пограничного сообщества получены при использовании больших батометров (100–150 л). Показано, что здесь встречаются довольно многочисленные (до 100 экз/м³) личинки полихет, единичные личинки кишечнополостных, напоминающие планулы медузы аурелии, иногда коловратки, а также погибшие животные из вышележащих слоев планктона (Виноградов и др., 1986).

Последующими исследованиями было установлено, что в нижней части субанаэробного слоя обитают

личинки двух видов полихет – *Vigtorniella* (*Victoriella*) *zaikai* Kisseleva и *Protodrilus* sp. (Киселева, 1992, 1998; Sergeeva et al., 1995; Zaika, 1998). Показано, что эти полихеты, а также кишечноротовые обитают в специфическом донном пограничном биотопе ("периазойной зоне", по: Bacesco, 1963).

Оба пограничных биотопа в Черном море – пелагический и донный, имеют такие общие признаки, как постоянно низкая температура, низкое содержание кислорода, обилие взвешенного органического вещества. Давно известно существование в пелагиали Черного моря глубоководного мутного слоя (ГМС), или нефеловидного слоя. Он расположен близ границы сероводородной зоны на глубине 100–165 м (содержание кислорода 0.15–0.25 мл/л), т.е. практически в зоне обитания пограничного сообщества мезопланктона. Образование этого слоя связано отчасти с формированием скоплений так называемого морского снега, который задерживается на физических границах в стратифицированной воде (Логачев, Заика, 1989).

Известно, что оседание морского снега является одним из главных механизмов переноса взвешенного органического вещества в глубокие слои моря. При этом важную роль в формировании скоплений играет наличие пикноклина, где снижена турбулентность. В результате накопления и слияния агрегатов образуется "ложное дно", на котором покров морского снега напоминает паутину, захватывающую все больше взвеси. В Адриатическом море в скоплениях морского снега в больших количествах постоянно встречаются личинки нескольких видов полихет, причем микроскопическое исследование показало, что они питаются морским снегом (Bochdansky, Herndl, 1992).

Эти наблюдения помогают объяснить поведение и условия существования нектохет *V. zaikai* и *Protodrilus* sp. В экспериментальных условиях личинки этих видов, не питаясь, живут в течение многих недель. Очевидно, они приспособлены к длительному существованию в планктоне. В населяемом ими биотопе пелагиали отсутствует в заметном количестве иная пища, кроме микроорганизмов и морского снега. В то же время пойманные личинки полихет выглядят весьма "упитанными", несмотря на отсутствие в кишечнике оформленной пищи. Успешное выращивание нектохеты *V. zaikai* было осуществлено нами при периодическом добавлении органической взвеси.

Личинки полихет в пограничном сообществе пелагиали присутствуют во всей толще куполообразного биотопа, вплоть до зоны конвергенции, где субанаэробный слой контактирует с дном; поэтому общая площадь биотопа лишь немного меньше площади моря в пределах 100-метровой изобаты, равной 3.8 тыс. км². В прибрежной зоне личинки *V. zaikai* и *Protodrilus* sp. отсутствуют. При средней концентрации личинок 25–30 экз/м³ общее их количество в слое обитания весьма велико, тогда как известная на сегодня площадь донного

биотопа *V. zaikai* и *Protodrilus* sp. относительно мала. Плодовитость этих животных не определена, но с учетом их размеров (длина около 1 мм) вряд ли высока.

Готовые к оседанию личинки непременно должны попасть к периферии тонкого слоя куполовидной формы, чтобы осесть на узкую полосу дна, где пелагический субанаэробный биотоп контактирует с грунтом. Известно, что для оседания и метаморфоза пелагических личинок многих беспозвоночных нужен специфический химический сигнал (Pawlik, 1988; Miller, Hadfield, 1990; Pechenik, Cerulli, 1991). Готовые к метаморфозу личинки исследуют потенциальный субстрат. Показано, что при отсутствии стимула возможна длительная задержка метаморфоза. Для оппортунистической полихеты *Capitella capitata* таким стимулом считается присутствие сероводорода в грунте. Предполагается, что сероводород так же действует на личинок других видов животных (Dubilier, 1988). Особенности пелагического и донного биотопов *V. zaikai* и *Protodrilus* sp. позволяют предположить, что сероводород важен и для метаморфоза этих видов. Об этом свидетельствуют условия, в которых удалось вырастить взрослых *V. zaikai*: полихет содержали при температуре 8–10°C в темноте в закупоренных сосудах, в которые периодически добавляли органическое вещество (смесь культур донных диатомовых водорослей). Избыток органики способствовал снижению концентрации кислорода.

Пограничное сообщество мейобентоса

В Черном море с увеличением глубины наблюдается обычная смена поясных донных сообществ, выделяемых по доминирующим видам макробентоса. С приближением к границе сероводородной зоны все большее число видов и групп макробентоса из сообщества выпадают, пока не остается только мейобентос, в том числе псевдомейобентос, представленный молодью двустворчатых моллюсков. Глубже встречаются только эумейобентос и микробентос. На западном шельфе Черного моря это происходит на глубинах 150–160 м. Бэческу (Bacesco, 1963) считает, что из-за отсутствия поселений макробентоса не может идти речь о полноценном биоценозе, и использует для этой области дна, граничащей с бескислородной бенталью, термин "периазойная зона". Среди прочих животных данный исследователь указал на наличие в этой зоне многочисленных неопределенных полихет, а также полихет рода *Protodrilus*. Киселева (1998) предположила, что периазойная зона является биотопом полихеты *V. zaikai*. Повторное исследование этой зоны с использованием современных пробоотборников (бокс-корер и мультикорер) было проведено одновременно с работами по специальной международной программе (Luth, Luth, 1995). Оба вида полихет были действительно найдены в узкой полосе заиленного грунта на глубинах 117–151 м (Sergeeva et al., 1995; Киселева, 1998; Заика, 1998).

Исследование морфологии полихет рода *Protodrilus* позволило заключить, что указание Бэческу (Bacesco, 1963) на присутствие в периазойной зоне мелководного вида *P. flavocapitatus* ошибочно. В пограничной зоне обитает иной вид, обозначенный пока как *Protodrilus* sp. (Киселева, 1998). Бэческу (Bacesco, 1963) указал также на обнаружение полихеты *Syllides* sp. и гидроидного полипа, предположительно отнесенного им к *Bougainvillia ramosa*. В наших сборах в периазойной зоне эти животные не найдены. Возможно, гидроидный полип является дефинитивной стадией пелагической личинки, найденной в субанаэробном слое пелагиали и считавшейся планулой медузы аурелии (Виноградов и др., 1986).

Взаимосвязь пелагического и донного пограничных биотопов

Особенности донного пограничного биотопа в значительной мере определяются химическими свойствами вод субанаэробного пелагического слоя, примыкающего ко дну в этой зоне. Специфическая фауна бентали, адаптированная к значительному и постоянному дефициту кислорода, оказалась пространственно изолированной, поскольку пелагические расселительные стадии, также требующие своеобразных условий, не могут покинуть узкого коридора пелагиали.

Резкая стратификация пелагиали Черного моря приводит к тому, что поясные сообщества бентали различаются между собой более рельефно. Каждое поясное сообщество не только отличается руководящими видами бентоса (Zaika, 1998), но также граничит со "своим" прилегающим слоем пелагиали, обладающим специфическими физико-химическими свойствами и особенностями планктонного населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безбородов А.А. Гидрохимия зоны взаимодействия аэробных и анаэробных вод в Черном море // Процессы формирования и внутригодовой изменчивости гидрофизических и гидрохимических полей Черного моря. Севастополь: МГИ. 1988. С. 121–147.
- Виноградов М.Е. Влияние сероводорода на распределение жизни в Черном море // Журн. общ. биол. 1997. Т. 58, № 3. С. 43–60.
- Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Флинт М.В., Туманцева Н.И. Планктон нижних слоев кислородной зоны Черного моря // Океанология. 1986. Т. 26, вып. 2. С. 300–308.
- Зубков М.В. Инфузории зоны сосуществования кислорода и сероводорода // Структура и продукционные характеристики планктонных сообществ Черного моря. М: Наука. 1989. С. 172–180.
- Киселева М.И. Новый род и вид полихеты семейства Chrysopetalidae в Черном море // Зоол. журн. 1992. Т. 21, вып. 11. С. 128–132.
- Киселева М.И. Особенности вертикального распределения полихет семейств Protodrilidae и Nerillidae в Черном море // Зоол. журн. 1998. Т. 77, вып. 5. С. 533–539.
- Логачев В.С., Заика В.Е. Визуальные исследования агрегатов детрита в Черном и Эгейском морях // Экол. моря. 1989. Вып. 32. С. 13–17.
- Сапожников В.В. Экологическое состояние прибрежной зоны Черного моря // Экология прибрежной зоны Черного моря. М.: ВНИРО. 1992. С. 4–17.
- Bacesco M. Contribution a la biocoenologie de la mer Noire l'étage periazotique et le faciès reissenifere leur caracteristiques // Rapp. proc.-verb. réun. CIESM. 1963. V. 17, № 2. P. 107–122.
- Bochdansky A.B., Herndl G.J. Ecology of amorphous aggregations (marine snow) in the northern Adriatic Sea. III. Zooplankton interactions with marine snow // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1992. V. 87, № 1–2. P. 135–146.
- Dubilier N. H₂S – a settlement cue or toxic substance for *Capitella* sp. I larvae? // Biol. Bull. 1988. V. 174, № 1. P. 30–38.
- Luth U., Luth C. Benthos of the oxic/anoxic interface zone from two regions of the Black Sea // Abstrs of 30th Europ. Marine Biology Symp., 18–22 Sept., 1995, Southampton, UK. 1995. P. 231.
- Miller S.E., Hadfield M.G. Developmental arrest during larval life and life-span extension in a marine mollusks // Science. 1990. V. 248, № 5953. P. 356–358.
- Pawlik J.R. Larval settlement and metamorphosis of two gregarious sallariid polychaetes: *Sabellaria alveolata* compared with *Phregmatopoma californica* // J. Mar. Biol. Ass. UK. 1988. V. 68, № 1. P. 101–124.
- Pechenik J.A., Cerulli T.R. Influence of delayed metamorphosis on survival, growth, and reproduction of the marine polychaete *Capitella* sp. I // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1991. V. 151, № 1. P. 17–27.
- Sergeeva N.G., Zaika V.E., Kisseleva M.I. Life cycle and ecological demands of larval and adult *Vigtorniella zaikai* Kisseleva 1992 (Chrysopetalidae) in the Black Sea // Fifth International Polychaete Conference, China, 2–7 July, 1995. Qingdao, China. P. 63.
- Zaika V.E. Spatial structure of the Black Sea benthic communities: influence of the pelagic processes // Ecosystem modelling as a management tool for the Black Sea. 1998. V. 1. P. 293–299.