

ПЛАНКТОН В СТОЛБЕ ВОДЫ НАД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМИ ПОЛЯМИ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА

Г.М. Виноградов

При изучении сообществ гидротермальных полей рифтовых зон океана возникает важный вопрос – каково продукционное воздействие этих экосистем на окружающее пространство океана, насколько хемосинтетическая продукция бактерий, создающаяся на источниках и в поднимающихся от них плюмах измененной воды, используется в «обычных» трофических сетях пелагиали, насколько гидротермальные поля влияют на океанический планктон [Berg, Van Dover, 1987; Wiebe et al., 1988; Шушкина, М. Виноградов, 1992; Burd, Thomson, 1994, 1995; М. Виноградов и др., 1996а; М. Vinogradov, 1997; М. Виноградов, Г. Виноградов, 1998; Леин, Сагалевич, 2000; Г. Виноградов, М. Виноградов, 2002, 2003; М. Vinogradov, G. Vinogradov, 2002].

Возможные предполагаемые механизмы такого влияния подробно анализировались ранее [Г. Виноградов, М. Виноградов, 2002, 2003; М. Vinogradov, G. Vinogradov, 2002], так что здесь мы упомянем их вкратце.

(1) Поступление в трофические сети пелагиали хемосинтетического органического вещества, созданного непосредственно на гидротермах и выносимого вверх струями флюидов и захваченных ими водами (детрит, обрывки экзубиев ракообразных и т.п.). Основное препятствие на этом пути состоит в том, что упомянутый поток органики (несомненно существующий) перехватывается в непосредственной близости от черных курильщиков представителями местного биофильтра, создаваемого в толще воды над гидротермами специфическими бентопелагическими животными, и в итоге возвращается в сообщество гидротермального поля [Vereshchaka, G. Vinogradov, 1996; Vereshchaka, 1997 a, b; Верещака, 2000].

(2) Поток, связанный с выбросом в окружающее пространство живых гидротермальных животных, либо их яиц и ранней молодежи, в том числе и входящих в вышеупомянутый биофильтр. Личинок гидротермальных животных разносят как собственно воды, поднимающиеся от источников плюмов [Mullineaux, France, 1995; Mullineaux et al., 1995], так и придонные приливно-отливные течения, причем в зависимости от времени суток роль последних может как превышать роль плюмовых вод, так и уступать ей в те фазы, когда скорость приливно-отливных течений минимальна [Kim, Mullineaux, 1998]. Величину этого потока оценить трудно. Кроме того, в Атлантике она периодически меняется под воздействием репродуктивных циклов римикарисов [Vereshchaka, G. Vinogradov, 1996; Gebruk et al., 1997]. Подсчитано, например, что с поля Брокен-Спур в год может выноситься

до 20 млн личинок креветок вдоль сегмента рифтовой долины воды, в которой рассеиваются гидротермальных «облаков» не превращаясь в ней части столба воды над ним на несколько десятков километров [Herring, Dixon, 1999]. Влияние гидротермальных полей на расселения и самого сообщества гидротермальных животных играет важнейшую роль. Глубоководное население имеет особый характер.

(3) Первичная хемосинтетическая продукция, распространяющаяся от гидротермальных полей гидрохимическими и гидробиологическими путями, насыщена сероводородом, метаном и другими соединениями, дающими жизнь гидротермальным сообществам. Плюмы регистрируются на больших расстояниях по горизонтали, хотя их численность быстро убывает. Видовое разнообразие сообщества может быть источником энергии в любом случае оно может быть использовано, например, в гидротермальных позах альфа-хемосинтеза образующихся в гидротермальных позах – 100–300 мг $C_{орг}/м^2$ в сутки и над полем Брокен-Спур [Burd, Thomson, 1994; Богданов и др., 1999; Леин, Сагалевич, 2000]. Мы с величинами фотосинтетической продукции в Атлантике. В результате возможной концентрации планктона, потребляющего энергию в окружающей среде в объемах глубинных вод и

Говоря о возможном влиянии гидротермальных полей на планктон, не следует забывать о влиянии гидротермальных полей на плотность воды, являющейся фактором для планктонных животных (особенно для личинок). Это явление обычно встречается в гидротермальных позах [М. Виноградов и др., 1996]. Способствовать накоплению гидротермальных полей может [М. Виноградов и др., 1996].

Несомненно, что в гидротермальных позах для океанической планктонной фауны. Спур концентрации ионов серы. Особенно, иногда в десятках километров, некоторые океанические организмы и, если и не погибнут, покинут его, т.е. возникнет

до 20 млн личинок креветок [Murton et al., 1999], которые рассеиваются вдоль сегмента рифтовой долины САХ. Однако из-за гигантских объемов воды, в которой рассеиваются личинки, их численность вне пригидротермальных «облаков» не превышает 1–1,5 экз. на 10 000 м³ воды даже в нижней части столба воды над гидротермальным полем, при удалении же от него на несколько десятков километров эта численность падает еще на порядок [Hegging, Dixon, 1998]. Похожим образом дело обстоит и с личинками других гидротермальных животных. Поэтому, хотя с точки зрения расселения и самого существования гидротермальной фауны поток личинок играет важнейшую роль, его трофическое влияние на фоновое глубоководное население пелагиали мало или носит очень локальный характер.

(3) Первичная хемосинтетическая продукция, произведенная в плюмах распространяющейся от гидротермальных источников воды с измененными гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками. Вода в плюмах насыщена сероводородом, метаном, ионами серы, NO²⁻ и другими химическими соединениями, дающими основу для бактериального хемосинтеза. Плюмы регистрируются на расстоянии километров от гидротермальных полей по горизонтали, хотя, естественно, их интенсивность и воздействие на биоту быстро убывают. Вновь образованное внутри плюма органическое вещество может быть источником питания для планктонных животных; во всяком случае оно может привлекать их из более бедных фоновых вод. Например, в гидротермальных флюидах над полем ТАГ в результате бактериального хемосинтеза образуется 90–370 мг C_{орг}/м² в сутки, над полем Рейнбоу – 100–300 мг C_{орг}/м² в сутки, над полем Логачев – 195 мг C_{орг}/м² в сутки и над полем Брокен-Спур – 20 мг C_{орг}/м² в сутки [Леин и др., 1993, 1997а, б; Богданов и др., 1999; Леин, Пименов, 2002]. Эти величины вполне сопоставимы с величинами фотосинтетической продукции в фотическом слое центральной тропической Атлантики над названными гидротермальными полями. В результате возможно образование локальных пятен повышенной концентрации планктона, постепенно размывающихся вследствие диссипации энергии в окружающей пустыне, хотя роль таких возмущений в огромных объемах глубинных вод исчезающе мала.

Говоря о возможном воздействии гидротермальных плюмов на планктон, не следует забывать и о факторах, не связанных с первичной продукцией органики в водах плюма. Границы плюма, сопряженные с градиентом плотности воды, являются гидрологическими границами. Концентрация планктонных животных (и особенно желетелых) на подобных границах достаточно обычна [М. Виноградов, Шушкина, 1982]. Эти же границы могут способствовать накоплению здесь детрита и остатков погибших планктеров [М. Виноградов и др., 1996а].

Несомненно, что в плюме гидрохимические условия отличны от обычных для океанической пелагиали. Например, в плюме над полем Брокен-Спур концентрации ионов марганца, меди, цинка, свинца и кадмия значительно, иногда в десятки раз, выше фоновых [Лукашин и др., 1996]. Возможно, некоторые океанические планктонные животные не переносят таких условий и, если и не погибают, попадая в плюм, то по крайней мере стремятся покинуть его, т.е. возникают локальные вертикальные перемещения планк-

тона [Г. Виноградов и др., 1997]. То, что специфические химические условия в водах плюма могут препятствовать проникновению в них планктонных животных, предполагают и канадские исследователи [Thomson et al., 1991, 1992; Burd et al., 1992; Burd, Thomson, 1994].

В связи с этим границы плюма могут быть привлекательны для хищных животных высокими (по сравнению с окружающими водами) концентрациями мелкого планктона, как задержавшегося на них, так и покидающего ядро плюма, а также наличием трупов погибших планктеров. В этом случае плюмы не дают пелагическим сообществам нового органического вещества, но способствуют перераспределению уже имеющихся там животных.

Из всего вышесказанного возникает вопрос – каково же на самом деле воздействие (продукционное и иное) гидротермальных экосистем на окружающее пространство океана и прежде всего на толщу прилегающих вод?

Казалось бы, наличие такого влияния проще всего оценить по обогащению планктона, увеличению его биомассы над гидротермальными полями. Биомасса планктона в районе гидротерм при этом должна быть выше в придонном слое и уменьшаться по мере удаления от дна, давая как бы зеркальное отображение изменения биомассы зоопланктона, использующего фотосинтетическую органику, по мере увеличения глубины [Г. Виноградов, М. Виноградов, 2002]. Решение этого вопроса требует накопления большого объема фактического материала.

В частности, задача затрудняется тем, что придонные скопления планктонных животных часто наблюдаются и в районах, никак не связанных с гидротермальными истечениями, и являются обычной чертой вертикального распределения придонного планктона [Wishner, 1980; Angel, Baker, 1982; Гейнрих и др., 1993; и мн. др.]. Чтобы исключить возможное влияние апвеллингов и уменьшить «шум», вносимый поступающей сверху органикой фотосинтетического происхождения, лучше всего исследовать гидротермальные поля, расположенные вдали от материковых склонов в ультраолиготрофных районах океана. Как известно, количество мезопланктона снижается с глубиной примерно по экспоненциальной зависимости $y = ae^{-x}$, где x – глубина, y – биомасса, a – коэффициент связи с обилием поверхностного планктона [М. Виноградов, 1968]. При низких значениях a , характерных для олиготрофных и ультраолиготрофных районов, биомасса мезопланктона уже на глубине 1000–2000 м делается исчезающе малой (доли миллиграмма на кубометр), и на этом фоне возможное пригидротермальное обогащение должно проявляться достаточно ярко.

Этим требованиям соответствуют гидротермальные поля, расположенные на Срединно-Атлантическом хребте под водами центральной части Северо-Атлантического антициклонического круговорота. Северо-Атлантический субтропический антициклонический круговорот складывается из Гольфстрима, Северо-Атлантического, Канарского и Северного Пассатного течений и их ветвей. Халистаза внутри этого кольца, включая Саргассово море, – одна из наиболее бедных жизнью акваторий Мирового океана. Площадь ультраолиготрофного района с концентрацией хлорофилла в поверхностном слое менее 0.01 мг/м^3 , судя по спутниковым картам, претерпевает заметные сезонные изменения, сокращаясь и сдвигаясь на юг зимой и расширяясь летом [М. Виноградов и др., 1996в].

Поиски признаков поля на фоне ваний с высоким раз вождении ловов заб ратов. Методические щей главе.

Комплексные исс ными полями Средив ческого антициклони се НИС «Академик ТАГ (26° с.ш.) и Брок было высказано пре замкнутости гидрот В сентябре 1996 г. п изучены более детал поле также обследов 1999 гг. (41-й и 42-й р ление планктона из (14°45' с.ш.) и Рейнбоу ной границам антицик вание поля Рейнбоу п

Летом 2002 г. в 47 лось возможным пров ментно, исследования гидротермальными по ными под ультраоли ТАГ и Брокен-Спур¹, ние планктона изучало ными полями Лаки-Ст также проводились пл продолжены в 2003 и ральном районе халис тем, что лежит на вер обычно малой глубине в которых концентра ме того, Лост-Сити ре его геологического ст др., 2002]. В частности в то же время белые ка гают высоты 60 м, «вр вой пелагической фау выполнен и в районе п не было погружений I планктона сетями.

¹ Мы включаем Брокен-Спур абиссали наиболее устойчив

Поиски признаков влияния богатых жизнью экосистем гидротермальных полей на фоновое население глубинных слоев океана требуют исследований с высоким разрешением при отборе, что возможно только при сопровождении ловов заборными орудиями, наблюдениями из подводных аппаратов. Методические аспекты такой работы были рассмотрены в предыдущей главе.

Комплексные исследования распределения планктона над гидротермальными полями Срединно-Атлантического хребта в районе Северо-Атлантического антициклонического круговорота были начаты в 1994 г. в 34-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» в районе гидротермальных полей ТАГ (26° с.ш.) и Брокен-Спур (29° с.ш.). На основе материалов этого рейса было высказано предположение о возможной биоэнергетической квазизамкнутости гидротермальных экосистем [М. Виноградов и др., 1996а]. В сентябре 1996 г. планктонные сообщества в районе Брокен-Спур были изучены более детально (39-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»), поле также обследовалось в 2002 и 2005 гг. (47-й и 50-й рейсы). В 1998 и 1999 гг. (41-й и 42-й рейсы НИС «Академик Мстислав Келдыш») распределение планктона изучалось над гидротермальными полями Логачев (14°45' с.ш.) и Рейнбоу (36° с.ш.), расположенными ближе к южной и северной границам антициклонического круговорота соответственно. Дообследование поля Рейнбоу проводилось в 2002 и 2005 гг.

Летом 2002 г. в 47-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» оказалось возможным провести в течение трех недель, т.е. практически одномоментно, исследования распределения планктона над тремя абиссальными гидротермальными полями Срединно-Атлантического хребта, расположенными под ультраолиготрофными водами центра халистазы (Снейк-Пит, ТАГ и Брокен-Спур¹, 23–29° с.ш.). Кроме того, в этом же рейсе распределение планктона изучалось над расположенными у границ халистазы батинальными полями Лаки-Страйк (37° с.ш.) и Лост-Сити (30° с.ш.), над которыми также проводились планктонные спуски ГОА (работы над Лост-Сити были продолжены в 2003 и 2005 гг., рейсы 49-й и 50-й). Расположенное в центральном районе халистазы поле Лост-Сити резко отличается от остальных тем, что лежит на вершине подводной горы – массива Атлантис – на необычно малой глубине 800 м, т.е. его омывают воды главного пикноклина, в которых концентрация планктонных животных достаточно высока. Кроме того, Лост-Сити резко отличается от других полей по особенностям своего геологического строения [Von Damm, 2001; Kelley et al., 2001a,b; Леин и др., 2002]. В частности, на поле нет «черных дымов» и выраженного плюма, в то же время белые карбонатные башни гидротермальных построек достигают высоты 60 м, «врезаясь» в проносимый поток воды, населенный фоновой пелагической фауной. Ограниченный объем работ в этом рейсе был выполнен и в районе гидротермального поля Рейнбоу (36° с.ш.), на котором не было погружений ГОА по планктонной программе, но проводился лов планктона сетями.

¹ Мы включаем Брокен-Спур (глубина 3050 м) в абиссальные поля, считая верхней границей абиссали наиболее устоявшуюся величину 3000 м [Vinogradova, 1997].

В 2003 г. было дополнительно обследовано поле Менез-Гвен, имеющее ряд своеобразных черт. Менез-Гвен – самое северное и самое мелководное (840–875 м) из тех атлантических гидротермальных полей, на которых ныне существует обильная специализированная хемофильная фауна [Desbruyères et al., 2000]². Менез-Гвен не имеет «черных курильщиков» (только истечения прозрачных флюидов), и, по данным [Foquet et al., 1994a], относится к наиболее молодым гидротермальным районам Атлантики. Его возраст, возможно, не превышает нескольких десятилетий. Кроме того, в районе Менез-Гвен слой главного термоклина своей нижней частью касается дна. Все это заставляет нас рассмотреть и это поле отдельно.

8.1. ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ РАБОТ

Общая гидрологическая обстановка в районе гидротермальных полей САХ уже была подробно описана [см.: Д. Алейник, наст. книга]. Здесь мы напомним только, что в районе работ поверхность океана была занята центральными субтропическими водами Атлантики. Северные полигоны прилегают к области, куда поступают воды Азорского течения, являющейся продолжением южной ветви Гольфстрима. На средних глубинах океана имеется слабо выраженный промежуточный максимум солености, связанный с адвекцией средиземноморских вод. В северной части района работ (полигоны «Лаки-Страйк» и «Рейнбоу»³), почти на широте Гибралтара, этот максимум был весьма заметным (35.44 psu) и располагался на глубине 900–1100 м, а на более южных полигонах он был заметно слабее (35.02 psu) и наблюдался на глубинах порядка 1600 м. Мощность слоя промежуточного минимума солености, расположенного над средиземноморскими водами, также претерпевает заметные изменения по вертикали. При движении от южных полигонов к северным летом 2002 г. наблюдались уменьшение глубины расположения этого минимума (от 1200–1300 до 680 м) и его протяженности по вертикали, а также рост значений солености (от 35.05 до 35.30 psu). Для глубинных слоев характерны типичные для всей Северной Атлантики минимум солености и температуры на глубине около 2 км и глубинный максимум температуры и солености на глубине порядка 2.5 км. Однако выражены эти глубинные максимумы и минимумы очень слабо (см. кривую солености на рис. 8.2). В самой глубинной части профилей температуры и солености в рифтовой зоне САХ обнаруживаются местные особенности, связанные с особым режимом циркуляции в рифтовых долинах. В области интенсивной гидротермальной деятельности и формирования плюмов нейтральной плавучести в слое 200–400 м над дном заметно расслоение вод, которое проявляется в выраженной ступенчатой структуре профилей температуры и солености

² На еще более мелководном поле Лост-Сити (800 м) в настоящее время встречаются лишь отдельные специфически пригидротермальные организмы, не образующие заметных поселений [Gebbruk et al., 2002].

³ Полигонами мы называем участки океана вокруг гидротермальных полей, включая всю толщу вод от поверхности до дна (т.е. и те слои воды, на которые гидротермы не оказывают непосредственного воздействия). В отличие от названий собственно гидротермальных полей названия полигонов даются в кавычках.

(см. кривые на рис. 8.4) лености (около -0.02 Е [Г. Виноградов и др., 20

8.2. РАС И П НАД ЮЖ

Картина распределе (Снейк-Пит, ТАГ, Брок под ультраолиготрофни листазы с продуктивнос др., 1996а,в; Шушкина,

Биологические прои продукции, ее перерабо метным поступлением и ческого вещества произ ственно выше глубины и глубинах жизнь чрезвы полей представляет соб

Общая биомасса пл. пично для центральных биомасса мезопланктон зывается равной 4.2 г/м креветок *Acanthephyra* и них 400 м столба воды). эпипелагиали и в вод (рис. 8.1,а, ночные часы мезопланктон наиболее сы хетогнат (1.3 мг/м³) мезопланктонных рыб-1 главного пикноклина бл а в придонном слое 3200

Судя по результатам ленности макро- и крупн лые⁵) находится на глубн 8.3). По данным погруж счет мелкого мезопланк

⁴ За исключением поля Лога

⁵ Из интересных наблюдени «Снейк-Пит» крупных, $2-4$ м Сифонофоры изгибались в и вниз, подобно ветвям плаку натово-красный тентакулят позиции: спирально закруче ной позе наблюдались в Чер

(см. кривые на рис. 8.4), а также в образовании отрицательных аномалий солености (около -0.02 psu) и температуры (-0.15 °C) в тех же слоях воды [Г. Виноградов и др., 2003б].

8.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОПЛАНКТОНА И КРУПНОГО МЕЗОПЛАНКТОНА НАД ЮЖНЫМИ АБИССАЛЬНЫМИ ПОЛЯМИ⁴ В ЦЕНТРЕ ХАЛИСТАЗЫ

Картина распределения планктона над тремя гидротермальными полями (Снейк-Пит, ТАГ, Брокен-Спур), расположенными на абиссальных глубинах под ультраолиготрофными центральными водами североатлантической халистазы с продуктивностью не более $200 \text{ мг } C_{\text{орг}}/\text{м}^2$ в сутки [М. Виноградов и др., 1996а,в; Шушкина, Дьяконов, 1997], имеет много общих черт.

Биологические процессы, связанные с образованием фотосинтетической продукции, ее переработкой в сообществах пелагиали и более или менее заметным поступлением на глубину остатков фотосинтезированного органического вещества происходят в этих ультраолиготрофных водах преимущественно выше глубины 800–1000 м [М. Виноградов и др., 1996а]. На больших глубинах жизнь чрезвычайно разрежена, а дно вне зоны гидротермальных полей представляет собой практически безжизненную лавовую пустыню.

Общая биомасса планктона столба воды здесь крайне невелика, что типично для центральных районов халистазы. Так, по ловам сетью БР сырая биомасса мезопланктона во всем столбе воды на полигоне «Снейк-Пит» оказывается равной $4.2 \text{ г}/\text{м}^2$, еще $3.4 \text{ г}/\text{м}^2$ приходится на макропланктон (трех креветок *Acanthephyra* и одну крупную гетероподу *Cymbula*, добытых в верхних 400 м столба воды). При этом основная доля биомассы сосредоточена в эпипелагиали и в водах главного пикноклина, не глубже 800–1000 м (рис. 8.1,а, ночные часы), но и там она не превышает $3.7\text{--}8.8 \text{ мг}/\text{м}^3$. Крупный мезопланктон наиболее обилен в пикноклине. Например, максимум биомассы хетогнат ($1.3 \text{ мг}/\text{м}^3$) в ночные часы приходится на глубины 150–400 м, а мезопланктонных рыб-циклотон ($0.9 \text{ мг}/\text{м}^3$) – на глубины 400–800 м. Глубже главного пикноклина биомасса мезопланктона быстро падает до $0.1 \text{ мг}/\text{м}^3$, а в придонном слое 3200–3440 м она уже не превышает $0.05 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Судя по результатам прямых наблюдений из ГОА, днем главный пик численности макро- и крупного мезопланктона (циклотоны, хетогнаты, желетелые⁵) находится на глубине 700–1000 м, в слое главного пикноклина (рис. 8.2, 8.3). По данным погружений ГОА в 1994 г. в районе ТАГ (когда велся подсчет мелкого мезопланктона в «малом» счетном кубе), на глубину 600–800 м

⁴ За исключением поля Логачева, которое будет рассмотрено отдельно.

⁵ Из интересных наблюдений желетелого планктона упомянем встреченных на полигоне «Снейк-Пит» крупных, 2–4 м длиной, сифонофор, отмеченных на глубинах 820, 880 и 1115 м. Сифонофоры изгибались в горизонтальной плоскости, при этом их арканчики свешивались вниз, подобно ветвям плакучих форм деревьев. Там же на глубине 920 м был встречен гранатово-красный тентакулятный гребневик размером с лесной орех с щупальцами в ловчей позиции: спирально закрученными в горизонтальной плоскости (ранее гребневика в подобной позе наблюдались в Черном море из ПОА «Аргус» [Виноградов, Шушкина, 1982]).

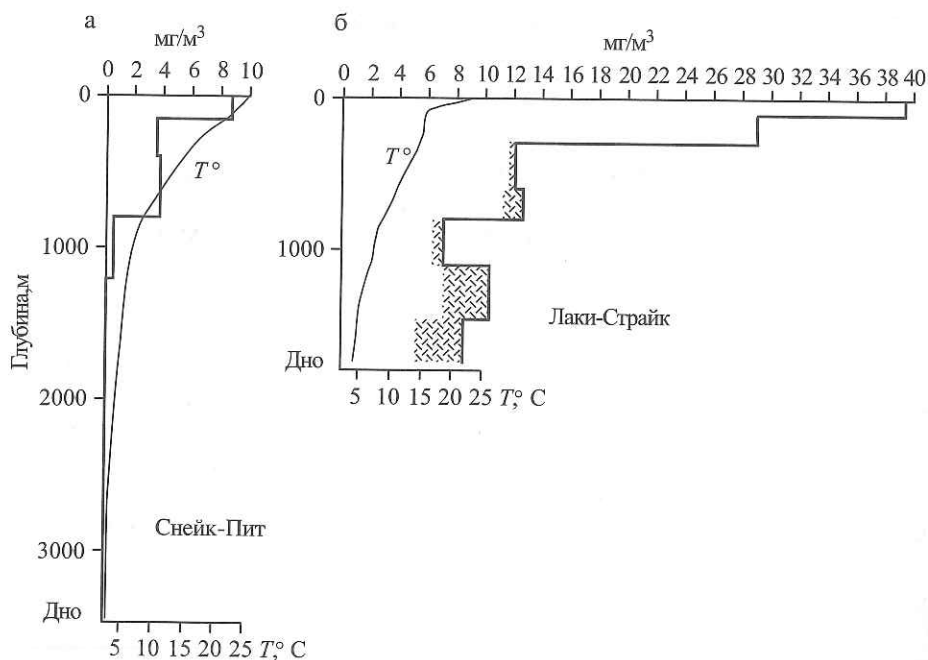


Рис. 8.1. Вертикальное распределение сырой биомассы мезопланктона по ловам сетью БР на полигонах «Снейк-Пит» (а) и «Лаки-Страйк» (б) в 2002 г., графики построены в одном масштабе

На графике для полигона «Лаки-Страйк» заштрихована доля *Calanus helgolandicus*

приходится и пик численности крупных копепод, концентрация которых возрастает до 0.8–1.2 экз./м³ [М. Виноградов и др., 1996а]. Второй глубинный максимум численности желетелых планктонных животных (включая домики аппендикулярий) и хетогнат над южными полями слабо выражен на глубине ~2000 м. Возможная причина этого пика – прослойка средиземноморских вод (на их южной периферии), которая четко маркируется по кривой солености (данные «Розетт», см. рис. 8.2). Ядро этой прослойки находится на глубинах ~1500 м, а пики численности упомянутых групп планктона подстилают ее.

На глубине нахождения нейтрального гидротермального плюма заметно небольшое, но достаточно четко выраженное увеличение количества желетелого планктона (в основном за счет слизистых домиков аппендикулярий) непосредственно над и под плюмом. Например, на полигоне «Снейк-Пит» число аппендикулярий в слое 3000–3570 м достигает 1.7 экз./м² против 0.5 экз./м² в вышележащем слое 2500–3000 м (но в слое главного пикноклина оно равно 7.7 экз./м²). Максимальная концентрация их в придонном пике численности над Снейк-Питом (при осреднении по 50-метровым слоям) составляла при этом 0.015 экз./м³, над полями ТАГ и Брокен-Спур эта величина достигала 0.027 и 0.04 экз./м³ соответственно. Как мы увидим ниже, подобное и даже более резкое увеличение численности аппендикулярий в придонных слоях воды наблюдается и над северными батиальными гидротермальными полями САХ, и над спокойным (вне районов хемосинтетической

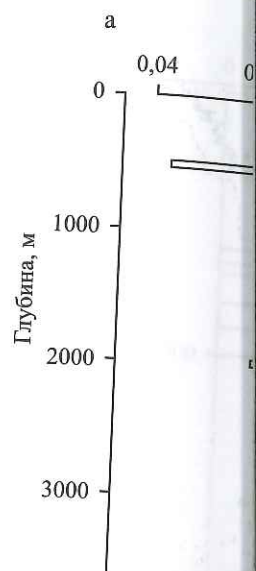


Рис. 8.2. Вертикальное распределение солености (S) и мутности во

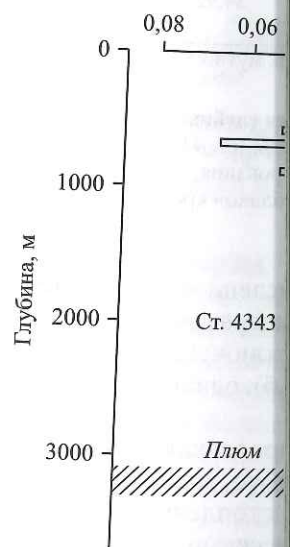


Рис. 8.3. Вертикальное распределение численности аппендикулярий над гидротермальными полями ГОА «Мир» 26.06.2002 (ст. наблюдатель А.Л. Верещака)

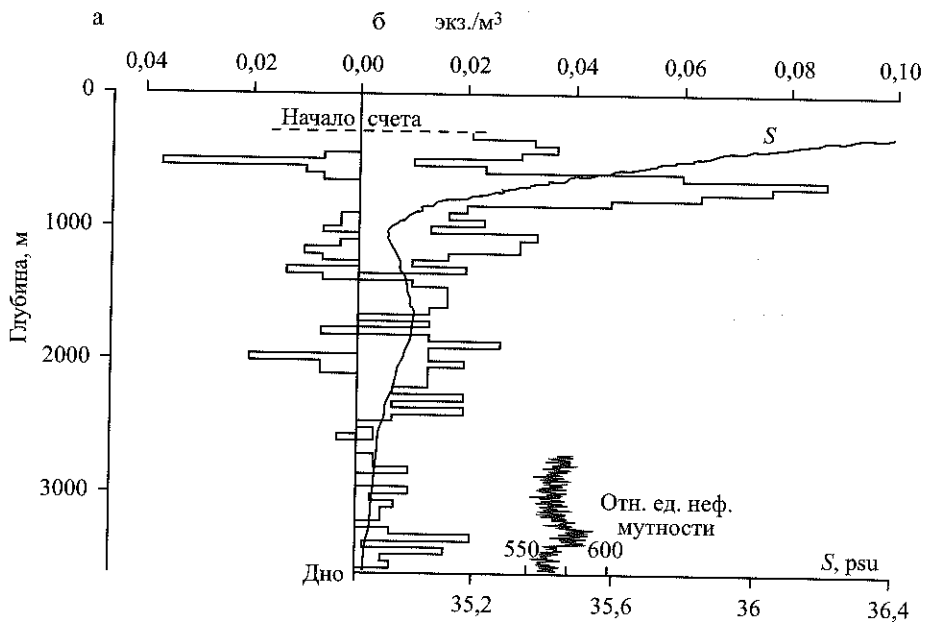


Рис. 8.2. Вертикальное распределение численности хетогнат (а) и желетелого планктона (включая домики аппендикулярий) (б) над гидротермальным полем Снейк-Пит по подсчетам из ГОА «Мир» 21.06.2002 (ст. 4330)

Соленость (S) и мутность воды – по результатам CTD-зондирования (ст. 4325)

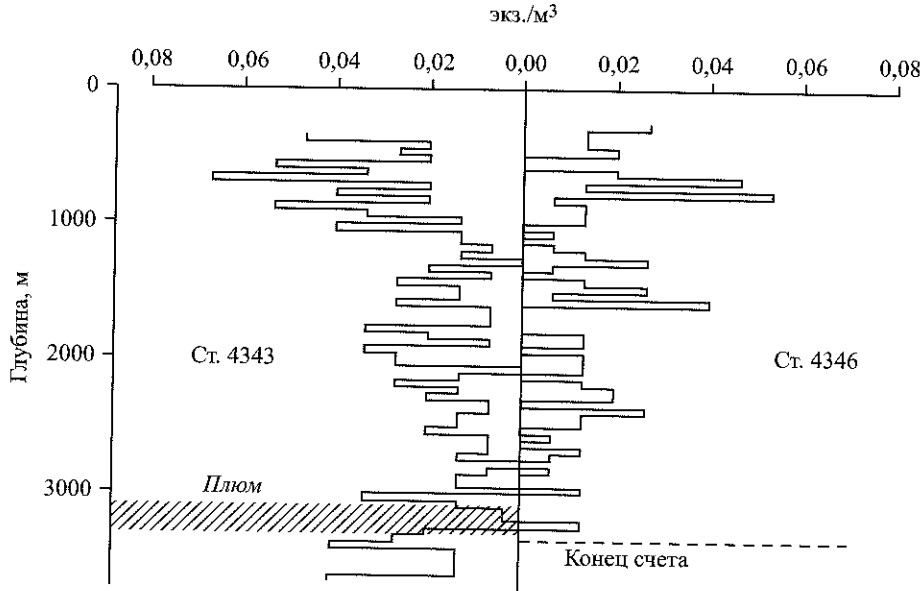


Рис. 8.3. Вертикальное распределение численности желетелого планктона (включая домики аппендикулярий) над гидротермальным полем ТАГ по данным двух последовательных спусков ГОА «Мир» 26.06.2002 (ст. 4343, наблюдатель Г.М. Виноградов) и 27.06.2002 (ст. 4346, наблюдатель А.Л. Верещака)

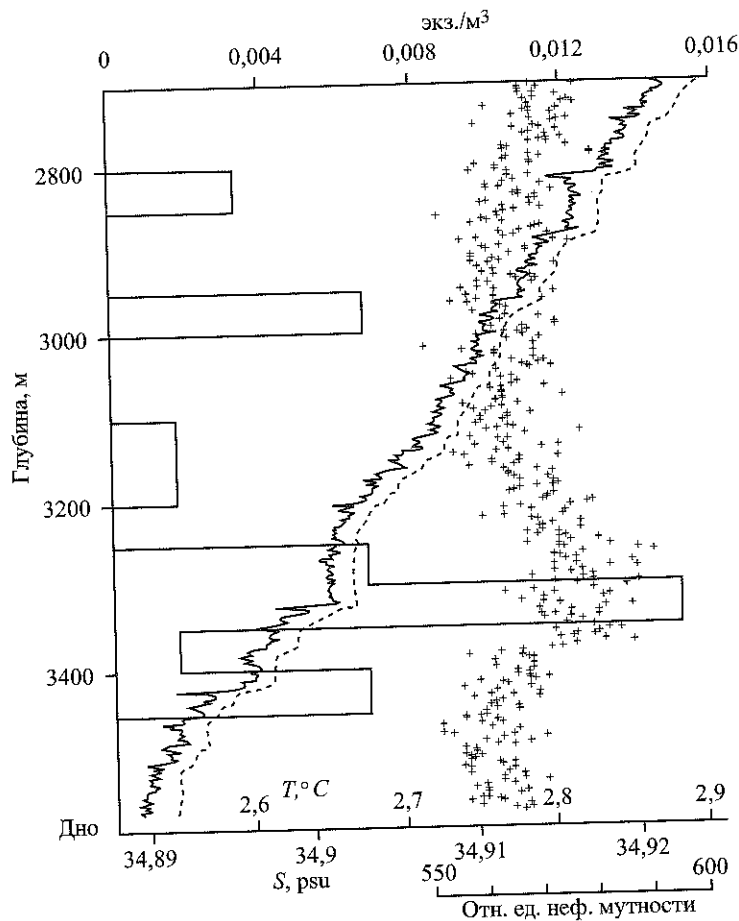


Рис. 8.4. Распределение численности домиков аппендикулярий на глубинах гидротермально-го плюма поля Снейк-Пит по подсчетам из ГОА «Мир» 21.06.2002 (ст. 4330). Показаны гидрологические параметры (по данным STD-зондирования, ст. 4325): сплошная кривая – соленость (S), пунктирная кривая – температура (T), «облако» крестиков – мутность, дискретные измерения

активности) дном океана. Придонное увеличение численности аппендикулярий наблюдалось нами во время всех погружений аппаратов «Мир» на абиссальные поля в центре халистазы. Единственным исключением было погружение на Брокен-Спур в августе 2005 г. (см. рис. 8.6,б), однако, скорее всего, это было случайностью.

Можно предположить, что аппендикулярий привлекают мельчайшие взвешенные пищевые частицы, вне зависимости от того, несутся ли они плюмом или обычным нефелоидным слоем. Возможно скопление аппендикулярий на границах вод с отличающимися гидрофизическими параметрами: на Снейк-Пит оба придонных всплеска их численности точно совпадают по глубине с резкими скачками градиентов температуры и солености, выявленными «Розетт» (рис. 8.4, STD-зондирование на ст. 4325). Сходные картины наблюдаются и на других полях. Второй группой желетелых, дающих неболь-

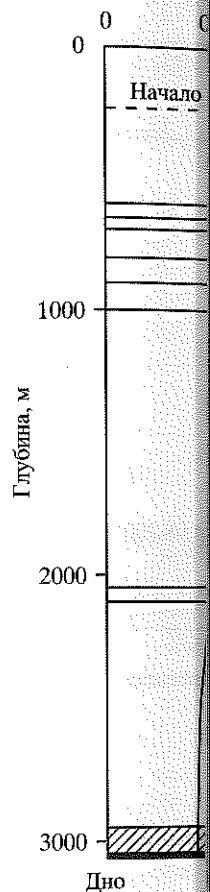


Рис. 8.5. Распределение кривей подсчетам из ГОА «Мир-2» 29.06.2002 (ст. 4325): А – пелагические виды; Б – моллюски

шой (вдвое меньший, чем подплюмовом слое, оказываются

Наблюдениями вновь в ядре плюма количество можно, из-за неблагоприятных старания избежать, но практически нейтральны

В нижней части столбчатой встречаются единичные ленточной «красной» моллюсков уже посередине ювенильных. При этом в самых нижних многочисленными (рис. 8.5) но возле черных дымов.

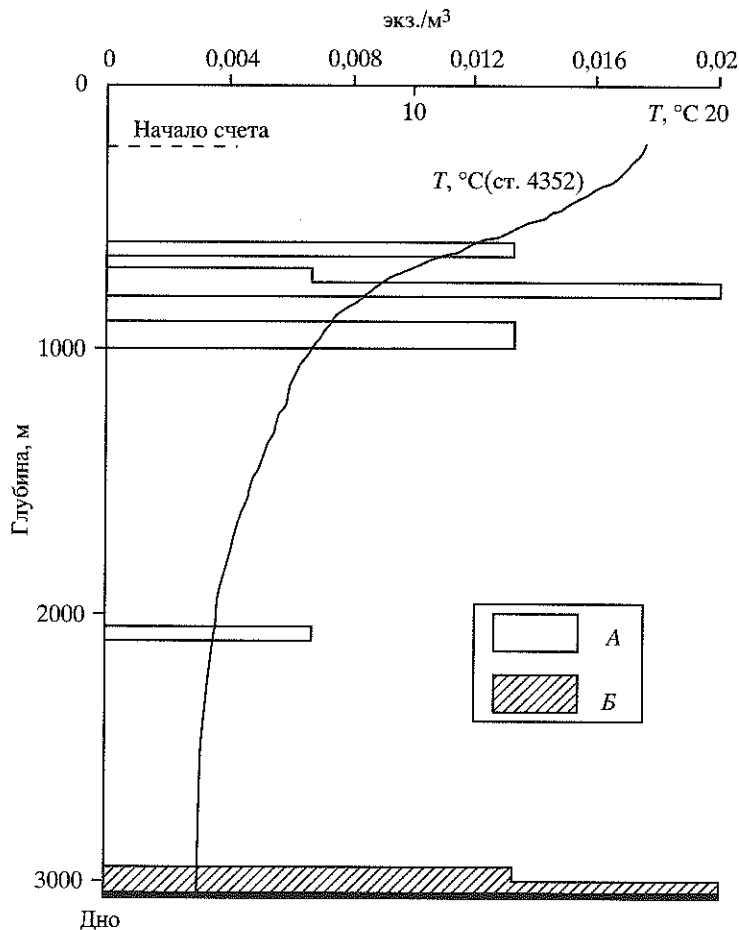


Рис. 8.5. Распределение креветок в столбе воды над гидротермальным полем Брокен-Спур по подсчетам из ГОА «Мир-2» 29.06.2002 г.

А – пелагические виды; Б – молодь гидротермальных креветок *Rimicaris*

шой (вдвое меньший, чем аппендикулярный) пик численности в придонном подплюмовом слое, оказываются гребневиками.

Наблюдениями вновь подтверждаются имевшиеся ранее данные, что в самом ядре плюма количество планктонных животных резко уменьшается, возможно, из-за неблагоприятных гидрохимических условий, которых животные стараются избежать, или из-за физического выноса планктона, имеющего практически нейтральную плавучесть, к границам плюма конвекцией.

В нижней части столба воды (максимально до 300 м от дна) начинают встречаться единичные личинки гидротермальных креветок, от ранней сантиметровой «красной» молоди, неоднократно отмеченной на Брокен-Спуре, до уже посеревших ювенильных *Rimicaris*, встреченных над Снейк-Питом. При этом в самых нижних придонных слоях личинки становятся достаточно многочисленными (рис. 8.5). Плавающие личинки не держатся исключительно возле черных дымов, а встречаются по всему полю. Больше всего их бы-

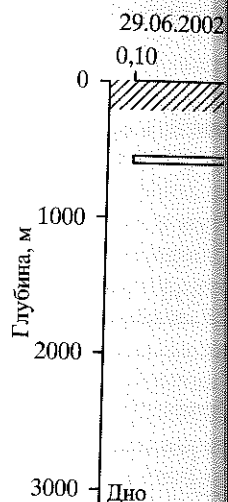
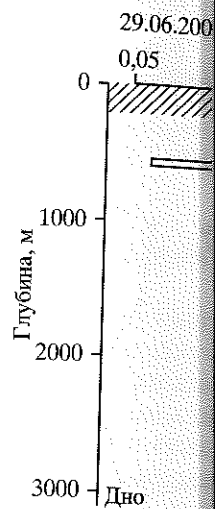
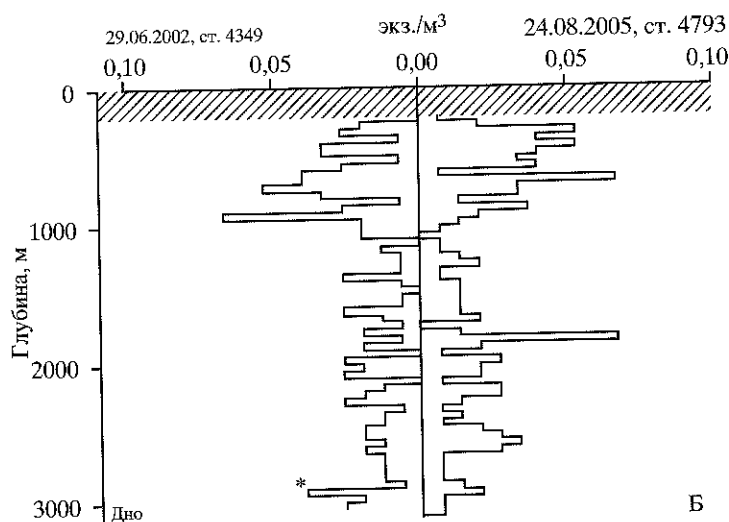
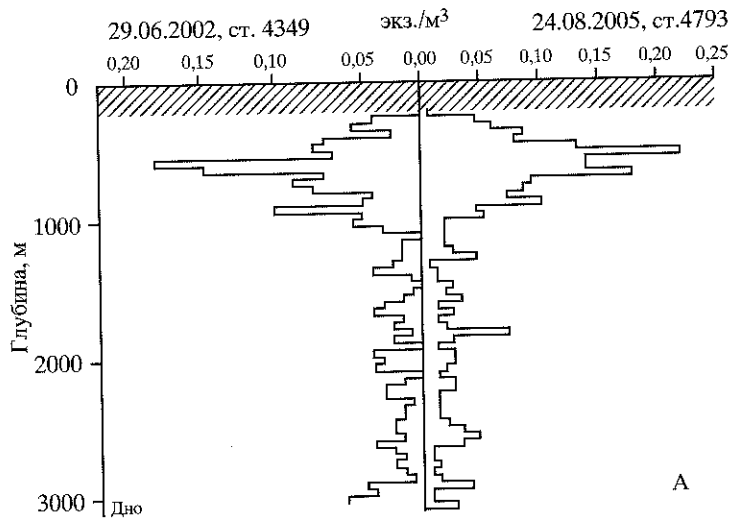


Рис. 8.6. Вертикальное распределение макропланктона в районе Брокен-Спур по наблюдениям из ГОА в 2002 и 2005 гг. (счет в «большой рамке»)

А – весь макропланктон тотально; Б – желетелые животные и домики аппендикулярий (придонный пик численности аппендикулярий отмечен звездочкой); В – щетинкочелюстные; Г – циклотоны. Заштрихован не обчитывавшийся верхний освещенный слой воды

ло над Снейк-Питом, численность достигала местами 1 экз./м³ в первых метрах от дна. На других полях количество личинок креветок в придонном слое было значительно меньшим. Например, на ТАГ'е – 0.05 экз./м³. Над полем Брокен-Спур личинки *Rimicaris* длиной по 13 мм дважды были добыты придонными (от 40–50 м от дна) ловами сетью БР в 1994 и 2002 гг.

Судя по данным подсчета макропланктона в столбе воды над полем Брокен-Спур в «большой рамке» в июне 2002 и в августе 2005 гг., межгодовая изменчивость вертикального распределения планктеров практически отсутст-

вует. И общее распределен- нов и экологических групп сходство (рис 8.6, А–Г).

8.3. РАСПРЕД И СЕТНОГО МЕЗОП НА ПРИМЕР

Детальный облов мезоп сопровождаемый подсчетом кубе из ГОА (см. главу 7).

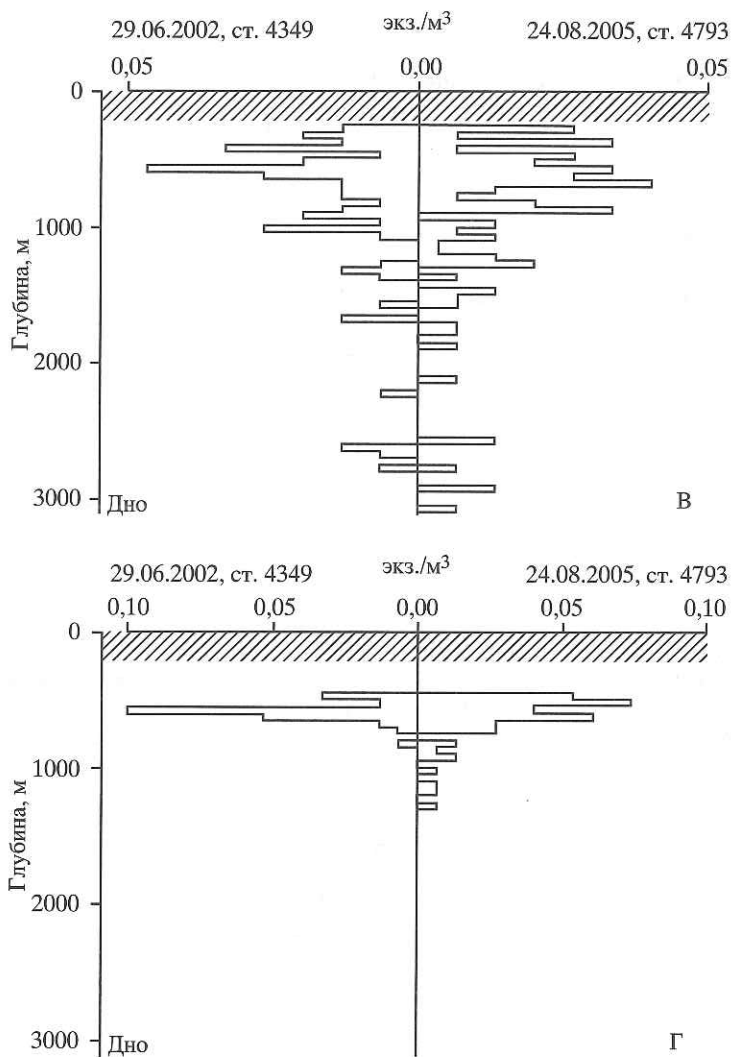


Рис. 8.6 (окончание)

вует. И общее распределение животных, и распределение основных таксонов и экологических групп в эти два года демонстрируют поразительное сходство (рис 8.6, А-Г).

8.3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАТОМЕТРИЧЕСКОГО И СЕТНОГО МЕЗОПЛАНКТОНА НАД ЮЖНЫМИ ПОЛЯМИ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНА «БРОКЕН-СПУР»

Детальный облов мезопланктона большими батометрами и сетями БР, сопровождаемый подсчетом мезопланктона столба воды в «малом» счетном кубе из ГОА (см. главу 7), проводился над полем Брокен-Спур в 1994 и

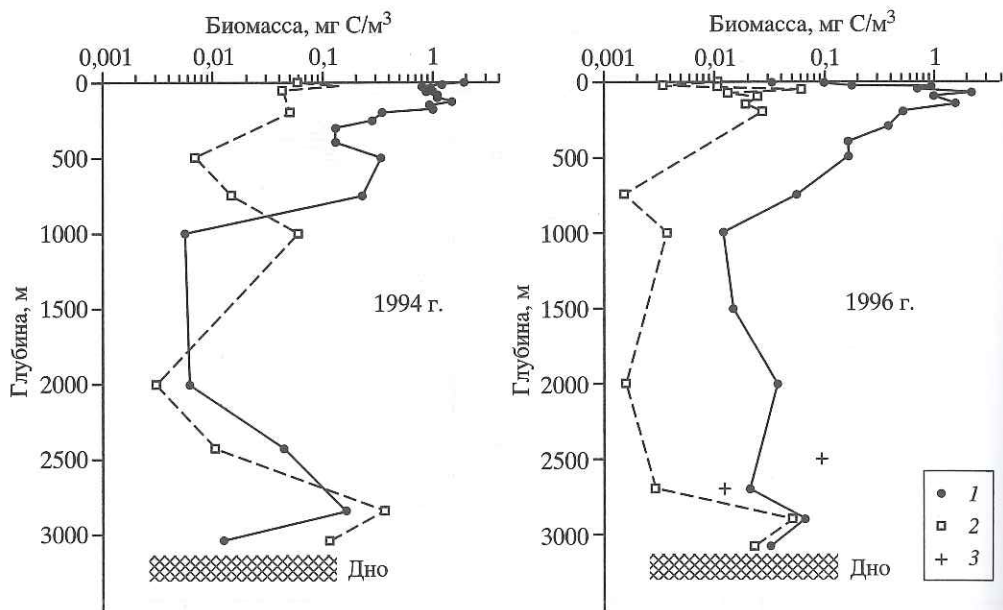


Рис. 8.7. Вертикальное распределение биомассы батометрического мезопланктона (1) и детрита (2) в районе Брокен-Спур в начале сентября 1994 и 1996 гг. в органическом углероде; (3) – биомасса мезопланктона в фоновых точках [по: М. Виноградов и др., 1996а; Г. Виноградов и др., 1997]

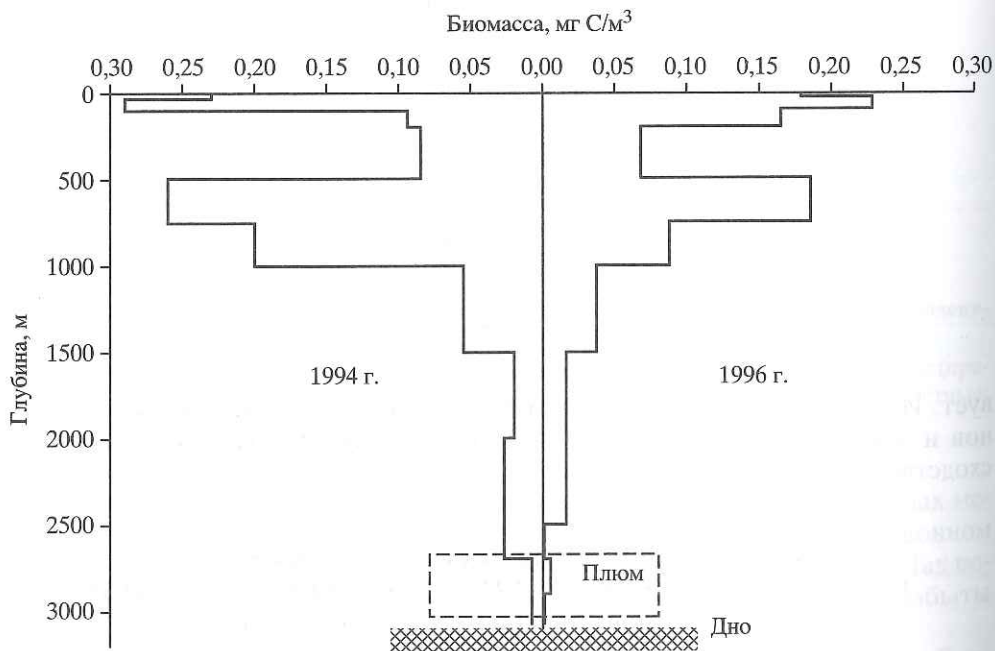


Рис. 8.8. Вертикальное распределение биомассы B_z всего сетного мезопланктона, включая мелкие (< 3 мм) организмы, на полигоне «Брокен-Спур» в сентябре 1994 г. и в сентябре 1996 г. по ловам сетью БР

1996 гг. [М. Виноградов и др., 1996а].
 чаяя общая картина
 значения его биомассы
 крупного мезопланктона
 ром 0.2–3 мм) мезопланктона
 батометрами (рис. 8.7)

Как и следовало ожидать, в 1996 г. в
 мелкого батометрического мезопланктона
 0–500 м были очень высокие значения
 ческим пробам составило 0.2–0.3 г/м³
 этом на слой 0–200 м

Вертикальное распределение биомассы
 и детритных частиц в 1996 г. в районе
 онов океана. В верхнем слое 0–200 м
 составляла 26.5–27.0 г/м³. В 1996 г.
 время была низкой. На глубине 35 м
 35 м отмечается появление пелагиального
 тона, который был связан с наличием
 слоями концентрации органического
 цид. На этом горизонте наблюдается
 градиента плотности. В 1996 г. в
 сительно большое количество органического
 общего количества детрита. В 1996 г.
 величины B_m на глубинах 35 м и 75 м
 низмов, что и на 35 м связано с
 появлением здесь прохладных вод, что
 совпадал с нижней границей пелагиального
 мумов мутности и градиента плотности.
 ный максимум B_m на глубине 75 м
 что и на глубине 75 м связано с наличием
 детритных частиц со скоростью оседания

Всего в верхнем слое 0–200 м в 1996 г. в
 общего количества детрита в 1996 г.
 лероде (0.22 и 0.41 г/м³). В 1996 г. в
 дится 75% B_m . В 1996 г. в
 нах 35, 75 и (менее чем 1 г/м³)
 оказалось около 1 г/м³

⁶ Результаты облова сетью БР сильно недооценивают биомассу мезопланктона в 10 раз ниже, чем по батометрии. Биомасса и крупного мезопланктона в верхних слоях оказалась выше, чем в 200–500 м (0.04 г/м³ при облове сетью БР).
⁷ По батометру получается

1996 г. [М. Виноградов и др., 1996а; Г. Виноградов и др., 1997]. В обоих случаях общая картина вертикального распределения планктона и абсолютные значения его биомассы оказались весьма схожими. Это касается как более крупного мезопланктона из сетных ловов, так и мелкого (животные размером 0.2–3 мм) мезопланктона и детрита, собранных 150- и 180-литровыми батометрами (рис. 8.7, 8.8).

ПЛАНКТОН ВЕРХНИХ СЛОЕВ ВОДЫ

Как и следовало ожидать для олиготрофных вод, значения биомассы мелкого батометрического (B_m) и крупного сетного (B_g) зоопланктона в слое 0–500 м были очень низкими (табл. 8.1). В 1996 г. величина B_m по батометрическим пробам составляла в нем 4.7 г/м² сырой массы, или 0.31 г С/м². При этом на слой 0–200 м приходилось 3.3 г/м² (в 1994 г. – 3.2 г/м²).

Вертикальное распределение мелкого батометрического зоопланктона и детритных частиц в слое 0–200 м было типичным для олиготрофных районов океана. В верхнем перемешанном слое (0–25 м), где температура воды составляла 26.5–27 °С, биомасса батометрического зоопланктона в дневное время была низкой и составляла в среднем около 0.1 мг С/м³. На глубине 35 м отмечается поверхностный максимум батометрического мезозоопланктона, который был связан с повышенной по сравнению с вышележащими слоями концентрацией науплисов, мелких каляноид, циклопид и гарпактицид. На этом горизонте, по измерениям «Розетт», отмечались максимумы градиента плотности и мутности. На этой же глубине было встречено относительно большое количество мертвых планктонных животных – около 30% общего количества детритных частиц. Более четко был выражен максимум величины B_m на глубине 75 м. Он был обусловлен скоплением тех же организмов, что и на 35 м (мелкие каляноиды, циклопиды, гарпактициды), но с появлением здесь представителей Euchaetidae и *Haloptilus* sp. Этот максимум совпадал с нижней границей сезонного термоклина, нижней границей максимумов мутности и градиента плотности. Третий, наименее четко выраженный максимум B_m на глубине 150 м связан со скоплениями тех же животных, что и на глубине 75 м. На этом горизонте, а также на глубине 200 м 30–40% детритных частиц составляли мертвые зоопланктеры.

Всего в верхнем 200-метровом слое сосредоточено около 50% B_m от ее общего количества в столбе воды от поверхности до дна, выраженного в углероде (0.22 и 0.41 г С/м² соответственно), а в пределах верхних 500 м находится 75% B_m ⁶. В 1996 г. величина B_m имела локальные максимумы на глубинах 35, 75 и (менее четко) 150 м. Крупного зоопланктона (B_g) в слое 0–500 м оказалось около 1 г/м², или 0.047 г С/м² (до 3.8 мг/м³, см. табл. 8.1) при его об-

⁶ Результаты облова сетью БР этого же слоя показали, как и следовало ожидать, что сеть сильно недолавливает мелкий мезозоопланктон – B_m в сыром весе по сети БР более чем в 10 раз ниже, чем по батометру, а по углероду – ниже более чем в 13 раз. Надо отметить, что биомасса и крупного мезозоопланктона (≥ 3 мм) – B_g , выраженная в углероде, в поверхностных слоях оказалась выше по батометрическим ловам, чем по сетным, особенно в слое 200–500 м (0.04 г С/м² против 0.01 г С/м²).

⁷ По батометру получается 0.06 г С/м².

Таблица 8.1. Последнее вертикальное распределение батометрического и сетного мезопланктона разных размерных групп в районе Брокен-Слур в 1996 г.

Горизонт, м	Батометр (БТ) 150–180 л				Сеть БР 113/140				Суммарная биомасса	
	$V_m(\text{БТ})$ (особи 0.2–3 мм)		$V_m(\text{БТ}) = V_m(\text{БТ}) + V_g(\text{БТ})$		$V_g(\text{БР})$ (особи 3–30 мм)		$V_z(\text{БР}) = V_m(\text{БР}) + V_g(\text{БР})$		$V_z = V_m(\text{БТ}) + V_g(\text{БР})$	
	мг/м ³	мг С/м ³	мг/м ³	мг С/м ³	мг/м ³	мг С/м ³	мг/м ³	мг С/м ³	мг/м ³	мг С/м ³
0–200	16.5	1.09	18.1	1.20	3.8	0.11	5.3	0.19	20.3	1.20
200–500	4.6	0.30	6.7	0.45	1.1	0.04	1.5	0.07	5.7	0.34
500–1000	2.0	0.07	2.0	0.07	2.4	0.15	2.8	0.18	4.4	0.22
1000–1500	2.1	0.01	2.1	0.01	1.3	0.04	1.3	0.04	3.4	0.05
1500–2000	0.6	0.03	0.6	0.03	0.3	0.02	0.3	0.02	0.9	0.05
					(1.8)	(0.12)	(1.8)	(0.12)	(2.4)	(0.15)
2000–2500	0.7	0.03	0.7	0.03	0.3	0.01	0.3	0.02	1.0	0.04
2500–2700	0.3	0.02	0.3	0.02	0	0	<0.1	<0.01	0.3	0.02
2700–2900	0.9	0.07	0.9	0.07	0	0	0.1	<0.01	0.9	0.07
2900–3080	1.0	0.07	1.0	0.07	0.1	<0.01	0.1	<0.01	1.1	0.07

Примечание. В скобках даны величины биомассы с учетом креветок *Acantherpuga*.

щем количестве во
1994 г. картина был

Количественны
верхних слоев воды
олиготрофных и у
[М. Виноградов и др
Мусаева, 1989].

Описанная карт
более глубоких слое
щие животные, за с
личивается пример
бенно в верхнем 100
градов и др., 1993].

РАСПРЕДЕ

Глубже 500 м к
достигает минимума
основного термокли
около 37 мг С/м², и
В слое 1000–1500 м с
около 1 г/м² за счет
Выраженная в угле
чем в слое 500–1000
чрезвычайно низким
бинах встречались
Концентрация детри
(рис. 8.7). Таким обр
вертикального расп
олиготрофных район
в батометр не попад
вие их редкой встреч

В 1994 г. распре

На глубине окол
граница плюма вбли
ют результаты зонд
зонта концентрация
лась (рис. 8.7, табл. 8
2900 м, которая по г
Во взятых в 1996 г.
ротермальных источ
фиксации вода была
плюма. Известно, чт
порядка выше, чем в
плюмовую воду фор
ца, который и выпал

щем количестве во всем столбе воды 0.14 г С/м^2 . Как уже сообщалось, в 1994 г. картина была сходной.

Количественные значения биомассы батометрического мезопланктона верхних слоев воды в районе Брокен-Спура близки к полученным для других олиготрофных и ультраолиготрофных районов как Северной Атлантики [М. Виноградов и др., 1993], так и Мирового океана в целом [М. Виноградов, Мусаева, 1989].

Описанная картина характерна для светлого времени суток. Ночью из более глубоких слоев в верхний 200-метровый слой поднимаются мигрирующие животные, за счет которых общая биомасса планктона в этом слое увеличивается примерно в полтора раза по углероду, а его распределение, особенно в верхнем 100-метровом слое, делается менее монотонным [М. Виноградов и др., 1993].

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАТОМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНКТОНА ГЛУБЖЕ 500 м

Глубже 500 м концентрация мелкого мезопланктона резко снижалась, достигая минимума на глубине 1000 м, примерно в районе нижней границы основного термоклина (табл. 8.1). В 1996 г. B_m в слое 500–1000 м составляла около 37 мг С/м^2 , или 0.07 мг С/м^3 ; в сыром весе – 1 г/м^2 и около 2 мг/м^3 . В слое 1000–1500 м сырая биомасса мелкого мезопланктона составила также около 1 г/м^2 за счет попавшей на глубине 1000 м сифонофоры размером 3 мм. Выраженная в углероде величина B_m была в 5 раз ниже в слое 1000–1500 м, чем в слое 500–1000 м, и составляла около 0.01 мг С/м^3 (табл. 8.1). Такими же чрезвычайно низкими величинами B_m оставались вплоть до 2700 м. На этих глубинах встречались циклопоиды, науплисы, мелкие каляноиды, радиолярии. Концентрация детритных частиц на глубинах от 500 до 2700 м была низкой (рис. 8.7). Таким образом, до глубины 2500 м наблюдалась типичная картина вертикального распределения планктона, характерная для фоновых ультраолиготрофных районов океана. Стоит отметить, что начиная с глубины 500 м в батометр не попадали мезопланктонные животные крупнее 3 мм вследствие их редкой встречаемости.

В 1994 г. распределение биомассы было сходным (рис. 8.7).

На глубине около 2700 м (~400 м от дна), по-видимому, проходит верхняя граница плюма вблизи гидротермального источника, об этом свидетельствуют результаты зондирования комплексом «Розетт». Начиная с этого горизонта концентрация мелкого зоопланктона и детрита несколько повышалась (рис. 8.7, табл. 8.1.) Это увеличение было особенно заметно на глубине 2900 м, которая по гидрологическим данным является глубиной ядра плюма. Во взятых в 1996 г. на этой глубине 150-литровым батометром вблизи гидротермальных источников двух повторных пробах после их концентрации и фиксации вода была непрозрачной, в отличие от остальных проб, взятых вне плюма. Известно, что содержание растворенного марганца в плюмах на два порядка выше, чем во внеплюмовых водах. Возможно, что при добавлении в плюмовую воду формалина образовался нерастворимый гидроксид марганца, который и выпал в осадок, образуя муть в фиксированных пробах, взя-

Примечание. В скобках даны величины биомассы мезопланктона.

тых в плюме. Биомасса мелкого мезопланктона в этих двух пробах различалась примерно в 3 раза по сырому весу (0.52 и 1.55 мг/м³) и углероду (0.03 и 0.11 мг С/м³) и в среднем была равна 1 мг/м³ сырого веса и 0.07 мг С/м³, т.е. примерно в 3 раза выше в углеродных единицах, чем в вышележащих слоях от 1500 до 2500 м. Однако в третьей батометрической пробе с характерной мутью, взятой над Брокен-Спур на глубине 2700 м, биомасса мезопланктона была примерно такой же, как в слое 1000–2700 м в 1994 г.

Что же касается фоновых батометрических проб, взятых в ближайших окрестностях Брокен-Спура в 1996 г. на тех же придонных горизонтах, но вне плюма (в миле к северу в пределах рифтовой долины), то биомасса планктона различалась в них очень сильно. Так, в лове 150-литровым батометром с глубины 2700 м (300 м от дна) поймана единственная личинка полихеты длиной 0.12 мм ($B_m = 0.00007$ мг С/м³). Напротив, в лове на глубине 2500 м биомасса оказалась равной 0.09 мг С/м³, что только немного ниже максимального значения, измеренного в плюме (рис. 8.7). В другой пробе с глубины 2700 м B_m оказалась равной 0.01 мг С/м³.

Таким образом, полученная картина скорее свидетельствует о пятнистости распределения планктона у дна, чем о его обогащении именно в водах плюма. Возможно, что при очень низких концентрациях планктона в дело вступил фактор случайности, но возможно и то, что планктон вблизи дна действительно распределен неравномерно (чему могут способствовать сложные рельеф и гидрологическая обстановка рифтовой долины).

Следует отметить, что и в 1994, и в 1996 гг. в батометрических пробах, взятых в районе плюма, было обнаружено много мертвых планктеров. Например, в 1994 г. 150-литровый батометр был взят на глубине 2840 м (~200 м от дна), что соответствовало верхней границе плюма (на этой глубине имел место скачок температуры), сопровождаемой градиентом плотности. В этой пробе по сравнению с предыдущим батометром (2428 м) на порядок возросло количество детрита, представленного фрагментами шкурок ракообразных и неидентифицируемыми частицами [М. Виноградов и др., 1996а]. Пробы 1996 г. также показали возрастание концентрации детрита на глубинах плюма (рис. 8.7). Возможно, мы имеем здесь дело с обычным увеличением с глубиной доли погибших животных в пробах [Гептнер и др., 1990] и задержкой их остатков на гидрологических границах, но можно предположить и вредное влияние растворенных в воде плюма веществ, в том числе солей тяжелых металлов.

СЕТНОЙ ЗООПЛАНКТОН ГЛУБЖЕ 500 м

Значительная (если не основная) часть сетного мезопланктона в дневное время сосредоточена ниже фотической продукционной зоны в водах основного пикноклина (табл. 8.1, рис. 8.8). На глубинах промежуточного слоя в районе 500–1000 м обозначился четкий максимум биомассы крупного сетного мезопланктона, как по сырой массе (1.18 г/м²), так и по содержанию углерода в ней (77 мг С/м², или 0.15 мг С/м³). Этот максимум мог быть обусловлен обогащением планктона в промежуточных слоях океана и скоплением в нем мигрирующих в верхние слои воды животных в светлое время суток, од-

нако заметную долю составляющие рыбы «Мир» были неоднородными, а различные гребневик

В нижележащих слоях, как в сыром весе, так и в среднем, однако здесь было по сравнению с «нижним» мезопланктоном оказалась выше биомасса планктона здесь со

На глубинах 600–800 м (размером более 300 мкм) составляла примерно 30% от общего донным ловом 315 м

гидротермальной зоны в местах с зарегистрированными сетями отсутствовали составляла 0.0004 мг С/м³

19.5 мм, без нее – непосредственно в слое (2860–3080 м). Она была длиной 11 м (2490–3110 м) был

гидротермального слоя крупный мезопланктон имеют видимой за исключением количества крупного планктона ствительности сетей

предела. Заметно тона на глубинах и в то же время метна слабая тенденция к увеличению значения B_m в разном слое (0.01–0.04 мг/м³ в л

Таким образом, в слое 500 м и в меньшей степени его биомасса в слое от 1000 до 2000 м по сравнению с прежним остается прежней. Однако сеть да

ва данные, в то время как на глубинах плюма по

⁸ В 1994 г., кроме *A. scabra* и креветки *Systellaspis*

⁹ Лов в точке 29°08.2' N, 15°00.0' W. Личинка *Rimicaris exocela* (ст. 4355 1.07.2002).

нако заметную долю биомассы планктона здесь составляли также и немигрирующие рыбки *Cyclothone*. На этих же глубинах в двух погружениях ГОА «Мир» были неоднократно замечены крупные (порядка 20–30 см) лентообразные гребневика *Cestidae*.

В нижележащих слоях от 1000 до 2500 м биомасса планктона, выраженная как в сыром весе, так и в углеродных единицах, резко убывала (табл. 8.1). Однако здесь было поймано несколько креветок *AcanthePHYRA curtirostris*⁸ «пограничного» мезо-макропланктонного размера. С их учетом биомасса планктона оказалась высокой (0.12 мг С/м³, или 59.8 мг С/м²). Значительную часть планктона здесь составляли копеподы *Metridia princeps* и *Euaugaptilus* spp.

На глубинах более 2500 м количество крупного сетного мезопланктона (размером более 3 мм) резко падает. В 1994 г. его биомасса в придонном слое составляла примерно 0,07 мг/м³ сырого веса (0,005 мг С/м³). При этом придонным ловом 3150–2750 м⁹ была поймана одна 13-миллиметровая личинка гидротермальной креветки. В 1996 г. в двух ловах из четырех, проведенных в местах с зарегистрированными плюмами, крупный мезопланктон в уловах сети отсутствовал. В двух других ловах биомасса крупного мезопланктона составляла 0.0004 и 0.02 мг С/м³ (за счет единственной креветки длиной 19.5 мм, без нее – 0.0017 мг С/м³). Первый из этих двух ловов был проведен непосредственно на глубинах плюма над самым Брокен-Спуром (2860–3080 м). Он принес из крупного мезопланктона единственную хетогапату длиной 11 мм. Еще два глубинных лова сетью БР (2510–3080 м и 2490–3110 м) были фоновые – они проведены в полтора милях к северу от гидротермального поля. Первый из них показал $B_g = 0.002$ мг С/м³, вторым крупный мезопланктон добыт не был. Все эти различия в уловах сетей не имеют видимой закономерности и, скорее всего, случайны. Таким образом, количество крупного планктона в придонных слоях настолько мало, что чувствительности сетных ловов не хватает для достоверного описания его распределения. Заметного увеличения количества крупного сетного зоопланктона на глубинах плюма эти ловы не выявляют.

В то же время по сетным ловам на глубинах плюма (глубже 2700 м) заметна слабая тенденция к увеличению численности мелкого зоопланктона – значение B_m в разных ловах изменяется здесь от 0.01 до 0.08 мг/м³ против 0.01–0.04 мг/м³ в ловах в слое 1500–2700 м.

Таким образом, анализ макромасштабного распределения батометрического и в меньшей степени – сетного зоопланктона показывает слабое повышение его биомассы на глубинах плюма по сравнению с вышележащими слоями от 1000 до 2700 м, хотя его концентрация на глубинах плюма по-прежнему остается несравнимо меньшей, чем на глубинах менее 1000 м.

Однако сеть дает осредненные по относительно протяженным слоям облова данные, в то время как дробные ловы батометром через малые интервалы на глубинах плюма попросту невозможны технически. Для подтверждения эффек-

⁸ В 1994 г., кроме *A. curtirostris*, на этих глубинах были пойманы так же и макропланктонные креветки *Systellaspis debilis* [М. Виноградов и др., 1996а].

⁹ Лов в точке 29°08.2' с.ш., 43°16.7' з.д., глубина дна 3200 м (ст. 3341 12.09.1994). Еще одна личинка *Rimicaris exoculata* была добыта здесь одиночным придонным ловом сетью БР восемь лет спустя: лов от 40 м от дна в точке 29°10.67' с.ш., 43°10.38' з.д., глубина дна 3000 м (ст. 4355 1.07.2002).

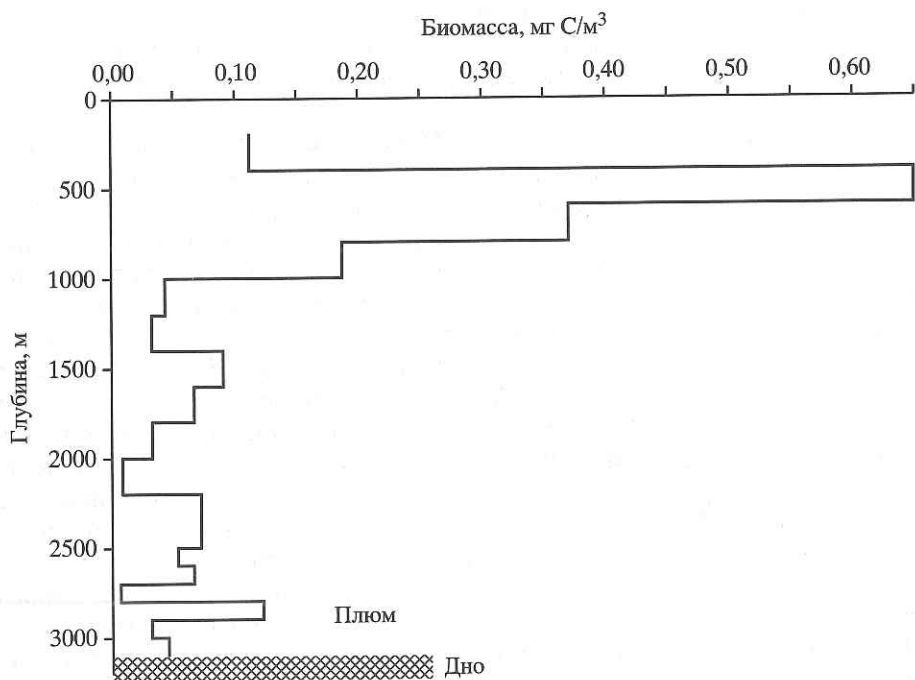


Рис. 8.9. Вертикальное распределение биомассы мезопланктона (в $C_{орг}$, включая желетельных) на полигоне «Брокен-Спур» в сентябре 1996 г. по оценке из ГОА «Мир» (подсчеты в реперном кубе с пересчетом численности в биомассу)

В большей части столба воды планктон просчитан дважды, а на глубинах 2600–3000 м – трижды. До глубины 2400 м данные осреднены по 200-метровым слоям, а глубже – по 100-метровым

та влияния плюма на население толщи воды, а также для более детального изучения микромасштабного распределения планктона необходимо использование иных методик: визуального счета планктона из ГОА при использовании реперного куба. Без исследования тонкой структуры планктонного населения вблизи плюма невозможно оценить влияние гидротермы на окружающее пространство и понять происходящие в контактных зонах биологические процессы.

СРАВНЕНИЕ С НАБЛЮДЕНИЯМИ ИЗ ГОА «МИР» (СЧЕТ МЕЗОПЛАНКТОНА В МАЛОМ КУБИКЕ)

Данные по распределению биомассы планктона в столбе воды выше плюма, полученные при визуальных наблюдениях из ГОА с дальнейшим пересчетом численности животных в биомассу, несколько отличаются от полученных по сборам БР. На глубинах 500–1000 м при разбивке по 200-метровым слоям биомасса мезопланктона B_g колебалась от 5 до 30 мг/м³. Превышение над сетными ловами (табл. 8.1) возникает в первую очередь из-за того, что из ГОА гораздо полнее учитываются желетельные животные, доля которых в сыром весе планктона может превышать 90% [М. Виноградов, Шушкина, 1994]. Ниже основного пикноклина, на глубинах более 1000 м, биомасса наблюдаемого зоопланктона изменялась от 2 до 22 мг/м³. Однако



Рис. 8.10. Вертикальное распределение биомассы зоопланктона в районе поля Брокен-Спур (счет численности планктона). Данные осреднены по 100-метровым слоям. Начала плюма показана без учета копепода

если измерять биомассу зоопланктона с помощью сетных ловов и сравнивать с наблюдениями из «Мир», то в слое 500–1000 м биомасса мезопланктона B_g колебалась от 0.4 мг C/м³, а глубже от 0.04 мг C/м³ и менее, что согласуется с данными из ГОА отмеченными в районе глубин гидротермы.

6.09.1996 было проведено зондирование нарушенного зондирован

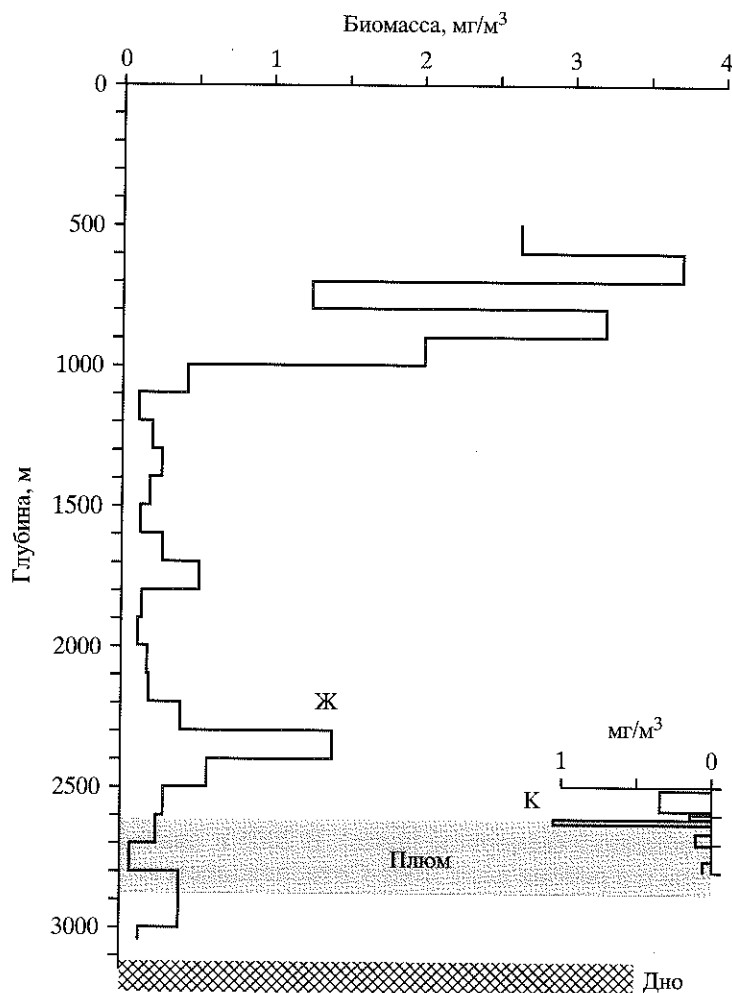


Рис. 8.10. Вертикальное распределение сырой биомассы мезопланктона в мезо- и батипелагиали в районе поля Брокен-Спур по визуальным наблюдениям из ГОА «Мир» 6.09.1996 г. (счет численности планктеров в реперном кубе с дальнейшим пересчетом в биомассу)

Данные осреднены по 100-метровым слоям, справа — биомасса в столбе воды на глубинах начала плюма показана без осреднения. Ж — пик численности желетельных; К — пик численности копелод

если измерять биомассу не в сыром весе животных, а в мг $C_{орг}$, разница между сетными ловами и наблюдениями из аппаратов оказывается невелика: по наблюдениям из «Мир-1» биомасса в слое 500–1000 м в среднем равна 0.4 мг $C/м^3$, а глубже 1000 м колеблется от 0.01 до 0.08 мг $C/м^3$ (по сети 0.04 мг $C/м^3$ и менее, см. табл. 8.1). Так же, как и по сетным ловам, по наблюдениям из ГОА отмечается некоторое увеличение биомассы мезопланктона в районе глубин гидротермального плюма (рис. 8.9), в первую очередь за счет желетельных.

6.09.1996 было проведено погружение ГОА «Мир-1» в район плюма, обнаруженного зондированием «Розетт» с борта судна милей южнее поля Бро-

кен-Спур [Лукашин и др., 1996, 1997; Сагалевиц и др., 1997]¹⁰. При приближении к границе плюма (2600–2700 м по данным зондирования), кроме увеличения численности желетелого планктона на глубине 2300–2500 м, был отмечен еще один узкий пик численности планктонных животных, причем не только желетелых, но и копепод (до 1 мг/м³). Пик был зарегистрирован на глубине 2610–2630 м, где наблюдалось некоторое помутнение воды (рис. 8.10). Ниже, в водах плюма, планктон почти исчез, только изредка встречались отдельные крупные Euaugartilidae, обеспечившие повышение оценочной биомассы до 0.3 мг/м³.

8.4. ОСОБЕННОСТИ РАЗНЫХ ПОЛЕЙ ЮЖНОЙ АБИССАЛЬНОЙ ГРУППЫ

При общем сходстве полигонов южной абиссальной группы, отмеченном выше, между ними заметны и некоторые различия. Например, по данным наблюдений из ГОА, на полигоне «ТАГ» в нижней половине столба воды желетелый планктон был обильнее, чем на «Снейк-Пит». В свою очередь, над полем Брокен-Спур, расположенным ближе к границе антициклонического круговорота (и, следовательно, в немного более продуктивных водах, чем ТАГ или Снейк-Пит), в верхних слоях воды и на глубинах главного пикноклина (~ до 1000 м) было больше хищников, как желетелых (гребневика), так и нежелетелых: хетогнат и макропланктонных рыб-циклотон¹¹ (рис. 8.11, табл. 8.2 (2002 г.)). На глубинах 400–1000 м здесь было отмечено скопление рыб-топорицков Sternoptychidae. Характерной, бросающейся в глаза чертой желетелого планктона в районе Брокен-Спур являются крупные цестидные гребневика (венерины пояса). В 2005 г. два подобных гребневика были отмечены и в районе поля Лост-Сити, лежащем всего в 79 морских милях от поля Брокен-Спур. Ни в одном погружении на других полигонах южной группы венерины пояса ни разу не наблюдались. Однако эти гребневика встречались на полигонах северной группы: в 1999 г. они были отмечены из ГОА «Мир» на полигоне «Рейнбоу», а в 2002 г. подобный гребневик был встречен А.В. Гебруком над полем Лаки-Страйк.

Но наиболее заметным и резким различием между южными полигонами, противопоставляющим ТАГ двум другим абиссальным полям, оказывается постоянное наличие в районе ТАГ большого количества взвешенного детрита: длинных слизистых «нитей» и, особенно, «морского снега», наблюдавшееся и в 1994, и в 2002 г. Общее количество крупных «снежинок» размером более 4–5 мм в столбе воды ниже главного пикноклина составляло около 50 экз./м². Концентрация взвеси максимальна на средних глубинах под главным пикноклином и несколько снижается ко дну (рис. 8.12), где некоторые «нити» явно задерживались в том же слое гидрофизического градиента, что

¹⁰ Изначально этот плюм считался свидетельством гидротермальной активности южнее поля Брокен-Спур, но позже оказалось, что он, по всей вероятности, представляет собой обособленную струю плюма самого Брокен-Спура [Corley et al., 1997].

¹¹ Отметим, что циклотоны активно уходили от счетной рамки ГОА, и, очевидно, способны избегать планктонных сетей, что может привести к их недоучету при заборных работах.



Рис. 8.11. Осредненное распределение с точкой, «ТАГ» (сплошной линией) и «Мир» в 2002 г.

и аппендикулярии, большее количество хлопьев воды над ТАГ и ранее ворить об относительно гидротермальных раз (хотя небольшое чалось всюду).

Таким образом, про распределения пла этом дважды проведен Пит» и «ТАГ» (см. рис ченных при погружении банями в распределе тремя полигонами раз делении планктона в 1

и прибли-
кроме уве-
00 м, был
их, причем
стрирован
ение воды
ко изредка
овышение

тмеченном
по данным
толба воды
ю очередь,
циклониче-
вных водах,
авного пик-
ребневики),
циклотон¹¹
о отмечено
цейся в гла-
ся крупные
гребневика
морских ми-
игонах юж-
гребневики
отмечены из
бневик был

полигонами,
оказывается
нного детри-
наблюдавше-
к» размером
вляло около
нах под глав-
е некоторые
адиента, что

сти южнее поля
т собой обособ-
видно, способны
отных работах.

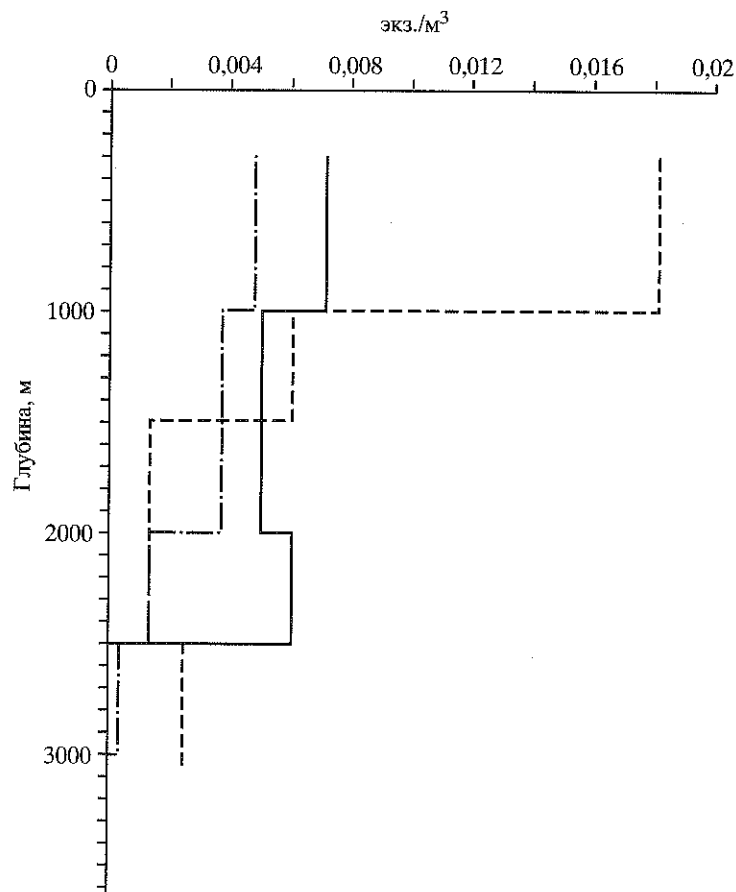


Рис. 8.11. Осредненное распределение численности хетогнат на полигонах «Снейк-Пит» (пунктир с точкой), «ТАГ» (сплошная линия) и «Брокен-Спур» (пунктир) по подсчетам из ГОА «Мир» в 2002 г.

и аппендикулярии, образующие первый придонный пик численности. Большое количество хлопьевидного и нитевидного детрита отмечалось в столбе воды над ТАГ и ранее, в 1994 г. [М. Виноградов и др., 1996а], т.е., можно говорить об относительной устойчивости этого явления. Ни над одним из других гидротермальных полей Атлантики такой картины не наблюдалось ни разу (хотя небольшое количество «морского снега» и слизистых нитей отмечалось всюду).

Таким образом, при несомненном сходстве общей картины вертикального распределения планктон на каждом полигоне имеет свое «лицо». При этом дважды проведенный повторный счет планктона на полигонах «Снейк-Пит» и «ТАГ» (см. рис. 8.3) подтверждает репрезентативность данных, полученных при погружениях. Очевидно, мы имеем дело не со случайными колебаниями в распределении планктона, а с реально существующими между тремя полигонами различиями. Однако гораздо большие различия в распределении планктона в придонных и лежащих выше слоях воды существуют

Таблица 8.2. Количество (в экз./м²) животных основных групп планктона в слое воды 250–900 м на южных полигонах в 2002 и 2005 гг. (по результатам подсчетов из ГОА)

Год	Полигон	Дата	Gel	Siph	Cten	Med	App	Dec	Chaet	Cycl
2002	«Снейк-Пит»	21.06	26.5	4.5	3.3	5.0	7.3	2.0	3.0	8.3
	«ТАГ»	26.06	24.7	3.3	1.7	7.3	3.7	1.7	4.7	4.0
	«Брокен-Спур»	29.06	17.7	2.0	1.7	4.7	4.0	2.0	12.0	11.3
	«Лост-Сити»	04.07	29.7	1.1	9.7	15.0	4.1	7.4	18.0	26.7
2005	«Брокен-Спур»	24.08	23.5	1.3	1.3	5.0	13.5	5.0	14.7	15.0
	«Лост-Сити»	27.08	15.7	2.3	5.7	4.7	3.0	1.7	14.3	17.3
	«Лост-Сити»	28.08	42.2	6.0	4.5	7.3	23.3	1.7	11.2	8.3

Примечание. Gel – желетельный планктон и домики аппендикулярий тотально; Siph – сифонофоры; Cten – гребневники; Med – медузы; App – аппендикулярии; Dec – пелагические креветки; Chaet – хетогнаты; Cycl – циклотоны.

между всеми этими полигонами вместе взятыми и другими районами глубоководной гидротермальной активности на САХ, расположенными под более продуктивными водами на меньших (батиальных) глубинах в северной периферийной зоне антициклонического круговорота. Эти батиальные поля будут рассмотрены ниже.

Очевидно, изменения в распределение планктона должны наблюдаться и при перемещении от центральных районов халистазы к южной периферии антициклонического круговорота. К ней прилегают два гидротермальных поля: поле Логачева (14°45' с.ш., 44°58' з.д.) и недавно открытое абиссальное поле на 12°58' с.ш. 44°52' з.д. [Beltenev et al., 2003]. Из этих двух полей только на поле Логачева проводились биологические исследования, в том числе изучение планктона [М. Виноградов и др., 2000]. Поле Логачева расположено не на самой периферии круговорота, и продуктивность вод в этом районе [250–300 мг С/м² в сутки, см.: М. Виноградов и др., 2000], хотя и превышает продуктивность над полями в центре халистазы (200 мг С_{орг}/м² в сутки [М. Виноградов и др., 1996а; и др.], все же не столь высока, как над северными батиальными полями [~400 мг С_{орг}/м² в сутки, М. Виноградов и др., 1996в]. По второму ключевому фактору – глубине расположения – поле Логачев, лежащее на границе абиссальных и батиальных глубин, достаточно близко к полям Снейк-Пит, ТАГ и Брокен-Спур.

8.5. ПЛАНКТОН ПОЛИГОНА «ЛОГАЧЕВ»

Сетные ловы, взятые непосредственно на полигоне «Логачев», отсутствуют, но общую картину распределения сетного мезопланктона дает проведенная параллельно с работами в районе «Логачева» серия ловов в водах той же продуктивности в точке 15°10' с.ш., 40°10' з.д., отстоящей от «Логачева» на

Рис. 8.12. Вертикаль «морского снега» кру счёту из ГОА «Мир» Соленость (S) и мутн

279 морских миль биомасса мезопла 0–100 м достигала и хетогнаты, а нонем 100–1000 мет изменялась и сост планктона в слое (1000–1800 м биом

На самом же методом счёта из планктона исслед термальному полл (Виноградов) для счёта 0.4 м². Во втором

ное воды

глубина, м	Cycl
0	8.3
7	4.0
10	11.3
17	26.7
17	15.0
13	17.3
2	8.3

о; Siph –
е креветки;

и глубо-
од более
той пери-
поля бу-

одаться и
риферии
мальных
иссальное
лей толь-
ом числе
сположем
м районе
евышает
е в сутки
северны-
р., 1996в].
Логачев,
близко к

отсутству-
проведен-
дах той же
ачева» на

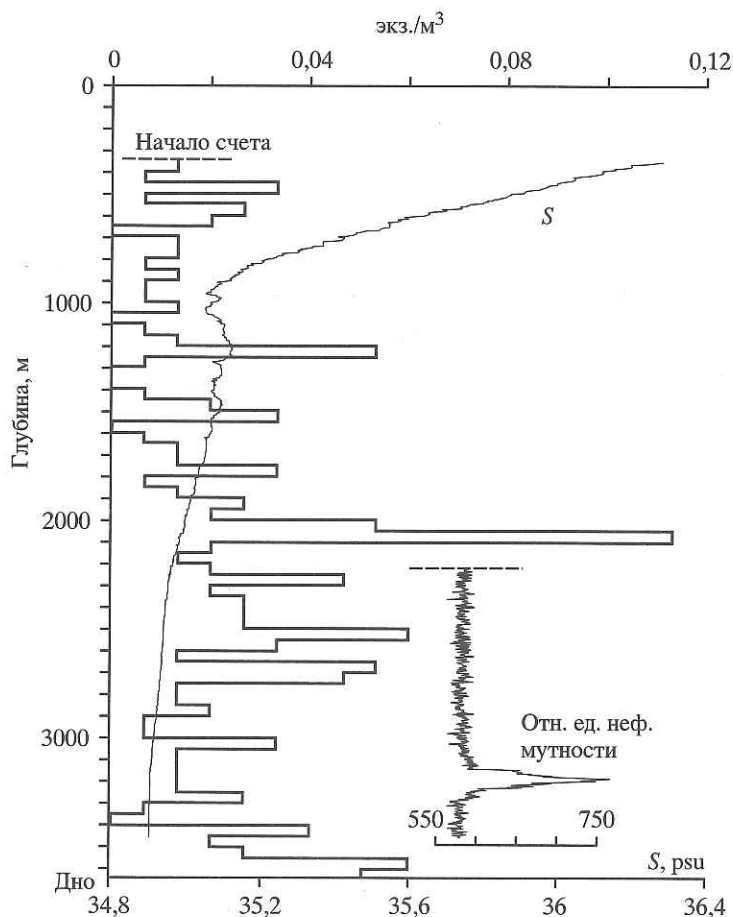


Рис. 8.12. Вертикальное распределение количества крупной органической взвеси (хлопьев «морского снега» крупнее 0.5 см и слизистых «нитей») на полигоне «ТАТ» по прямому подсчету из ГОА «Мир» 26.06.2002 (ст. 4343)

Соленость (S) и мутность воды – по результатам CTD-зондирования (ст. 4341)

279 морских миль [М. Виноградов и др., 2000]. В верхнем 200-метровом слое биомасса мезопланктона превышала 10 мг/м^3 , а в ночных ловах в слое 0–100 м достигала 64 мг/м^3 . В поверхностных слоях доминировали копеподы и хетогнаты, а ночью к ним добавлялись личинки рыб и желетелые. В верхнем 100–1000 метровом слое общая биомасса сетного мезопланктона мало изменялась и составляла около $10 (7\text{--}14) \text{ мг/м}^3$, общий запас сетного мезопланктона в слое 0–1000 м составлял 10.6 г/м^2 днем и 12.6 г/м^2 – ночью. В слое 1000–1800 м биомасса снижалась на порядок и составляла около 1 мг/м^3 .

На самом же полигоне «Логачев» распределение планктона изучалось методом счета из ГОА «Мир». Вертикальное распределение мезо- и макропланктона исследовалось во время двух погружений ГОА «Мир-2» к гидротермальному полю. В первом погружении 17.11.1998 (наблюдатель М.Е. Виноградов) для счета планктона использовалась реперная рамка площадью 0.4 м^2 . Во втором погружении 18.11.1998 (наблюдатель А.Л. Верещака) про-

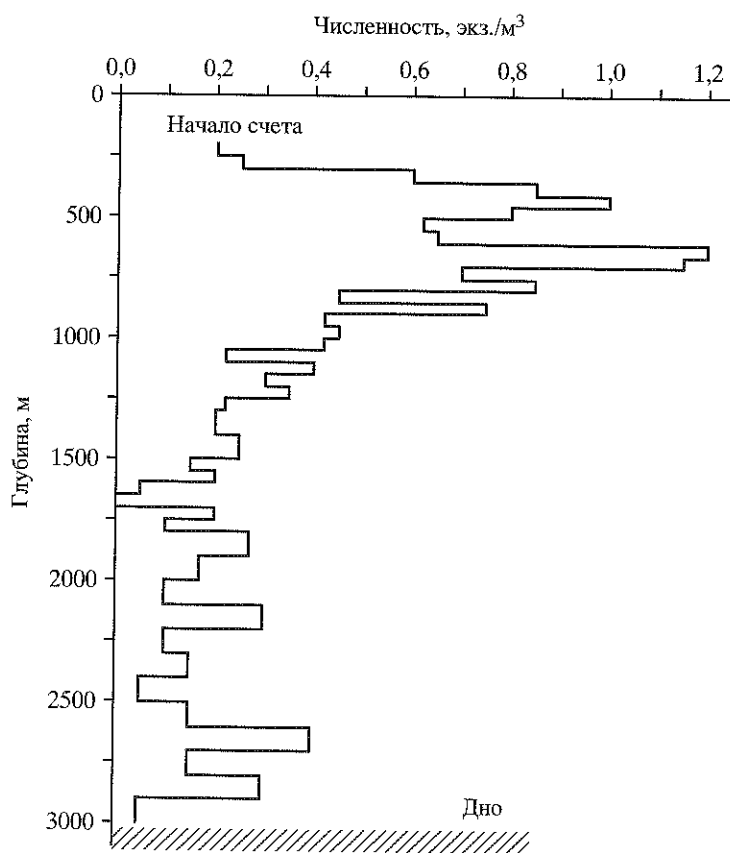


Рис. 8.13. Вертикальное распределение копепод в столбе воды на полигоне «Логачев» по подсчету в малой реперной рамке из ГОА «Мир» в 1998 г. [по: М. Виноградов и др., 2000]

водился учет распределения макропланктона в «большой» рамке (3 м²). Наблюдения показали, что распределение доминирующей группы мезопланктона — копепод — было характерно для олиготрофных районов. Их повышенная концентрация была приурочена к верхнему 100-метровому слою, а глубже 200 м отмечалась в зоне главного пикноклина в водах мезопелагиали на глубине от 300 до 800 м. Здесь численность учитываемых из ГОА крупных копепод составляла 1–1,2 экз./м³ (рис. 8.13) и затем убывала в слое 800–1200 м до 0,5–0,6 экз./м³. Глубже, до 2500 м., их количество колебалось между 0,1 и 0,4 экз./м³ и лишь ближе ко дну слегка увеличивалась в отдельных слоях (2600–2700 м — 0,6 экз./м³). У самого дна в слое 2900–3000 м численность крупных копепод падала до 0,05 экз./м³. Увеличение концентрации копепод в слоях 2600–2700 м и 2800–2900 м могло быть связано с плюмами гидротермального поля или сопряженными с ними гидрологическими границами, так как из аппарата в слоях 2620–2650 и 2700–2750 м были отмечены облака повышенной мутности — вероятно, плюмовые воды [М. Виноградов и др., 2000].

Полученная картина довольно хорошо напоминает распределение численности копепод, наблюдавшееся из ГОА «Мир» на полигоне «ТАГ» [М. Виноградов и др., 1996а] в более бедных ультраолиготрофных водах цен-

тра халистазы, однако ки копепод на полигоне в то время как на «ТАГ» слой повышенной концентрации копепод 400–800 м, затем их концентрация 1200–1400 м (на полигоне «Логачев» колебалась между 0,05 и 0,1 экз./м³) копепод делалось исчезало, оно увеличивалось в от-

Следующей по массе доминирующей группой мезопланктона была хетогнатиды, численность которых снижалась. Глубже 1000 м в некоторых слоях хетогнатиды были столь многочисленными, что отмечались реперной рамкой. На полигоне «ТАГ» хетогнатиды наблюдались и на «Логачеве», но их численность была даже втрое ниже, чем на «ТАГ».

Численность других групп мезопланктона была незначительной. Численность пернущих ракообразных — эуфаузы была 0,3 экз./м³. Эуфаузииды были многочисленными в слое 200–700 м, образуя четкую реперную рамку 400–850 м. Глубже 1300 м отмечались рии (Aulocanthidae и Aulocanthinae) 1100–1400 м, но отмечались только у самого дна [М. Виноградов и др., 2000].

Счет макропланктона проводился на поверхности. Циклотониды были многочисленными в слое пикноклина, на глубине 400–600 м. В диапазоне 400–600 м встречались во всем диапазоне глубин миктофиды. Глубже 1000 м миктофиды встречались в слое 400–1400 м, но относились к отряду Lobosiphonidae, а не к гребневикам. Медузы были многочисленными в слое 400–1400 м, но в основном это были большие гидромедузы, а не мелкие. Крупные представители медуз были многочисленными в слое 400–1400 м.

Общее распределение макропланктона в столбе воды от глубины 400 м до дна расположено в слое 400–1400 м, но, он захватывает и мезопелагиаль. Этот слой образован главным образом мезопелагиалью, максимум очень узок и охватывает только один ным скоплением мигрирующей группы. В этих условиях низкая численность макропланктона в слоях максимумов не превышала 1 экз./м³. Максимумы были наиболее многочисленными в слое 400–1400 м или менее регулярно встречались в слое 400–1400 м.

тра халистазы, однако численность учитываемых с помощью реперной рамки копепод на полигоне «Логачев» в слое 200–3000 м составила 1500 экз/м², в то время как на «ТАГ» она не превышала 1200 экз/м². В обоих районах слой повышенной концентрации копепод (0.9–1.9 экз/м³) лежал на глубине 400–800 м, затем их количество снижалось и достигало минимума в слое 1200–1400 м (на полигоне «Логачев» в слое 1600–1700 м) и затем до 2500 м колебалась между 0.05 и 0.3 экз/м³. Глубже на полигоне «ТАГ» количество копепод делалось исчезающе малым, в то время как на полигоне «Логачев» оно увеличивалось в отдельных слоях до 0.3–0.6 экз/м³.

Следующей по массовости группой были хетогнаты. На глубине максимальной концентрации (300–600 м) их численность составляла 0.6–0.9 экз/м³, а затем снижалась. Глубже 1200 м она не превышала 0.04–0.08 экз/м³, а в некоторых слоях хетогнаты вовсе не были встречены. Глубже 2500 м популяция хетогнат была столь разреженной, что они практически перестали учитываться реперной рамкой. Аналогичная картина распределения хетогнат наблюдалась и на «ТАГ», но там их максимальная концентрация была вдвое или даже втрое ниже, чем в рассматриваемом районе.

Численность других групп планктона, учитываемых при счете через реперную рамку – эуфаузиид, мелких декапод и радиолярий – не превышала 0.3 экз/м³. Эуфаузииды были сконцентрированы в дневное время в слое 200–700 м, образуя четкий максимум в слое 400–500 м, а декаподы – в слое 400–850 м. Глубже 1300 м и креветки, и эуфаузииды отсутствовали. Радиолярии (*Aulocanthidae* и *Aulosphaeridae*) встречались наиболее регулярно в слое 1100–1400 м, но отмечались и в водах плюма на глубине 2600–2700 м (300 м ото дна) [М. Виноградов и др., 2000].

Счет макропланктона в «большой» рамке был начат с глубины 350 м от поверхности. Циклотоны днем встречались исключительно в слое основного пикноклина, на глубинах 400–800 м, образуя четкий максимум в слое 400–600 м. В диапазоне глубин 500–1000 м изредка встречались одиночные миктофиды. Глубже 1000 м планктонные рыбки не наблюдались. Гребневиками встречались во всем столбе воды до самого дна, наиболее регулярно – на глубинах 400–1400 м (рис. 8.14), подавляющее большинство гребневиков относилось к отряду *Lobata*. Медузы по характеру распределения были близки к гребневикам. Медузы встречались от поверхности до дна, наиболее регулярно – в слое основного пикноклина от 400 до 1000 м. Доминировали небольшие гидромедузы, в слое основного пикноклина встречались более крупные представители рода *Solmissus* [М. Виноградов и др., 2000].

Общее распределение макропланктона в светлое время суток во всем столбе воды от глубины 350 м и далее до дна имеет 2 максимума. Первый расположен в слое основного пикноклина на глубинах 350–700 м (возможно, он захватывает и меньшие глубины, где наблюдения не проводились) и образован главным образом циклотонами и щетинкочелюстными. Второй максимум очень узок и ограничен глубинами 1000–1100 м, он связан с дневным скоплением мигрирующих креветок. Обращает на себя внимание крайне низкая численность массовых групп макропланктона, которая даже в слоях максимумов не превышала 20–30 особей на 1000 м³. Все массовые группы были наиболее многочисленны в слое основного пикноклина, глубже более или менее регулярно встречались только щетинкочелюстные и желетелье.

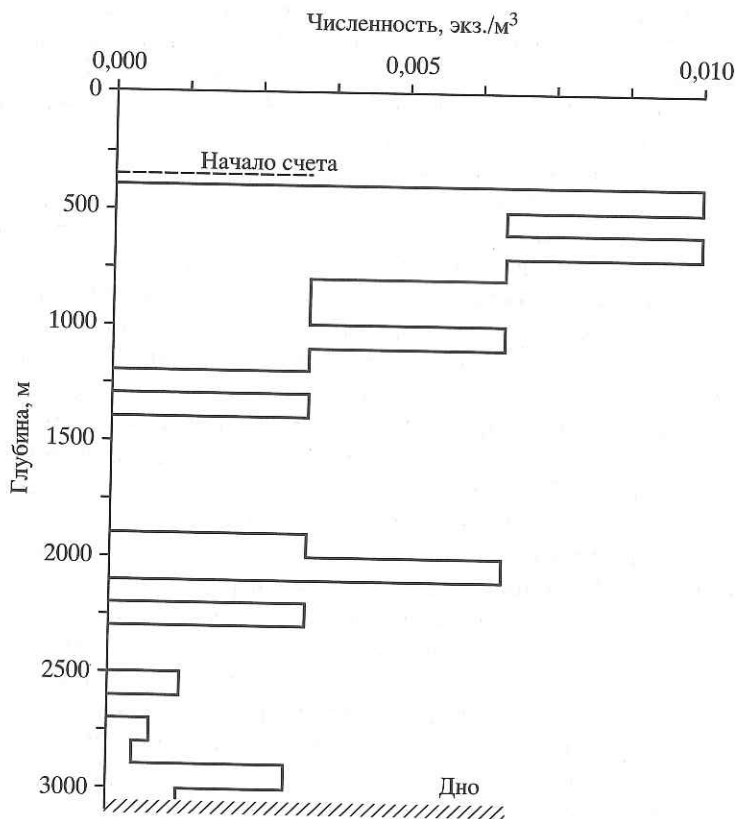


Рис. 8.14. Вертикальное распределение гребневиков в столбе воды на полигоне «Логачев» по подсчету в «большой рамке» из ГОА «Мир» в 1998 г. [по: М. Виноградов и др., 2000, с изм.]

Для полигона «Логачев» характерна чрезвычайно низкая биомасса макропланктона глубже 1100 м и практически полное его отсутствие – глубже 2000 м. Макропланктона на полигоне «Логачев» было даже меньше, чем на других гидротермальных полях в центре халистазы, что, видимо, связано с подтоком глубинных вод с севера.

Очевидная причина этого состоит в том, что на южной периферии антициклонического круговорота в районе гидротермального поля Логачев перенос воды с севера приводит к обеднению планктона средних и глубоких слоев столба воды, так как приносит туда воду из ультраолиготрофных районов центра халистазы. Таким образом, если судить по распределению макропланктона, северный подток беднейших вод в районе Логачева перевешивает по значению некоторое увеличение продуктивности в фотической зоне.

При такой бедности макропланктона нижней половины столба воды не вызывает удивления практически полное отсутствие придонного пика численности желетелого планктона, характерного для других полей, его просто некому формировать. Единственной группой, для которой выявляется хотя бы слабое подобие придонного пика численности, оказываются гребневики (см. рис. 8.14). Выраженного придонного скопления аппендикулярий в рай-

оне поля Логачева не учитывалась [М. Виноградов и др., 2000]. Численности в придонном слое.

8.6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЗОПЛАНКТОНА

Как уже говорили, гидротермальные поля отличаются из ультраолиготрофной периферийной зоне антициклоническими водами. Если над южной халистазой $C_{орг}/м^2$ в сутки [М. Виноградов и др., 2000] в водах над северным гидротермальным полем составляет ~ 400 мг $C_{орг}/м^2$ в сутки.

Планктон на полях гидротермальных вод на южных полигонах халистазы, например на полигоне «Логачев», биомасса мезопланктона по сети БР достигает 200 мг $C_{орг}/м^2$ [М. Виноградов и др., 2000]. Важную роль играют в формировании биомассы планктона виды, численности которых (20 мг $C_{орг}/м^2$ в слое 0–100 м) в 10 раз превышают биомассу мезопланктона. Над полем Снейк-Пик гидротермального поля Логачева, кроме того, в нижней части столба воды массе присутствовали *Thysanoessa gregaria*, ооциты и кропланктон, численности которого здесь составляли по 30 экз./м³.

На глубине 1800 м над гидротермальным полем Логачева в слое воды, в котором отсутствует макропланктон (см. рис. 8.1, б), обнаружены в составе проноса пелагического планктона. Как показывают наблюдения, численности пелагического планктона, формирующего биомассу 0,10–0,15 экз./м³ и в мезопланктоне.

¹² По наблюдениям с бортов гидротермальных полей, в дневном (по численности) приповерхностном слое (0–100 м) численности 3–4-миллиметровых гребневичков достигают 7 экз./м³.

¹³ Для глубоководного планктона гребневички с заостренными концами, сплетающиеся их в единый комок, гребневички отсутствовали. Гребневички встречались спорадически, несколько раз превосходящие численности гидротермального поля Логачева.

оне поля Логачева, очевидно, не было; во время работ эта группа отдельно не учитывалась [М. Виноградов и др., 2000], но заметное увеличение их численности в придонном слое вряд ли было бы пропущено наблюдателями.

8.6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОПЛАНКТОНА И КРУПНОГО МЕЗОПЛАНКТОНА НАД СЕВЕРНЫМИ БАТИАЛЬНЫМИ ПОЛЯМИ

Как уже говорилось, одним из важнейших (помимо глубины залегания гидротермальных полей) различий между тремя абиссальными полигонами из ультраолиготрофных вод центра халистазы и расположенным севернее, в периферийной зоне антициклонического круговорота, батиальными полигонами «Лаки-Страйк» и «Рейнбоу», оказывается продуктивность поверхностных вод. Если над южными абиссальными полями она не превышает 200 мг $C_{орг}/м^2$ в сутки [М. Виноградов и др., 1996а,в; Шушкина, Дьяконов, 1997], то в водах над северными батиальными полями первичная продукция составляет ~400 мг $C_{орг}/м^2$ в сутки [М. Виноградов и др., 1996в, 2000].

Планктон на полигоне «Лаки-Страйк» был заметен более обильный, чем на южных полигонах, рассмотренных выше, и в его составе больше крупных животных, например, медуз с диаметром колокола до 30 см. Общая сырая биомасса мезопланктона (включая желетелых) над «Лаки-Страйк» по ловам сетью БР достигает 24.4 г/м², что в 6 раз больше, чем на полигоне «Снейк-Пит». Важную роль в мезопланктоне играют хетогнаты, максимум численности которых (20 мг/м³) в ночные часы приходится на глубины 100–300 м. Над полем Снейк-Пит аналогичный максимум составлял всего 1.3 мг/м³. Кроме того, в нижней половине столба воды на полигоне «Лаки-Страйк» в массе присутствовали копеподы *Calanus helgolandicus* и эуфаузииды *Thysanoessa gregaria*, о чем будет подробно сказано ниже. Основу сетного макропланктона здесь составляют креветки *Acanthephyra* (15 г/м², из них 9 г/м² приходится на слой 300–600 м) и крупные медузы *Pelagia*¹².

На глубине 1800 м, где расположено гидротермальное поле, дна касаются слои воды, в которых еще не сошел на нет верхний пик численности планктона (см. рис. 8.1, б), и мимо гидротермальных построек в большом количестве проносятся пелагических креветок, хетогнат (рис. 8.15, а) и сифонофор. Как показывают наблюдения из ГОА, придонный пик численности желетелого планктона, формируемый в первую очередь аппендикуляриями (до 0.10–0.15 экз./м³) и в меньшей степени – гребневиками (до 0.03–0.05 экз./м³)¹³,

¹² По наблюдениям с борта судна, *Pelagia* в ночные часы в массе поднимаются к самой поверхности воды, а днем (по наблюдениям из ГОА) концентрируются на глубине 300–350 м. При этом приповерхностные слои воды (до 200 м по прямым наблюдениям) были буквально набиты 3–4-миллиметровыми эфирами, принадлежащими, вероятно, все тем же *Pelagia* (до 7 экз./м³ в слое 0–100 м по ловам сетью БР).

¹³ Для глубоководного планктона района Лаки-Страйк характерны длинные и узкие тентакулятные гребневички с заостренным аборальным полюсом, не расправляющие щупальца, а сплетающие их в единый жгут, тянущийся за животным. На более южных полигонах такие гребневички отсутствовали. В нижней половине столба воды полигона «Лаки-Страйк» регулярно встречались своеобразные лобатные гребневички с большими лопастями, в несколько раз превосходящими по размеру тело животного. Ранее их наблюдали в районе гидротермального поля Рейнбоу.

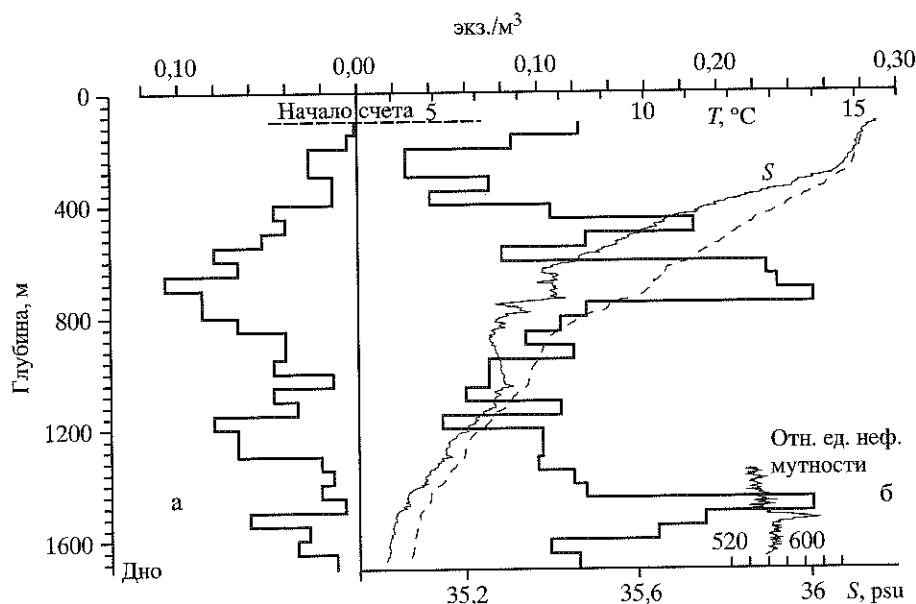


Рис. 8.15. Вертикальное распределение численности хетогнат (а) и желетелого планктона (б) над гидротермальным полем Лаки-Страйк по подсчетам из ГОА «Мир» 11.07.2002

Гидрологические параметры по результатам STD-зондирований: соленость (S) и температура (T) воды – ст. 4375₁₃, мутность – ст. 4375₁₀

здесь выражен много резче, чем на южных полях (рис. 8.15, б). Возможно, это происходит в том числе и потому, что у дна скапливаются животные, которые при большей глубине полигона могли бы быть распределены в большем столбе воды.

Сходное распределение планктона ранее наблюдалось и над другим батимальным полем, лежащим под периферией круговорота, – Рейнбоу. Максимальная величина биомассы наблюдалась здесь в слое основного пикноклина на глубине 200–800 м, где она достигала 4–18 мг С/м³ (данные 1999 г.). Макропланктон в этих слоях был представлен в основном многочисленными крупными гребневиками (5–10 см длиной), крупными колониальными сальпами (длиной 5–30 см), хетогнатами и рыбами – циклотонами и миктофидами, а в ночное время – креветками (в основном *Acanthephyra*, *Gennadas* и *Sergia*). Пик биомассы циклотон, по данным сетных ловов, приходился на глубины 400–1000 м (табл. 8.3). Он формировался главным образом особями длиной 10–15 мм. Глубже 1000 м численность циклотон в сетных ловах резко падала. Однако наблюдения из ГОА показывают, что в глубоких слоях циклотоны встречаются регулярно, но представлены более крупными особями (~5 см), вероятно, довольно легко избегающими сети.

Второй по величине максимум был расположен на глубине 1100–1200 м и связан с концентрацией здесь крупных циклотон, миктофид и креветок. Этот максимум сохраняется и ночью, так как значительная часть популяций креветок и миктофид, по всей видимости, не мигрирует с этих глубин.

По наблюдениям из ГОА, заметное повышение количестве желетелого макропланктона, главным образом гребневиков и домиков аппендикулярий,

Таблица 8.3. Вертикальное распределение мезопланктона на полигоне «Рейнбоу» (36°14' с.ш. 33°53' з.д.) по ловам сетью БР. Светлое время суток. Данные 1998 и 1999 гг.

Группа животных	Глубина лова, м					
	0–200	200–400	400–600	600–1000	1000–1500	1500–2000
Год						
						2100–2300 (до дна)

Таблица 8.3. Вертикальное распределение мезопланктона на полигоне «Рейнбоу» (36°14' с.ш. 33°53' з.д.) по ловам сетью БР. Светлое время суток. Данные 1998 и 1999 гг.

Группа животных	Год	Глубина лова, м						
		0-200	200-400	400-600	600-1000	1000-1500	1500-2000	2100-2300 (до дна)
Общая биомасса, мг/м ³	1998	11.8	7.9	11.9	9.2	5.8	-	2.44
	1999	17.4	8.08	-	11.8	9.5	4.9	-
Общая численность, экз./м ³	1998	11.7	4.1	3.8	2.7	0.5	-	0.42
	1999	1.68	4.58	1.91	1.07	0.29	-	0
Chaetognata, мг/м ³	1998	1.26	1.73	-	0.95	0.18	0.05	-
	1999	1.1	2.2	0.01	0.46	0	-	0
Желетелые, мг/м ³	1998	6.0	0.66	-	5.22	7.82	4.34	-
	1999	3.72	1.36	3.90	3.92	0.92	-	0.40
Copepoda, мг/м ³	1998	3.91	0.60	-	1.20	0.31	0.26	-
	1999	1.40	0.04	0.05	0.15	0.22	-	0
Amphipoda, мг/м ³	1998	0.31	0.10	-	+	0.03	0.01	-
	1999	0.57	0.47	1.10	0.68	0.23	-	0
Euphausiacea, мг/м ³	1998	1.27	0.16	-	0.18	0.18	0.19	-
	1999	0.62	0	1.30	1.05	0.75	-	1.54
Cystothoe и личинки рыб, мг/м ³	1998	6.65	0	3.64	2.25	1.91	-	0
	1999	0.27	4.63	-	4.04	0.73	0	-
Численность copepod, экз./м ³	1998	6.62	2.15	2.96	1.83	0.38	-	0.39
Численность мертвых copepod, экз./м ³ (% общей численности)	1998	<1 %	0.23 (5.6 %)	<1 %	0.24 (8.9 %)	1.15 (230 %)	-	0.15 (35.3 %)

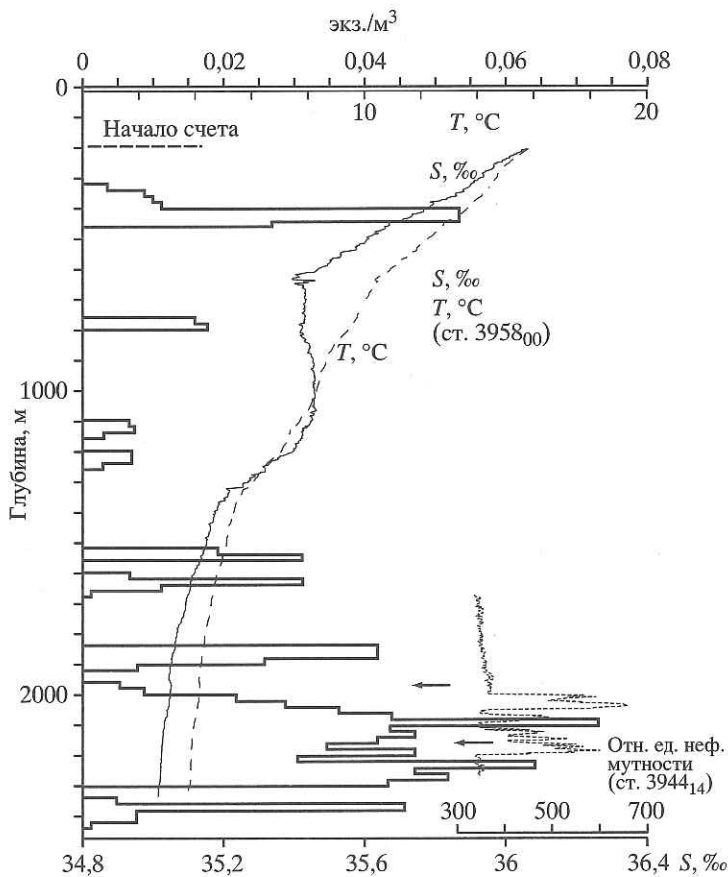


Рис. 8.16. Распределение домиков аппендикулярий над гидротермальным полем Рейнбоу по подсчетам из ГОА «Мир-2» 1.10.1999 г. Осреднение по 20 м
Стрелками показаны «провалы» в придонном пике численности аппендикулярий на глубинах максимального развития плюма (маркируются профилем мутности, по данным CTD-зонда)

наблюдалось на глубине 1800–1900 м, непосредственно над гидротермальным плюмом. Например, численность домиков аппендикулярий над полем Рейнбоу на глубине прохождения плюма в 1999 г. возрастала с 0.01–0.02 до 0.06–0.08 экз./м³ (1999 г., рис. 8.16).

При высоком разрешении наблюдений видно, что на глубинах простирающихся ядер гидротермального плюма в придонном пике численности аппендикулярий на Рейнбоу наблюдаются «провалы» (рис. 8.16, стрелки). По наблюдениям А.Л. Верещаки в 2005 г., когда гидротермальная активность на поле Рейнбоу усилилась и плюмы стали мощнее, этот эффект был выражен еще более резко. Падение численности желетелых и аппендикулярий на глубине ядра плюма было заметно и на поле Лаки-Страйк, но здесь практически отсутствовало «подплюмовое» увеличение численности этих животных, так что придонный пик численности желетелых как бы просто нависал над ядром плюма (рис. 8.15). Избегание ядер плюмов макропланктоном, в первую очередь желетелыми животными, отмечалось и на южных абиссальных



Рис. 8.17. Вертикальное распределение гидрологических измерений на Лаки-Страйк по подсчетам

полям, например, на таком избегании макропланктона (рис. 8.2, б) абиссальное странное явление. Избегание на падение численности уходят оттуда, избегание известно, ядра плюмов и других специфических аппендикулярии могут избежать быстро забывает дая практически нейтральной векцией (это предположение)

При этом на северных численности желетелых скими границами (рис. 8.15)

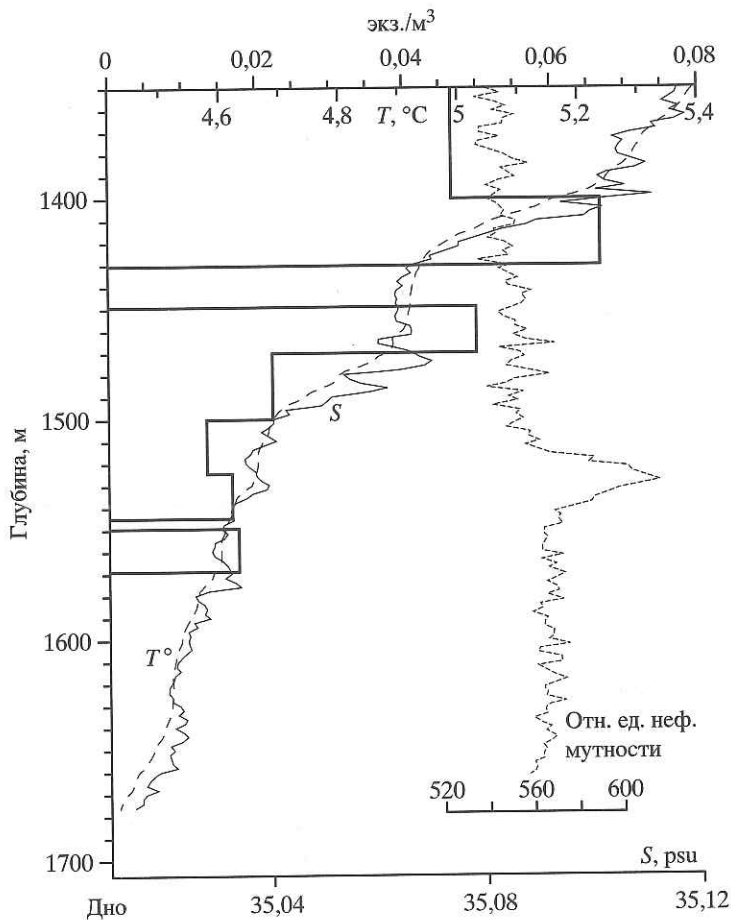


Рис. 8.17. Вертикальное распределение численности гребневиков в нижних слоях воды над Лаки-Страйк по подсчетам из ГОА «Мир» 11.07.2002
 Гидрологические измерения те же, что и для рис. 8.15

полях, например, на поле Брокен-Спур [Виноградов и др., 1997]. Признаки такого избегания можно заметить на рис. 8.3 и, в меньшей степени, на рис. 8.2, б (абиссальные поля ТАГ и Снейк-Пит), т.е. это достаточно распространенное явление. По гипотезе А.Л. Верещаки, первым обратившим внимание на падение численности макропланктона в ядрах плюмов, животные уходят оттуда, избегая неблагоприятных гидрохимических условий (как известно, ядра плюмов характеризуется высоким содержанием марганца, метана и других специфических соединений). Можно добавить, что те же аппендикулярии могут избегать воды с повышенной мутностью (где взвесь слишком быстро забивает фильтрационные решетки их домиков), а также, обладая практически нейтральной плавучестью, выносятся из ядер плюмов конвекцией (это предположение справедливо и для желетельных).

При этом на северных батимальных полях положение придонных пиков численности желетельных по-прежнему хорошо соотносится с гидрологическими границами (рис. 8.17).

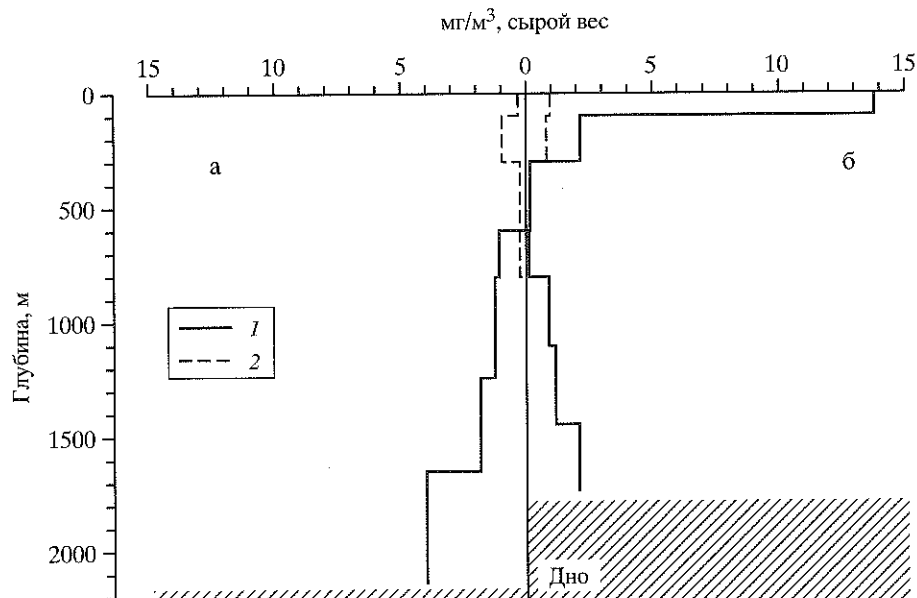


Рис. 8.18. Вертикальное распределение сырой биомассы эуфаузиид на полигонах «Рейнбоу» (а) и «Лаки-Страйк» (б) в июле 2002 г. по данным сетных ловов
1 – *Thysanoessa*; 2 – прочие

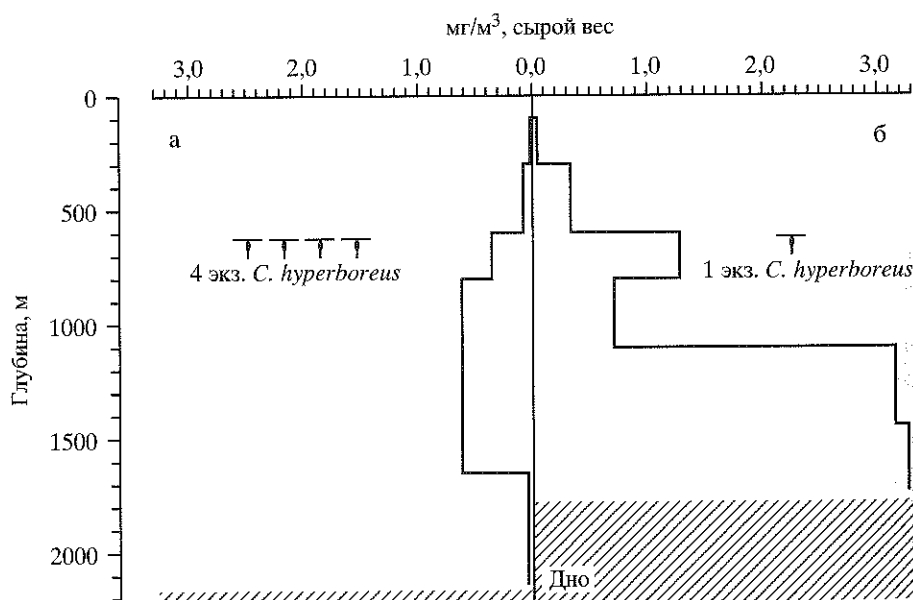


Рис. 8.19. Вертикальное распределение сырой биомассы *Calanus helgolandicus* на полигонах «Рейнбоу» (а) и «Лаки-Страйк» (б) в июле 2002 г. по данным сетных ловов
Отмечена также глубина нахождения отдельных экземпляров *Calanus hyperboreus*

Кроме желтелется повышение количества в том числе и по ловула сосредоточена в носимого с средиземного веса по сетным ловуно, никак не связыва(2000 м), где он тарачков остается всегья при этом ото днют в придонном следонных скоплениялеко не очевидна, тпления в самых раные скопления *Eupили Euphausia resurgaria* – это циркумАтлантике от 50 дообитает выше 600зи Бермудских ос1000–1800 м [Лома являются экстраорзуфаузииды оказапредставляют собо

Итак, как былеными северными снад южными абисетрим его на пример

8.7. ОСОБЕ СЕТНОГО И

В октябре 1998ток в слое 0–1000 мноклина, мало изм200–400 м уменьшбине залегания среслое 0–1000 м (та1999 г. был сход0–1500 м – 13–17 г/

В октябре 1999венного распределбиомассы, особенмассе были большзопланктонных жраспределения.

Кроме желетелых, в придонных слоях Лаки-Страйк и Рейнбоу наблюдается повышение количества эуфаузиид *Thysanoessa gregaria*, выявляемое в том числе и по ловам планктонными сетями (причем основная их масса была сосредоточена ниже слоя придонных термо- и галоклина, рис. 8.18) и приносимого с средиземноморскими водами *C. helgolandicus* (до 3.3 мг/м³ сырого веса по сетным ловам – рис. 8.19). Пик численности *C. helgolandicus*, очевидно, никак не связан с дном, ибо на более глубоководном поле Рейнбоу (2000 м), где он также присутствует (до 0.62 мг/м³ сырого веса), скопление рачков остается все на той же глубине слоя средиземноморских вод, отрываясь при этом ото дна (рис. 8.19). *Th. gregaria* на Рейнбоу по-прежнему обитают в придонном слое (до 3.9 мг/м³ сырого веса, рис. 8.18). Однако связь придонных скоплений эуфаузиид с наличием здесь гидротермальных полей далеко не очевидна, так как эти рачки склонны образовывать придонные скопления в самых разнообразных условиях. Например, наблюдались придонные скопления *Euphausia superba* на шельфе моря Уэдделла [Gutt, Siegel, 1994] или *Euphausia recurva* в Мозамбикском проливе [Рудяков и др., 1990]. *Th. gregaria* – это циркумокеанический биполярный вид, обитающий в Северной Атлантике от 50 до 10° с.ш. [Ломакина, 1978; Gibbons et al., 1999]. Обычно он обитает выше 600 м глубины, но в тепловодных районах, в том числе вблизи Бермудских островов, были известны находки *Th. gregaria* с глубин 1000–1800 м [Ломакина, 1978], так что новые глубоководные находения не являются экстраординарными. Следует отметить, что все добытые нами эуфаузииды оказались самками с большой жировой каплей, и, возможно, представляют собой зимующий фонд.

Итак, как было показано выше, распределение макропланктона над разными северными батинальными полями имеет общие черты (так же, как и над южными абиссальными). Что же касается мезопланктона, то мы рассмотрим его на примере полигона «Рейнбоу».

8.7. ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТНОГО МЕЗОПЛАНКТОНА НАД СЕВЕРНЫМИ ПОЛЯМИ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНА «РЕЙНБОУ»

В октябре 1998 г. количество сетного мезопланктона в светлое время суток в слое 0–1000 м, т.е. в верхнем перемешанном слое и слое основного пикноклина, мало изменялось с глубиной, составляя 8–12 мг/м³, и лишь в слое 200–400 м уменьшилось в полтора раза. В слое 1000–1500 м биомасса на глубине залегания средиземноморской воды была примерно вдвое ниже, чем в слое 0–1000 м (табл. 8.3). Общий запас сетного мезопланктона в 1998 и 1999 гг. был сходен: в слое 0–1000 м он составлял 10–12 г/м², а в слое 0–1500 м – 13–17 г/м².

В октябре 1999 г. полностью повторялись и общая картина количественного распределения сетного планктона, и послойное распределение его биомассы, особенно выраженной в мг С/м³ (рис. 8.20). Различия в сырой массе были больше (влияние попадающих в лов сравнительно крупных мезопланктонных желетелых животных), но не изменяли общей картины распределения.

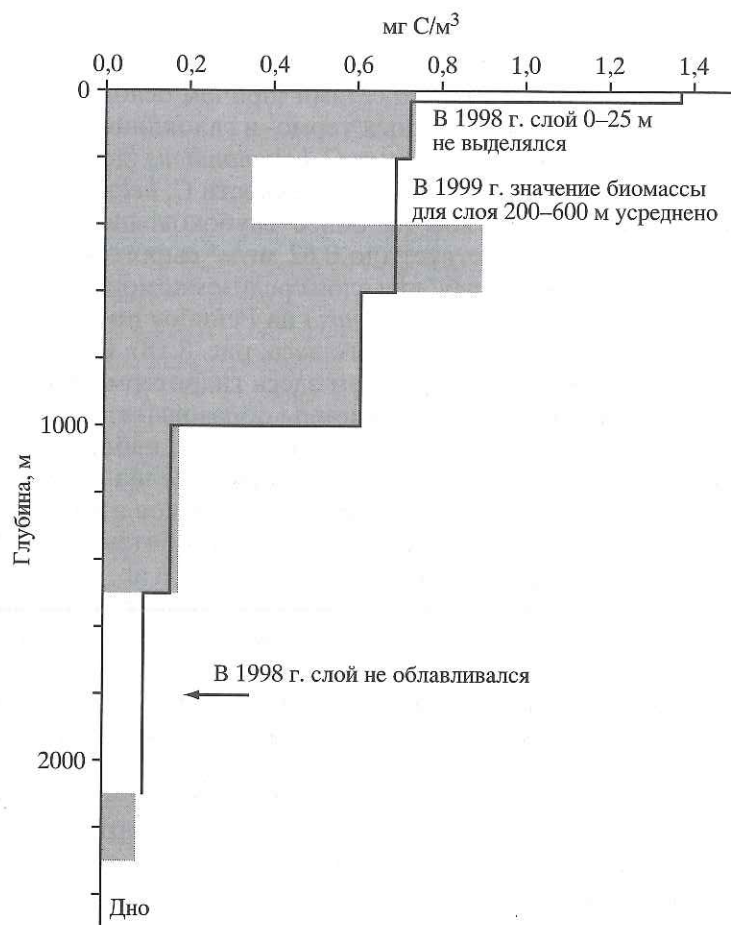


Рис. 8.20. Вертикальное распределение биомассы мезозoopланктона в районе Рейнбоу (в органическом углероде) в 1998 г. (заливка) и 1999 г. (линия) по ловам сети БР

В мезопланктоне в 1998 г. преобладали копеподы, составлявшие в слое 0–1500 м 29% общей биомассы. В 1999 г. их роль была скромнее – 12%. Им не уступали рыбы (главным образом циклотоны, мальки и личинки – 21–24%), затем шли хетогнаты (9–17%) и декаподы (без учета макропланктонных форм – 9%). Среди декапод на глубине более 200–300 м большую роль играли макропланктонные креветки *Acanthephyra*, общий запас которых достигал 8.7–11.7 г/м², т.е. лишь немного уступал биомассе всего мезопланктона.

Распределение биомассы копепоид в общем повторяло распределение биомассы мезопланктона и было довольно равномерным в верхних 1000 м, несколько снижаясь с глубиной. Только в слое 200–400 м (200–600 м), где господствовали хищники, прежде всего хетогнаты, включая крупных *Sagitta maxima*, биомасса копепоид резко уменьшалась. Скопление хетогнат подстилало слой высокой численности мелких копепоид. Вплоть до 1000 м они продолжали занимать одно из первых мест в мезопланктоне (табл. 8.3).

В поверхностном слое рыб-планктофагов в 400 м заметную роль сыграли со средней биомассой 1,0 мг С/м³. Они входили по биомассе в состав мезопланктона. Биомасса мезопланктона является довольно неопределяемой. В поверхностном слое мезопланктона преобладают хетогнат и ракообразные. В придонном слое мезопланктона биомасса сравнительно низкая. В гидротермальном поле в 1000 м в пробе не было обнаружено гидротермальных организмов. В глубине составляла мезопланктонные организмы *Thalima* и океанические организмы *Lucicutiidae*, *Euaugartia*. В 1998 г. обнаружено 2 самца и 16 копепоидов. В придонном слое мезопланктона в 2000 м встречается южные организмы [Сидорова, 1977]. Наше исследование проводилось в широтах к югу вдали от гидротермальных вод. Впрочем, в 1998 г. в Лост-Сити, о чем сообщают другие авторы.

Еще два гидротермальных поля обнаружены на глубинах мезопланктона, в связи с чем предположительно они являются гидротермальными.

8.8. ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ

Гидротермальное поле в районе Рейнбоу и Лаки-Страй (840–875 м) слой гидротермальной воды с ее нижней частью здесь не обнаружено. На распределении планктона (см. рис. 8.25) показывающего гидротермальное происхождение гидротермальных параметров. По данным ловов в столбе воды составляет 11.1 и 11.8 г/м² соответственно. Биомасса гидротермальной воды доточена в верхнем 50-метровом слое. Биомасса гидротермальной воды составляет 536 мг С/м².

В поверхностном слое (0–200 м) была велика биомасса личинок и мальков рыб-планктофагов. На большой глубине она резко снижалась. Глубже 400 м заметную роль играли *Cyclothone* и в меньшей степени – миктофиды со средней биомассой не менее 2–4 мг/м³. В слое 600–1500 м они вообще выходили по биомассе на первое место среди других групп планктона, что является довольно неординарной ситуацией, так как обычно биомасса глубоководных планктонных рыб (в сетных уловах) заметно уступает биомассе хетогнат и ракообразных.

В придонном слое 2100–2300 м (5 м от дна) биомасса планктона была сравнительно низкой (табл. 8.3, рис. 8.20), и хотя лов был проведен в районе гидротермального поля, никаких специфических гидротермальных животных в пробе не было обнаружено. Основную массу планктона на этой глубине составляла молодь пелагических креветок *Acanthephyra microphthalma* и океанических глубоководных копепод (семейства Aetideidae, Lucicutiidae, Euaugartilidae и др.), одновременно с ними в пробе было обнаружено 2 самца и 16 копеподитов V стадии *C. helgolandicus* – обычного южнобореального интрезонального вида Северной Атлантики. Вместе с холодным Канарским течением он доходит вдоль Африканского побережья в верхнем 200-метровом слое до 20° с.ш., но в центральных районах океана не встречается южнее 40–35° с.ш. [Яшнов, 1961; Fleminger, Hulsemann, 1977]. Наше нахождение указывает на перенос этого вида из более высоких широт к югу вдоль САХ не только промежуточными, но и придонными водами. Впрочем, *C. helgolandicus* проникает на юг еще дальше, до района Лост-Сити, о чем будет сказано ниже.

Еще два гидротермальных поля САХ – Менез-Гвен и Лост-Сити – расположены на глубинах менее 1 км и демонстрируют ряд своеобразных особенностей, в связи с чем представляется целесообразным рассмотреть их отдельно.

8.8. ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА НАД ПОЛЕМ МЕНЕЗ-ГВЕН

Гидротермальное поле Менез-Гвен лежит под северной периферией антициклонального круговорота и в этом плане практически не отличается от Рейнбоу и Лаки-Страйк. Однако из-за меньшей глубины залегания поля (840–875 м) слой главного термоклина, начинающийся на глубине ~75 м, своей нижней частью здесь касается дна (рис. 8.21), что не может не сказаться на распределении планктонных животных. Анализ кривой солености (см. рис. 8.25) показывает, что глубже 720 м полигон занимает слой вод средиземноморского происхождения, отличающийся от вышележащей воды по гидрологическим параметрам (Д.Л. Алейник, ИО РАН, пер. сообщение).

По данным ловов сетью БР, суммарная биомасса мезозoopланктона в столбе воды составляет здесь 31.3 г/м² в сыром весе (8.4 г/м² без учета Thaliacea, т.е., салпы и долиолиды, а так же других желетелых, которые дают 11.1 и 11.8 г/м² соответственно), причем основная часть этой биомассы сосредоточена в верхнем 50-метровом слое воды (табл. 8.4). Если выразить биомассу через мг C_{орг}, то доля не желетелого зоопланктона повышается: на него приходится 536 мг C/м², а на желетелых (включая Thaliacea) – 235 мг C/м².

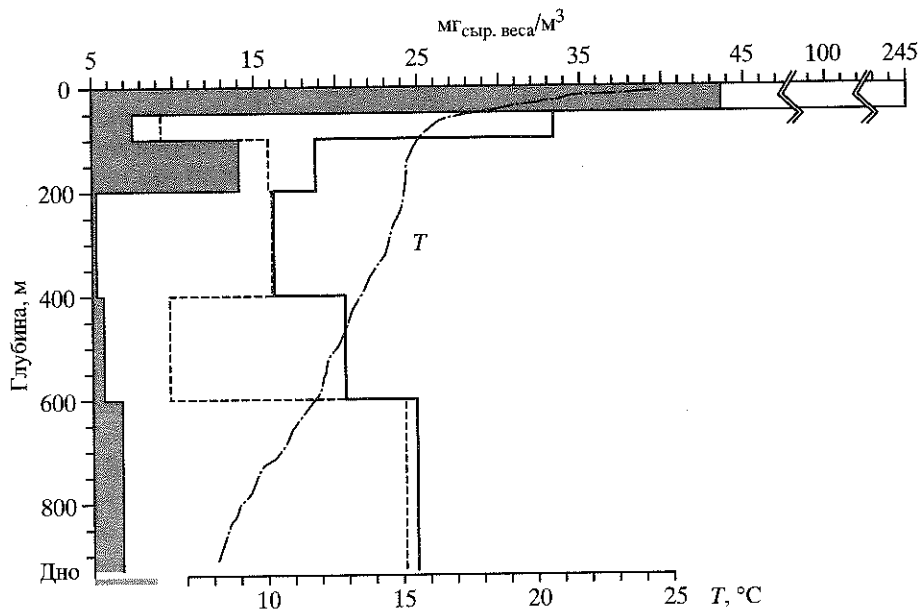


Рис. 8.21. Вертикальное распределение общей биомассы мезопланктона на полигоне «Менез-Гвен» по ловам сетью БР 30.07.2003 (в сыром весе)
 Сплошная линия – весь мезопланктон, пунктир – без учета *Thalassia* (долиолид и сальп); заштрихована доля не желетелого планктона. Температурная кривая дана по данным зондирования комплексом «Розетт» (ст. 4576), соленость см. на рис. 8.24–8.26

В целом вертикальное распределение биомассы мезопланктона на полигоне (рис. 8.21) типично для мезотрофных тепловодных районов океана. При этом следует иметь в виду, что глубина океана в районе Менез-Гвен (~940 м) недостаточно велика для того, чтобы мог полностью проявиться и обособиться мезопелагический пик биомассы планктона, который обычно располагается на глубинах 1000–1500 м.

Пики численности большинства групп планктонных животных приходятся на верхний перемешанный слой либо на верхнюю часть главного термоклина. Однако имеется ряд животных, основное количество которых приходится на придонный слой, занятый средиземноморскими водами. К их числу относятся остракоды и копеподы рода *Calanus* (*C. finmarchicus* с незначительной примесью *C. helgolandicus*) (рис. 8.22). Кроме того, некоторые группы, в первую очередь эуфаузииды, медузы и сифонофоры, помимо основного пика биомассы в верхнем 50-метровом слое, имеют второй (хотя и меньший) придонный пик численности. Эта особенность их распределения подтверждается в том числе и наблюдениями из ГОА «Мир» (см. рис. 8.27).

Возникает вопрос – определяет ли особенности вертикального распределения этих групп придонная прослойка средиземноморских вод, или же основную роль играет близость дна? Для калянусов первое предположение представляется более вероятным – тем более, что связь *C. helgolandicus* с прослойкой средиземноморских вод была показана ранее (в 2002 г.) для близких районов Лаки-Страйк (37°17' с.ш., 32°16' з.д.) и Рейнбоу (36°14' с.ш.,

Таблица 8.4. Вертикальное распределение биомассы мезопланктона без желетелых животных в полигональных полях Северной Атлантики

Слой облова, м	Менез-Гвен 37°51.01' с.ш.; Глубина 30.07.2003
0–50	
50–100	
100–200	
200–400	
400–600	
600–900 ^а	
900–1400 ^б	
1400–2000 ^в	
Σ, г сыр/м ² (г С/м ²)	8.4

^а Над Менез-Гвеном (37°51.01' с.ш.; 31°31.68' з.д.)
^б Для Лост-Сити лов гидротермального поля, 30°06.97' с.ш.; 42°06.81' з.д.
^в Нижние 1.5 км столба воды
^г Из них 144 мг сыр/м² и 57 мг сыр/м³.
^д Из них 14.6 мг сыр/м²

33°54' з.д.). Отметим, что биомасса мезопланктона невелика, и их биомасса незначительна. Очевидно, особенности их распределения обусловлены в первую очередь близостью дна. Более подробно этот вопрос рассмотрен в работе [10].

Описанное распределение биомассы мезопланктона отвечает темному типу распределения биомассы в полигональных полях. Для неперемешанных полигональных полей характерно наблюдение биомассы мезопланктона преимущественно в верхнем 50-метровом слое. В течение дня количество планктона в этом слое плавно уменьшается, и к вечеру оно практически полностью исчезает. В полигональных полях биомасса мезопланктона находилась глубже 700 м. В ГОА отмечались прослойки биомассы мезопланктона в придонном слое. Другой пример: по данным [10] в полигональных полях под находилось в придонном слое. В течение дня они концентрировались в придонном слое.

Таблица 8.4. Вертикальное распределение биомассы (в $\text{мг}_{\text{сыр}}/\text{м}^3$, сырой вес) мезопланктона без желетелых животных (B) и мезопланктона в целом (B_{tot}) в районах трех гидротермальных полей Северной Атлантики в ночные часы. Указаны координаты гидротермальных полей

Слой облова, м	Менез-Гвен. 37°50.5' с.ш., 31°31.3' з.д. Глубина поля 840–875 м 30.07.2003 г., ст. 4580		Лост-Сити. 30°07.2' с.ш., 42°07.2' з.д. Глубина поля 800 м 8.08.2003 г., ст. 4601		Снейк-Пит. 23°22.1' с.ш., 44°57.1' з.д. Глубина поля 3420–3480 ^в м 12–13.08.2003 г., ст. 4613	
	B	B_{tot}	B	B_{tot}	B	B_{tot}
0–50	43.6	245 ^г	20.2	23.0	11.8	42.4
50–100	7.5	33.3	9.1	26.1	11.5	14.3
100–200	14.0	18.7	8.2	17.8	8.6	11.1
200–400	5.2	16.1	2.1	2.7	1.7	2.6
400–600	5.7	20.5	3.8	4.1	1.6	2.2
600–900 ^а	6.8	24.9	3.5	6.1	1.0	15.8 ^д
900–1400 ^б	Дно	Дно	0.7	0.8	0.19	0.23
1400–2000 ^в			Дно	Дно	0.14	0.15
$\Sigma, \text{г}_{\text{сыр}}/\text{м}^2$ (г С/м ²)	8.4 (0.54)	31.3 (0.77)	4.8 (0.33)	7.8 (0.34)	3.2 (0.20)	9.9 (0.29)

^а Над Менез-Гвенем обловлен слой 600–930 м, лов от 10 м от дна по пингеру взят в точке 37°51.01' с.ш.; 31°31.68' з.д., вниз по склону от поля.
^б Для Лост-Сити лов менее чем от 5 м от дна по пингеру взят на расстоянии ~ 5 кабельтовых от гидротермального поля, вниз по склону массива Атлантик (точка сближения сети со дном 30°06.97' с.ш.; 42°06.81' з.д.).
^в Нижние 1.5 км столба воды над Снейк-Питом не облавливались.
^г Из них 144 $\text{мг}_{\text{сыр}}/\text{м}^3$ приходится на долиолид; биомасса прочего желетелого планктона 57 $\text{мг}_{\text{сыр}}/\text{м}^3$.
^д Из них 14.6 $\text{мг}_{\text{сыр}}/\text{м}^3$ приходится на 10 экз. 2-сантиметровых салп.

33°54' з.д.). Отметим, что количество калянусов в планктоне было весьма невелико, и их биомасса даже уступала биомассе остракод (рис. 8.22).

Очевидно, особенности придонного распределения желетелых (рис. 8.23) обусловлены в первую очередь влиянием средиземноморских вод. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен ниже, с привлечением данных наблюдений из ГОА.

Описанное распределение планктона на полигоне (табл. 8.4, рис. 8.21) соответствует темному времени суток. Днем эта картина должна в некоторой степени измениться, а основной максимум биомассы – опуститься на большие глубины. Для некоторых групп дневное смещение их максимума демонстрируют наблюдения из ГОА. Например, ночью хетогнаты ловились сетью преимущественно в верхней части главного термоклина ($4 \text{ мг}/\text{м}^3$), а потом их количество плавно убывало с глубиной (до $0.9 \text{ мг}/\text{м}^3$ в слое 600–930 м). По дневным наблюдениям из ГОА «Мир», основное их количество концентрировалось глубже 700 м (см. рис. 8.26). Следует, однако, иметь в виду, что из ГОА отмечались преимущественно крупные хетогнаты, а основная часть их сетной биомассы создана мелкими (~1 см) животными. Можно привести и другой пример: по данным сетных ловов ночью основное количество птеропод находилось в приповерхностном слое воды, а по наблюдениям из ГОА днем они концентрировались в слое 300–400 м.

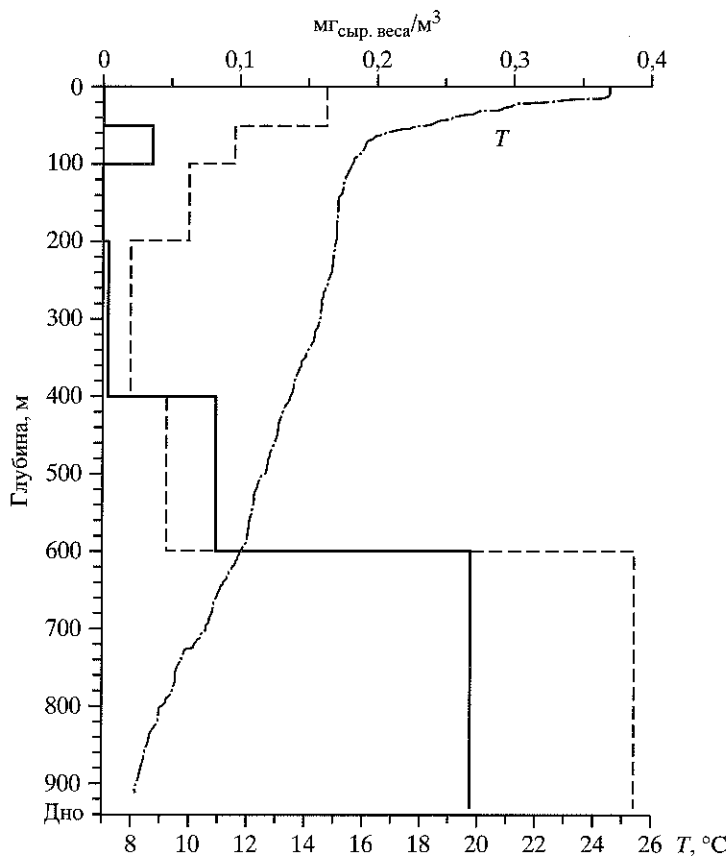


Рис. 8.22. Вертикальное распределение биомассы копепод *Calanus* (сплошная линия) и остракод (пунктир) на полигоне «Менез-Гвен» по ловам сетью БР в 2003 г. (в сыром весе) Температурная кривая дана по данным зондирования комплексом «Розетт» (ст. 4576)

Количество макропланктона в сетных ловах не превышало 11 г/м². При этом основу макропланктона составили крупные креветки *Acanthephyra purpurigea*, 3 экз. которых были пойманы на горизонте 930–600 м в прослойке средиземноморских вод. Слой 900–500 м – типичная глубина обитания этого вида в восточной и центральной частях Северо-Атлантического круговорота [Foxton, 1970, 1972; Domanski, 1986]. Пик численности пелагических креветок по наблюдениям из ГОА приходится на эти же глубины (см. ниже). Тем же ловом была добыта макропланктонная мизида *Gnathophausia ingens*. Придонный лов сетью БР принес крупную черную личинку цериантарии *Cerianthula*; нектобентосные животные в пробе отсутствовали.

ПРЯМЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СТОЛБЕ ВОДЫ ИЗ ГОА «МИР»

В отличие от остальных северных батимальных гидротермальных полей САХ, на Менез-Гвен не было выраженного придонного пика численности аппендикулярий (рис. 8.24). Придонное увеличение численности медуз и си-

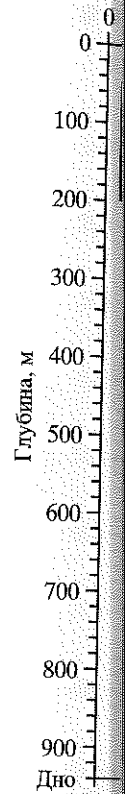


Рис. 8.23. Вертикальное распределение биомассы копепод (сплошная линия) и остракод (пунктир) на полигоне «Менез-Гвен» по ловам сетью БР 30.07.2003 г. (в сыром весе) Температурная кривая дана по данным зондирования комплексом «Розетт» (ст. 4576)

фонофор (рис. 8.25) не отмечалось, что не так, как на обследованном полигоне на рис. 8.24–8.26. Воды с высоким содержанием солености. Это верный признак прихода планктона. На этой границе, а граница выраженный пик численности – пик численности выше этой границы.

Единственной группой в придонном слое (рис. 8.28), причем на этой границе не отмечалось такой

Для оценки степени выраженности на вертикальное рас-

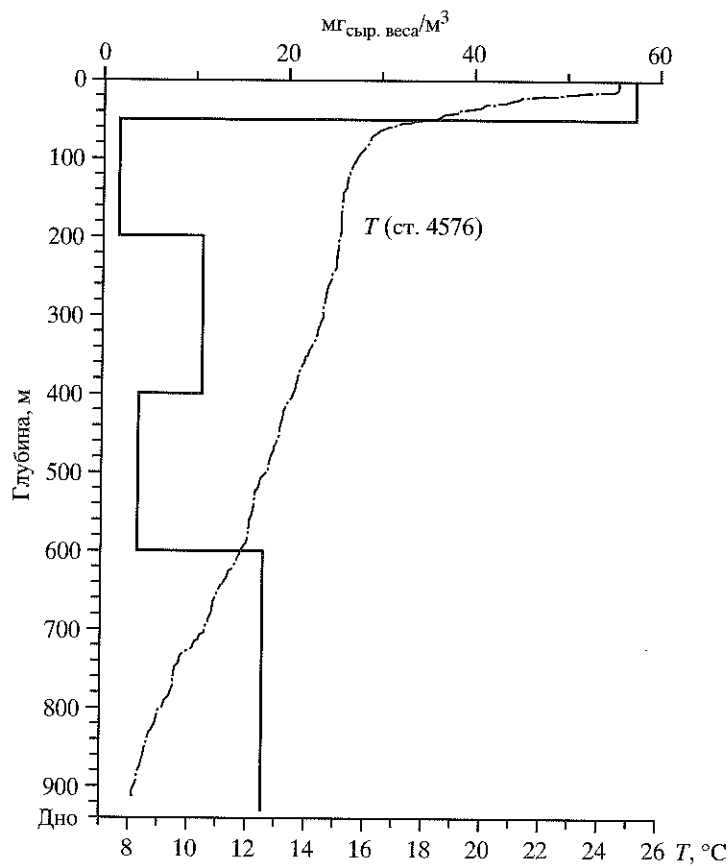


Рис. 8.23. Вертикальное распределение биомассы желетелых на полигоне «Менез-Гвен» по ловам сетью БР 30.07.2003

фонофор (рис. 8.25) выражено нерезко и более «размазано» по вертикали, чем на обследованных ранее северных батинальных полях. Вообще, как видно на рис. 8.24–8.26, гораздо большее влияние, чем близость дна, на макропланктонных животных здесь оказывает верхняя граница средиземноморских вод на глубине 720 м, хорошо заметная по изменению наклона кривой солености. Это верно как для представителей желетелого, так и нежелетелого планктона. Например, медузы и сифонофоры более обильны ниже этой границы, а гребневники – выше нее; на саму границу приходится слабо выраженный пик численности аппендикулярий, а из не желетелого планктона – пик численности хетогнат; циклотоны встречаются преимущественно выше этой границы.

Единственной группой, дающей заметное увеличение численности именно в придонном слое, оказываются «обычные» пелагические креветки (см. рис. 8.28), причем на других гидротермальных полях Атлантики нами никогда не отмечалось такой особенности вертикального распределения этой группы.

Для оценки степени влияния дна и/или границы средиземноморских вод на вертикальное распределение макропланктона в районе Менез-Гвен целе-

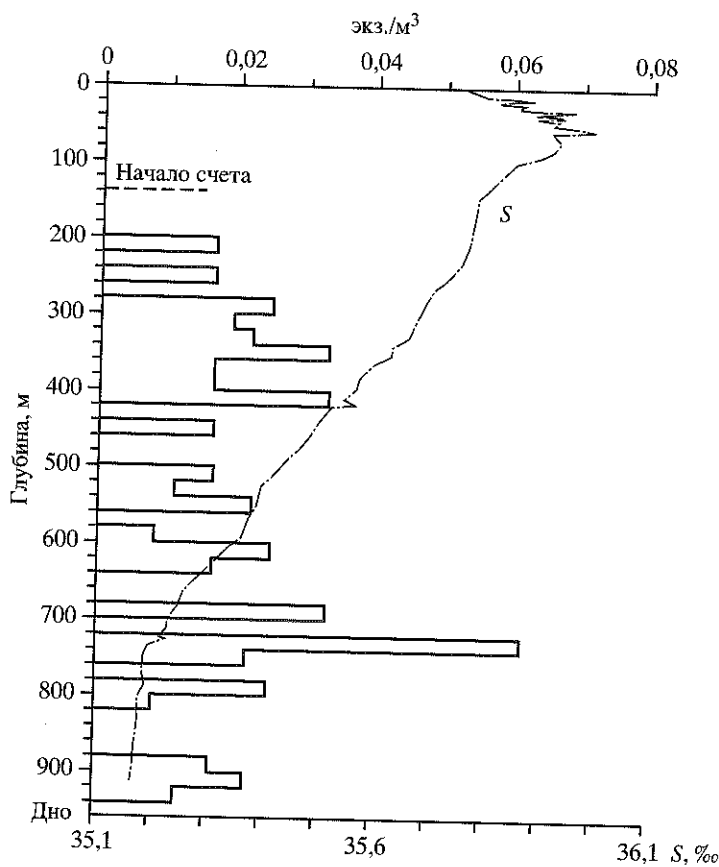


Рис. 8.24. Вертикальное распределение аппендикулярий на полигоне «Менез-Гвен» по данным визуальных наблюдений из ГОА «Мир» 30.07.2003
Схематизированная кривая солёности дана по данным зондирования комплексом «Розетт» (ст. 4576), температуру см. на рис. 8.22

сообразно провести сравнение полученных кривых с имеющимися данными по распределению планктона над обследованным в 2002 г. гидротермальным полем Лаки-Страйк, столб воды над которым в верхней тысяче метров имеет сходную с Менез-Гвен гидрологическую структуру. Лаки-Страйк находится примерно в 50 милях к юго-западу от Менез-Гвен в водах с аналогичной продуктивностью. Сравнение (см. рис. 8.27 и 8.28) показывает, что распределение макропланктона над Менез-Гвен в первую очередь определяется не влиянием дна или гидротермального поля, а глубиной и гидрологической структурой столба воды. «Придонный» пик численности желтелых над Менез-Гвен оказывается аналогом мезопелагического пика их численности в столбе воды над Лаки-Страйк (рис. 8.27). Более того, над Лаки-Страйк имеется и пик численности пелагических креветок, совпадающий по глубине с придонным пиком их численности над Менез-Гвен (рис. 8.28). Так что, скорее всего, в районе Менез-Гвен мы имеем дело с «оседанием» на дно пика численности животных, и без того приходящегося на эти глубины – такие

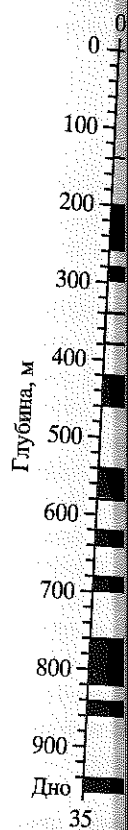


Рис. 8.25. Вертикальное распределение суммарно, белые на полигоне «Мир» 30.07.2003

случаи известны [Гей...] показывает лишь качество макропланктон над Лаки-Страйк объясняется как между течениями подтока в регионе распределения эволюционного круговорота.

Необходимо отметить, что в слое средиземноморского типа воды, в котором преобладают мезопелагические и пелагические и стечений. В этом слое затрудняется. Например, трудно расценивать как придонный пик численности желтелого планктона. Скорее всего, не уверенно связать с

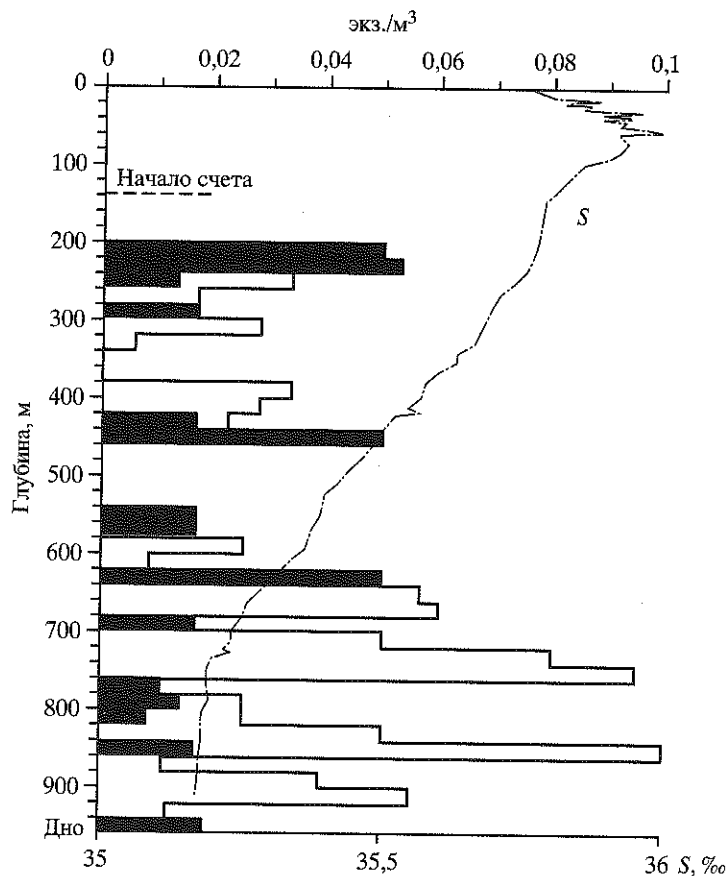


Рис. 8.25. Вертикальное распределение гребневиков (залиты черным) и сифонофор и медуз (суммарно, белые) на полигоне «Менез-Гвен» по данным визуальных наблюдений из ГОА «Мир» 30.07.2003

случай известны [Гейнрих и др., 1993]. Заметим, что сравнение полигонов показывает лишь качественное совпадение хода кривых, количественно же макропланктон над Лаки-Страйк был в среднем вдвое обильнее, что может объясняться как межгодовыми различиями (например, связанными с особенностями подтока в регион северных вод), так и крупномасштабной пятнистостью распределения зоопланктона в пограничных водах антициклонического круговорота.

Необходимо отметить, что в районе Менез-Гвен положение верхней границы слоя средиземноморских вод примерно совпадает по глубине с границами слоя воды, в котором может прослеживаться влияния дна и гидротермальных истечений. В связи с этим трактовка полученных результатов затрудняется. Например, увеличение численности медуз и сифонофор можно расценивать как придонное (рис. 8.25), и только сравнение с распределением желетелого планктона над Лаки-Страйк (рис. 8.27) позволяет более или менее уверенно связать его именно с средиземноморскими водами. Полигон

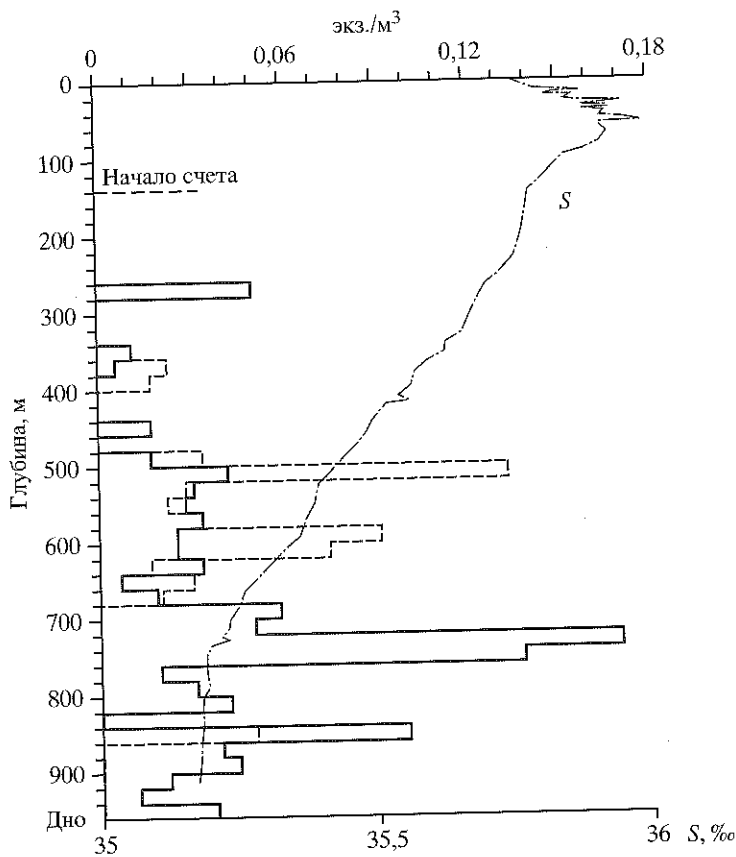
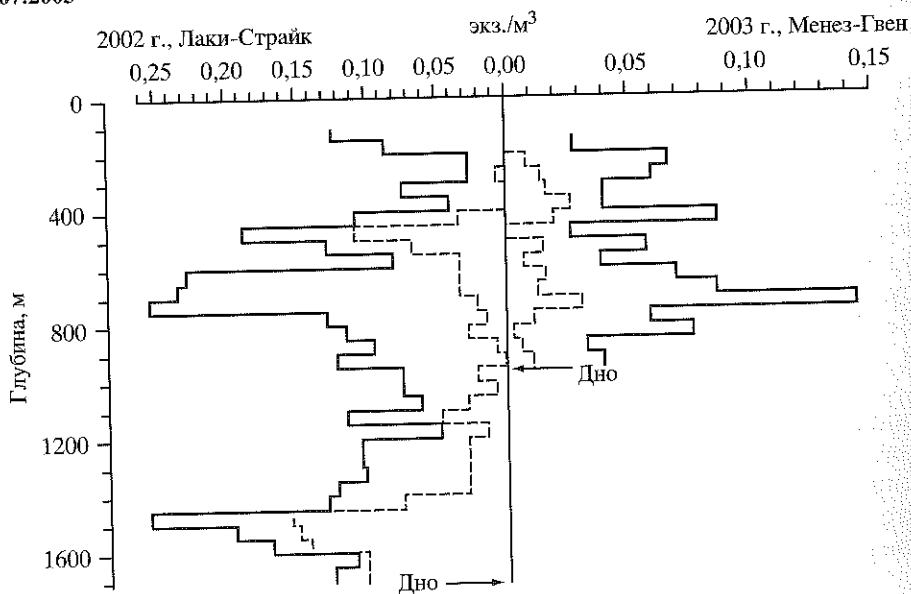


Рис. 8.26. Вертикальное распределение шестикочелюстных (сплошная линия) и циклопид (пунктир) на полигоне «Менез-Гвен» по данным визуальных наблюдений из ГОА «Мир» 30.07.2003



«Менез-Гвен» оказы
дачи исследований
лей на океаническ

Вблизи самого
термального поля
рельщиков¹⁴ и в с
В первые метры
флюидов, предст
ют регулярно. В
тонные рыбы, пре
ды – рыбы-топор
пелагические кр
невики) в придон
ственный раз. На
фора в несколько

Были обильны
труднительно, так
круг прожекторов
грунт. На свет про
ские амфиподы-ги
ко раз приплывали
ные из туники са
встречены.

8.9. ВЕРТ

Гидротермаль
ческого строения
на небольшой глу
(30°07.5'с.ш., 42°0
го в 79 морских

¹⁴ Донные метки «Юго
¹⁵ При этом внутрь бо
клешнями, а как бы
ми переподами?), к

Рис. 8.27. Вертикальн
(2002 г.) и «Менез-Гв
ление по 50 м)
Пунктиром выделена
масштаб

«Менез-Гвен» оказывается достаточно неудобным для решения основной задачи исследований – выявления возможного влияния гидротермальных полей на океанический планктон.

НАБЛЮДЕНИЯ В ПРИДОННОМ СЛОЕ

Вблизи самого дна планктон наблюдался из ГОА в южной части гидротермального поля Менез-Гвен, над активным участком с группой белых курильщиков¹⁴ и в его ближайших окрестностях на глубине около 875 м. В первые метры воды от дна, в том числе в районе активного излияния флюидов, представители фонового макропланктона столба воды проникают регулярно. Вблизи дна неоднократно отмечались хетогнаты и планктонные рыбы, преимущественно циклотоны, реже – миктофиды и дважды – рыбы-топорики (*Sternoptychidae*), а также мелкие (~1.5 см) красные пелагические креветки. Желетельный планктон (мелкие сифонофоры, гребневики) в придонном слое малочисленен, аппендикулярия встречена единственный раз. На расстоянии более 5 м от дна встречена крупная сифонофора в несколько метров длиной.

Были обильны зуфаузииды, однако точное их количество определить затруднительно, так как рачки активно собирались на свет ГОА и роились вокруг прожекторов. Один раз удалось заметить, как зуфаузида садится на грунт. На свет прожекторов в заметном количестве собирались пелагические амфиподы-гиперииды сем. *Platyscelidea* (*Platyscelus ovoides?*) и несколько раз приплывали крупные *Phronima*, несущие на себе бочонки, изготовленные из туники сальп¹⁵. Плавающие гидротермальные креветки не были встречены.

8.9. ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА НАД ПОЛЕМ ЛОСТ-СИТИ

Гидротермальное поле Лост-Сити имеет уникальные черты геологического строения [Kelley et al., 2001a,b; Леин и др., 2002] и расположено на небольшой глубине, 800 м, на вершине подводного массива Атлантик (30°07.5' с.ш., 42°07.2' з.д.) в центре североатлантической халистазы, всего в 79 морских милях от абиссального поля Брокен-Спур. Обильной

¹⁴ Донные метки «Flores-12» и «1997».

¹⁵ При этом внутрь бочонков была вставлены только головы рачков, и они не держали их клешнями, а как бы подпирали 2 члениками переопод V (возможно, держали предыдущими переоподами?), клешни же переопод V свободно торчали в воде.

←
Рис. 8.27. Вертикальное распределение желетелого планктона на полигонах «Лаки-Страйк» (2002 г.) и «Менез-Гвен» (2003 г.) по данным визуальных наблюдений из ГОА «Мир» (осреднение по 50 м)

Пунктиром выделена доля домиков аппендикулярий. Кривые имеют разный горизонтальный масштаб

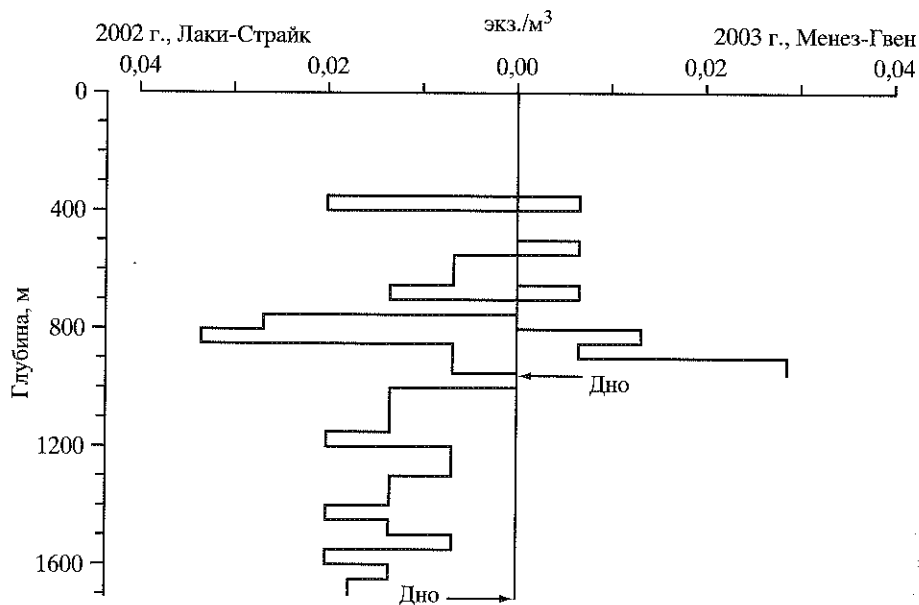


Рис. 8.28. Вертикальное распределение пелагических креветок на полигонах «Лаки-Страйк» (2002 г.) и «Менез-Гвен» (2003 г.) по данным визуальных наблюдений из ГОА «Мир» (осреднение по 50 м)

донной фауны здесь нет, хотя встречаются отдельные бентосные животные, специфичные для гидротерм, а также представители фоновой фауны [Gebbruk et al., 2002; Kelley et al., 2005]. В прошлом на Лост-Сити существовало минимум одно крупное поселение облигатно гидротермальных митилид *Bathymodiolus*, от которого в наши дни остались только субфоссильные створки раковин (наблюдения С.В. Галкина в 2005 г., см. главу 6 наст. книги). Вероятно, моллюсков погубило изменение активности истечения флюидов. Все это резко отличает Лост-Сити от других глубоководных гидротермальных полей Срединно-Атлантического хребта.

Ловы сетью БР, проведенные над Лост-Сити в 2003 г., показали, что суммарная сырая биомасса мезозoopланктона в столбе воды составила здесь 7.8 г/м^2 в сыром весе (4.8 г/м^2 без учета желетелых), причем на верхние 200 м (т.е. на верхний 50-метровый слой и слой главного термо- и пикноклинов) приходится 7.5 г/м^2 мезопланктона (4.5 г/м^2 без желетелых). Если выразить биомассу во всем столбе воды через $\text{мг С}_{\text{орг}}$, то доля нежелетелого зоопланктона резко повышается: на него приходится 327 мг С/м^2 , а на желетелых – всего 6 мг С/м^2 . Вертикальное распределение биомассы мезопланктона представлено на рис. 8.29 и в табл. 8.4. Отметим, что на глубине 400–600 м заметный (до 1.6 мг/м^3) вклад в биомассу планктона дают многочисленные (1.7 экз/м^2) 1.2-миллиметровые икринки рыб.

Биомасса зоопланктона в верхнем 50-метровом слое, выраженная в сыром весе, составляет 23 мг/м^3 (из них 20 мг/м^3 – нежелетелый зоопланктон).

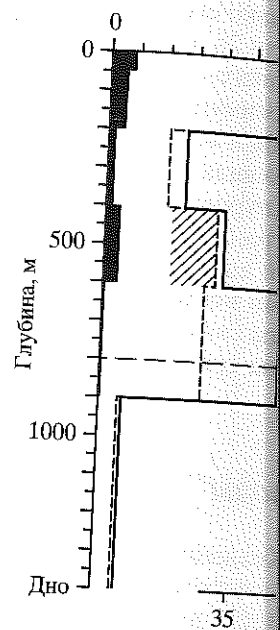


Рис. 8.29. Вертикальное распределение биомассы по ловам сетью БР. Сплошная линия – весь мезопланктон, штриховкой – биомасса копепоидов. Зондирование комплексом «Мир» в Атлантике показано в

В отличие от рассматриваемых ранее гидротермальных полей, на Лост-Сити у поверхности воды отсутствуют массовые вспышки кальмаров (Менез-Гвен), а также циклоповидных круговоротов [Виноградова et al., 2003].

В целом во всем столбе воды над Лост-Сити была примечательна высокая биомасса мезопланктона. В целом же должно наблюдаться вертикальное профинирование, которое наблюдается в других гидротермальных полях. Например, хетогнат или хетогнатиды имеют характерное распределение копепоидов, с пиком их численности в верхнем 50-метровом слое. В Мenez-Гвен, где копепоиды *Pleuromamma* (*P. gracilis*) и *Pleuromamma* оказались в очень высокой численности (0.7 мг/м^3) было отмечено.

Отдельный интерес представляет вертикальное распределение копепоидов *S. hirsuta* в Лост-Сити. В этом пространстве этого вида

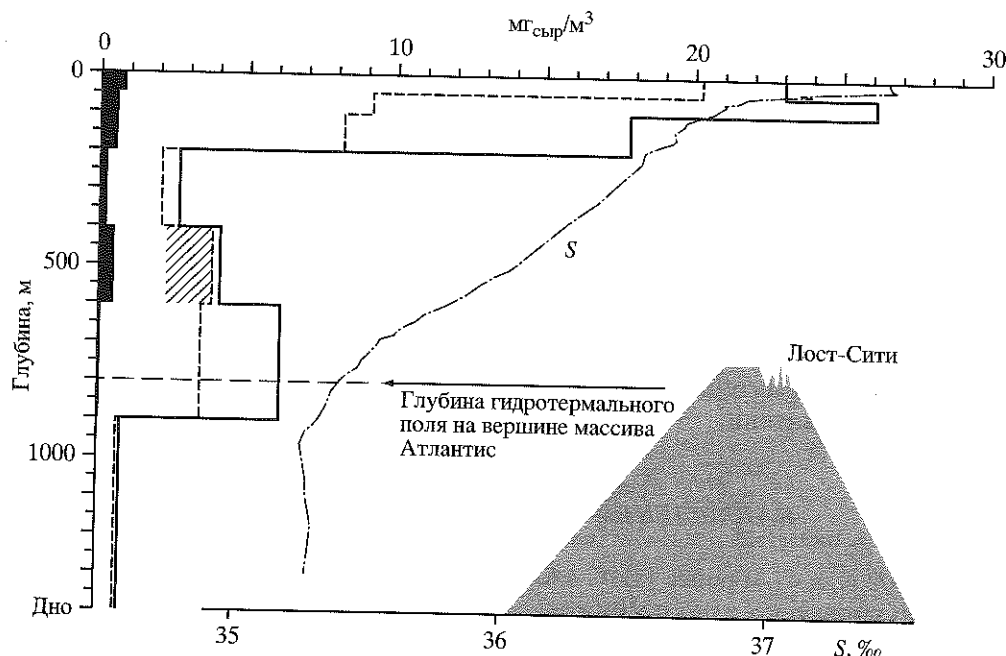


Рис. 8.29. Вертикальное распределение общей биомассы мезопланктона на полигоне «Лост-Сити» по ловам сетью БР 8.08.2003 (в сыром весе)

Сплошная линия – весь мезопланктон, пунктир – без учета желетелых; черным залита доля эуфаунид, штриховкой – рыба икра. Схематизированная кривая солёности дана по данным зондирования комплексом «Розетт» (ст. 4598). Столбы Лост-Сити на силуэте вершины массива Атлантис показаны в реальном вертикальном масштабе

В отличие от рассмотренного выше полигона «Менез-Гвен», на Лост-Сити *Thalassia* у поверхности практически отсутствуют, что вполне закономерно, ибо массовые всплески численности долиолид характерны именно для внешних (Менез-Гвен), а не для внутренних (Лост-Сити) участков океанических круговоротов [Виноградова, 1988].

В целом во всем столбе воды биомасса нежелетелого зоопланктона над Лост-Сити была примерно вдвое меньшей, чем над Менез-Гвен, что и должно наблюдаться в более олиготрофных водах. При этом сама структура вертикального профиля биомассы более или менее сохраняется. Заметное сходство наблюдается и в распределении отдельных групп животных, например, хетогнат или копепод. Единственным существенным отличием в распределении копепод оказалось то, что над Лост-Сити отсутствовал резкий пик их численности вблизи поверхности океана. Такой пик имелся в районе Менез-Гвен, где он был целиком сформирован рачками рода *Pleuromamma* (*P. gracilis* с примесью *P. borealis*) (17.4 мг/м^3). Над Лост-Сити *Pleuromamma* оказались очень немногочисленными, их максимальное количество (0.7 мг/м^3) было отмечено в слое 50–100 м.

Отдельный интерес представляют данные по обнаружению в районе Лост-Сити копепод *C. helgolandicus* (ранее крайним южным пределом распространения этого вида в центральных районах Атлантики считались

40–35° с.ш. [Яшнов, 1961; Fleminger, Hulsemann, 1977]. Однако его количество было крайне невелико (по данным 2002 г. – 16.7 мг/м², или 26 экз/м² во всем столбе воды, 0.047 мг/м³, или 0.07 экз/м³ – в слое наибольшего обилия на глубине 400–600 м, где *C. helgolandicus* был представлен преимущественно половозрелыми самцами). В 2005 г. *C. helgolandicus* вновь был встречен в районе Лост-Сити, более того, несколько экземпляров этого вида было обнаружено в сетных ловах глубже 500 м, взятых над Брокен-Спуром. Похоже, что район Лост-Сити – Брокен-Спур (29–30° с.ш.) близок к границе проникновения *C. helgolandicus* на юг. Остается неясным, спускался ли *C. helgolandicus* до 30° с.ш. всегда и просто был пропущен предыдущими исследователями, или, что вероятнее, его появление здесь в последние годы связано с какими-то изменениями интенсивности переноса вод с севера на средних глубинах Северной Атлантики.

НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ ГОА В СТОЛБЕ ВОДЫ

В 2002 г., в 47-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» на Лост-Сити было проведено одно погружение ГОА «Мир» с подсчетом макропланктона в «большой рамке» площадью 3 м² в столбе воды. Сравнение с аналогичным спуском в районе Брокен-Спур показало, что расположение пиков численности макропланктона в обеих точках совпадает по глубине, но абсолютные значения концентрации животных над Лост-Сити были в 2–3 раза выше, чем в том же столбе воды над Брокен-Спуром [Виноградов и др., 2003б, см. табл. 8.2]. Было высказано предположение, что в районе Лост-Сити происходит локальное обогащение столба воды, вызванное орографией дна (массив Атлантис, на котором расположено поле, поднимается над окружающим дном более чем на 2000 м). Однако по результатам одного спуска невозможно было судить о существовании (либо отсутствии) устойчивого обогащения планктона в этом районе, тем более что поток воды над вершиной горы неизбежно имеет завихрения, способные вызвать мезомасштабную пятнистость в распределении планктона.

И действительно, во время работ 2005 г. никакого заметного увеличения количества планктеров над Лост-Сити по сравнению с аналогичными глубинами над Брокен-Спур обнаружено не было (рис. 8.30, А). В то же время оказалось, что значительная мезомасштабная пятнистость в распределении животных действительно имеет место. Во время двух погружений ГОА к Лост-Сити, проведенных с разницей по времени в одни сутки, численность некоторых групп животных (например, аппендикулярий или циклотон) колебалась в разы (рис. 8.30, Б, Г; табл. 8.2). При этом она оказывалась как больше, так и меньше той, что была измерена для тех же слоев воды над Брокен-Спур. Численность же и распределение других групп животных, например, хетогнат, практически совпали и в обоих погружениях на Лост-Сити и над Брокен-Спур (рис. 8.30, В; табл. 8.2). Но поскольку в разных спусках ГОА количество отдельных групп животных изменялось как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения, оказалось, что в пересчете на суммарное количество макропланктона в столбе воды эти колебания в значительной степени компенсируются (рис. 8.30, А).

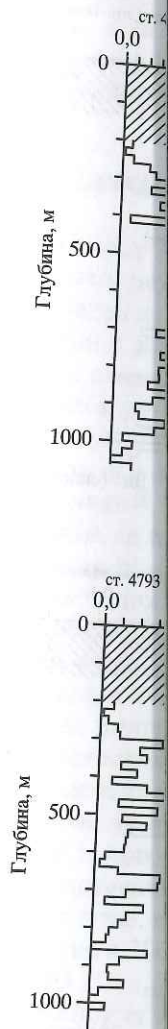


Рис. 8.30. Вертикальное распределение макропланктона в погружениях ГОА (справа) и над Брокен-Спур (слева). А – весь макропланктон тотал; Б – желетельные животные и др. Заштрихован необсчитывавшийся планктон; Г – планктон в зоне залегания поля Лост-Сити.

Очевидно, что по результатам «богатое» пятно воды (см. табл. 8.2) может возникнуть в районе массива Атлантис. Вероятных спусков ГОА.

количество
м² во всем
ния на глу-
венно по-
чен в рай-
по обнару-
охоже, что
оникнове-
Agolandicus
ователями,
с какими-
к глубинах

а Лост-Си-
кропланк-
те с анало-
ние пиков
е, но абсо-
в 2-3 раза
дод и др.,
е Лост-Си-
рографией
и над окру-
ого спуска
стойчивого
над верши-
штабную

величения
ими глуби-
время ока-
лении жи-
ДА к Лост-
ть некото-
колебалась
ольше, так
окен-Спур.
мер, хетог-
ад Брокен-
количест-
ения, так и
количество
епени ком-

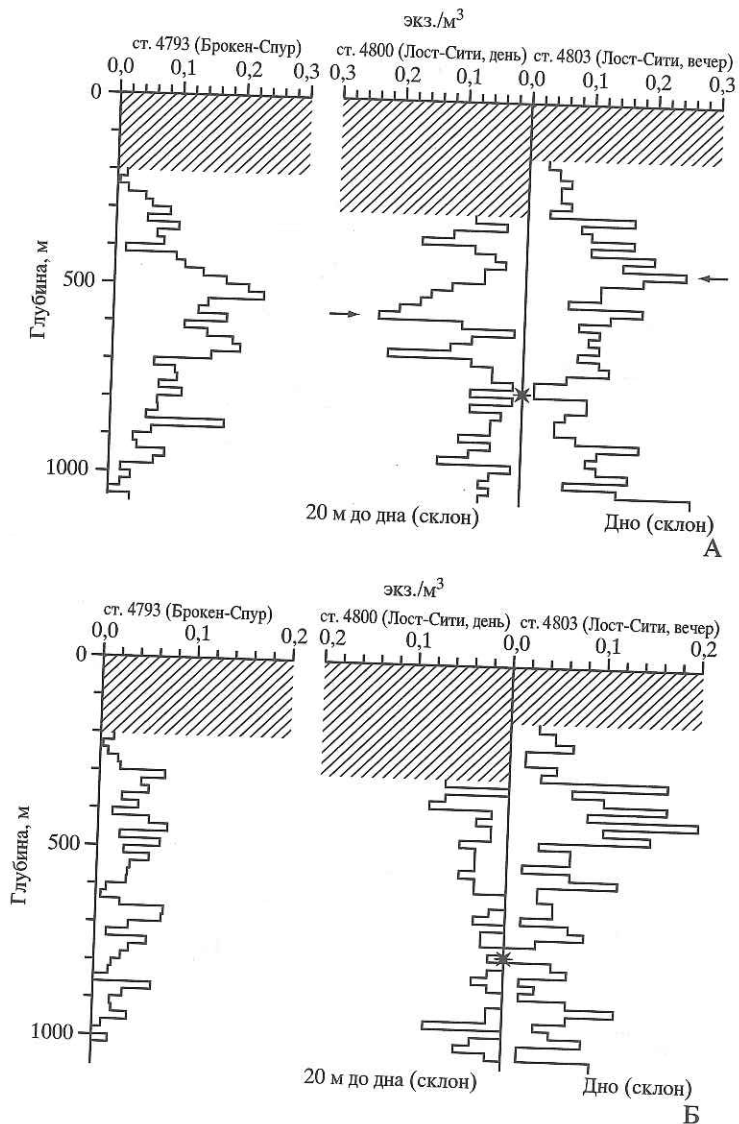


Рис. 8.30. Вертикальное распределение макропланктона в районе Лост-Сити по наблюдениям в погружениях ГОА (справа) и распределение тех же групп в верхнем километре столба воды над Брокен-Спур (слева) в 2005 г. (счет в «большой рамке») А – весь макропланктон totally (стрелки – примерное положение максимума численности); Б – желетелье животных и домики аппендикулярий; В – щетинкочелюстные; Г – циклотоны. Заштрихован необсчитывавшийся верхний освещенный слой воды, звездочкой отмечена глубина залегания поля Лост-Сити и вершины массива Атлантис

Очевидно, что по результатам единственного погружения, попавшего на «богатое» пятно воды (как это, вероятно, и произошло в 2002 г., см. табл. 8.2) может возникнуть искаженная картина реального обилия планктона в районе массива Атлантис. И только наблюдения во время последовательных спусков ГОА смогли в некоторой степени прояснить ситуацию.

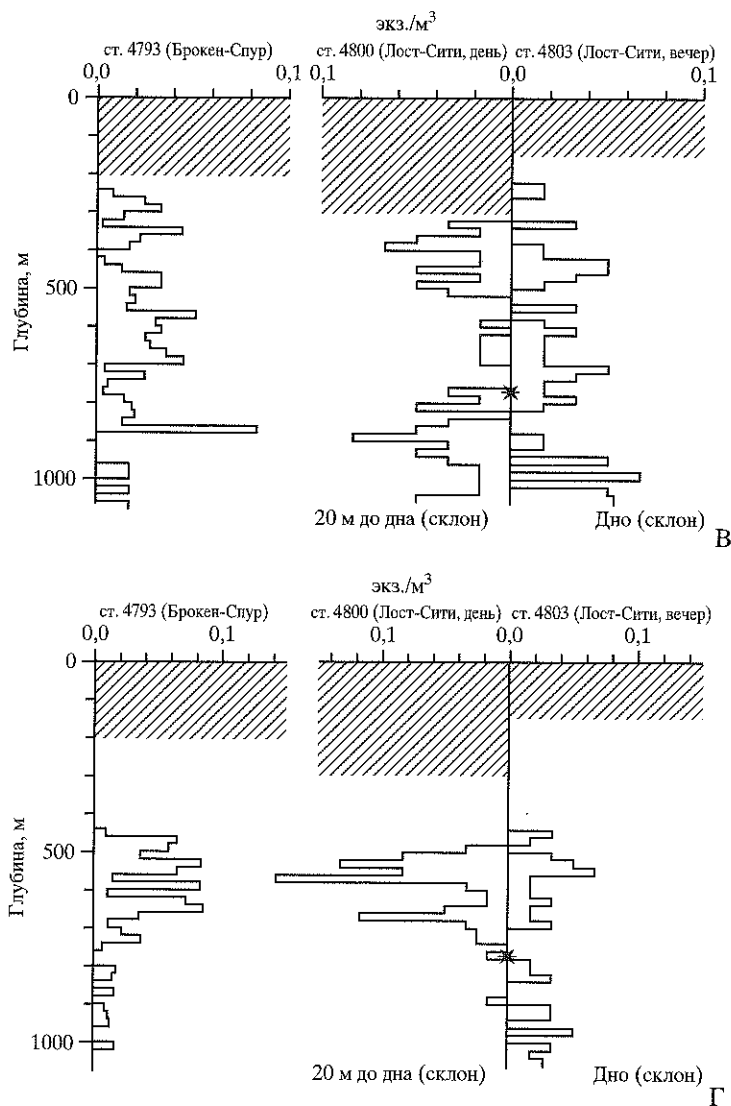


Рис. 8.30 (окончание)

Как и над Брокен-Спур, возрастание количества макропланктона в столбе воды над Лост-Сити начиналось на глубине 250–300 м. Интересно, что примерно на тех же глубинах в воде становилось значительно меньше крупных копепод. Дальше количество макропланктонных животных оставалось достаточно высоким до самого склона горы, т.е. пик численности планктона, связанный с главным пикноклином, не успевал окончиться до момента касания дна. Примерно с глубины 850 м стали встречаться глубоководные формы, например, красные хетогнаты *Eukrohnia*.

Два погружения ГОА на Лост-Сити проходили в разные часы светового дня. Если на ст. 4800 планктон столба воды был сосчитан в 13–14 ч местного времени, то на ст. 4803 счет проводился в 18.30–19.30. В это время у неко-

торых планктеров у (например, первые м ст. 4800 на 520, а на с вверх (примерно с 50 численности макроп

ПРИДО

Во время работ 2 большое количество образуют скопления. Кроме зуфаузиид вбл но плавающие амфи самки с яйцами в гон dens¹⁷ и *P. latreillei*.

В то же время в с сительно невелико¹⁸, взрослых рачков не пр (включая личинок) б 400–600 м, расположе (рис. 8.29). Причем ли метровом слое воды, г дала на порядок и бо 400–600 м было получ рачков: *Nematobranchion Stylocheiron* отмечались массива Атлантис (в л а во взятом от самого фурцилия. Представите они оказались в лове, в массива Атлантис в 200

Весной 2003 г. на Л «Атлантис» [Kelley et а «Алвин» вблизи постро но, привлеченные прож фиподы-гиперииды *Prin*

¹⁶ Наблюдения *Streetsia* доста положения [Г. Виноградов, н живущих планктеров, а н гих гиперид.

¹⁷ Мелкая североатлантическ вид *P. evansi* [Sheader, 1986;

¹⁸ Следует, правда, иметь в ви скопления, так что единств во, а так же то, что крупны имки сетью.

¹⁹ Kelley et al. [2005] определяю мостоятельность этого вида.

торых планктеров уже начинался вечерний подъем в вышележащие слои (например, первые макропланктонные рыбы-топорики были отмечены на ст. 4800 на 520, а на ст. 4803 – на 280 м), что привело к некоторому смещению вверх (примерно с 500–600 на 400–500 м) глубины нахождения наибольшей численности макропланктона (рис. 8.30, А: стрелки).

ПРИДОННЫЙ СЛОЙ И ОКРЕСТНОСТИ БАШЕН

Во время работ 2002 г. в придонном слое над Лост-Сити было отмечено большое количество эуфаузиид *Nematoscelis* aff. *tenella*. Казалось, что они образуют скопления у стен гидротермальных башен и над их макушками. Кроме эуфаузиид вблизи дна были отмечены и добыты слэп-ганом свободно плавающие амфиподы-гиперииды *Paraphronima crassipes* (все – крупные самки с яйцами в гонадах), *Streetsia challengerii*¹⁶ и два вида *Primno* (*P. brevidens*¹⁷ и *P. latreillei*).

В то же время в сетных ловах 2003 г. количество эуфаузиид было относительно невелико¹⁸, 0,2 г/м² (вместе с личинками – 0,3 г/м²), а численность взрослых рачков не превышала 8 экз./м². Наибольшие биомассы эуфаузиид (включая личинок) были в поверхностном 50-метровом слое и в слое 400–600 м, расположенном на 200 м выше вершины массива Атлантис (рис. 8.29). Причем личинки эуфаузиид были обильны только в верхнем 200-метровом слое воды, где их биомасса достигала 0,3–0,5 мг/м³, глубже она падала на порядок и более. Значение биомассы эуфаузиид 0,5 мг/м³ в слое 400–600 м было получено главным образом за счет поимки двух взрослых рачков: *Nematobranchion boopis* и *Stylocheiron abbreviatum* (оба вида хищники). *Stylocheiron* отмечались и выше, на глубинах 50–200 м. На уровне вершины массива Атлантис (в лове 600–900 м) количество эуфаузиид было меньше, а во взятом от самого склона горы лове 1400–900 м добыта единственная фурцилия. Представители рода *Nematoscelis* добыты не были (однако позже они оказались в лове, взятом в слое 450–250 м от 300 м от дна над вершиной массива Атлантис в 2005 г., 0,2 мг/м³).

Весной 2003 г. на Лост-Сити проводились работы американского НИС «Атлантис» [Kelley et al., 2005], и во время этого рейса при работах ГОА «Алвин» вблизи построек Лост-Сити вновь наблюдались роящиеся (возможно, привлеченные прожекторами ГОА) «глубоководные» эуфаузииды и амфиподы-гиперииды *Primno brevidens*¹⁹ – обычный вид атлантического планк-

¹⁶ Наблюдения *Streetsia* достаточно важны, ибо подтверждают высказывавшиеся ранее предположения [Г. Виноградов, 1988], что эти рачки относятся к экологической группе свободноживущих планктеров, а не сидят на желетелых планктерах, как это характерно для многих гипериид.

¹⁷ Мелкая североатлантическая форма *P. brevidens* иногда рассматривается как отдельный вид *P. evansi* [Sheader, 1986; Zeidler, 2004].

¹⁸ Следует, правда, иметь в виду, что эуфаузииды склонны образовывать мелкомасштабные скопления, так что единственная серия сетных ловов может дать заниженное их количество, а так же то, что крупные хищные эуфаузииды – хорошие пловцы и могут избегать поимки сетью.

¹⁹ Kelley et al. [2005] определяют этих гипериид как *Primno evansi* Sheader, 1986, признавая самостоятельность этого вида.

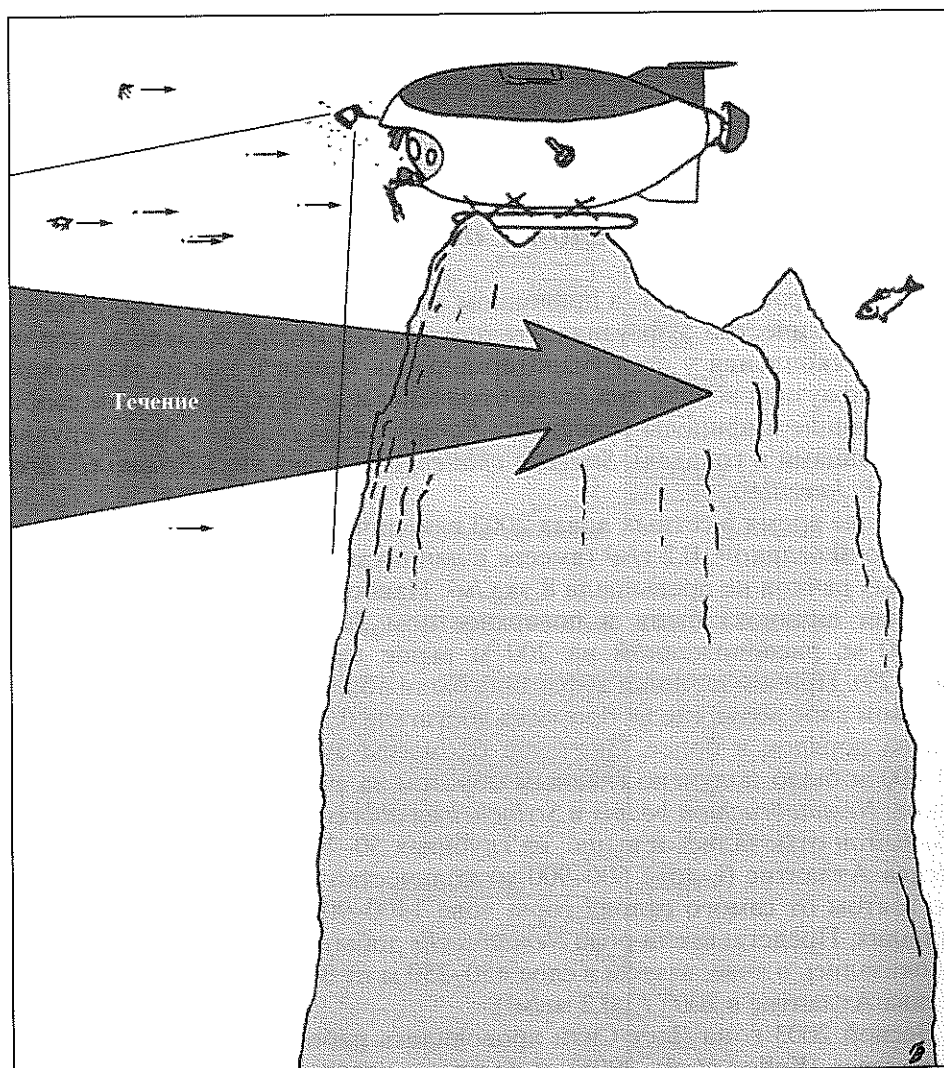


Рис. 8.31. Схема наблюдения планктона в набегающем потоке воды при работе на столбах Лост-Сити

тона. Как было сказано выше, в 2002 г. нами над Лост-Сити также наблюдались два вида *Primno* [Г. Виноградов и др., 2003б], т.е. эти рачки здесь весьма обычны. Вообще же роение пелагических гипериид в лучах прожекторов ГОА на небольшой глубине достаточно обычно и наблюдалось, в частности, при работах на поле Менез-Гвен.

В результате всех этих работ оставалось неясным, существуют ли «прибашенные» скопления эуфаузиид и других планктеров в действительности, или рачков привлекали работающие у гидротермальных построек аппараты (и эуфаузииды, и гиперииды охотно идут на свет).

Однако специальные наблюдения планктона, набегающего с потоком воды, проведенные на Лост-Сити в 50-м рейсе НИС «Академик Мстислав Кел-

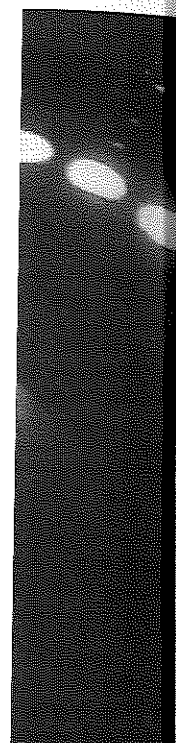
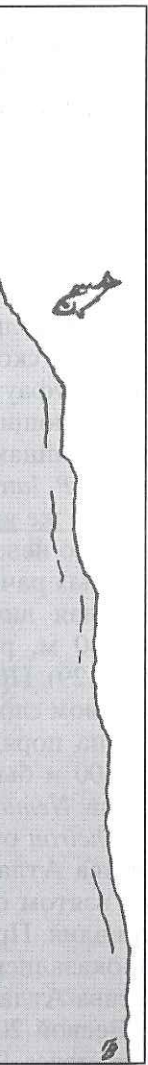


Рис. 8.32. Пост-ба. Эуфаузииды парата). Ст. 480

дыш» в августе 2005 г. ного столба с меткой шись навстречу течени оно шло на наблюдате ды, гиперииды и други проносятся мимо них т рачки постепенно нака создает видимость прие ников и света внутри с Кроме эуфаузиид *Nema* 2005 г. роев входили ги пориков, все – типичн этих глубинах, обнару ГОА. Таким образом, т тонных организмов вбл ным привлекающим вл

²⁰ Характерной приметой э- вый каменный окунь.

²¹ Определение А.Л. Верещ



боте на столбах

же наблюда-
и здесь весьма
прожекторов
, в частности,

уют ли «при-
свительности,
оек аппараты

с потоком во-
Истислав Кел-

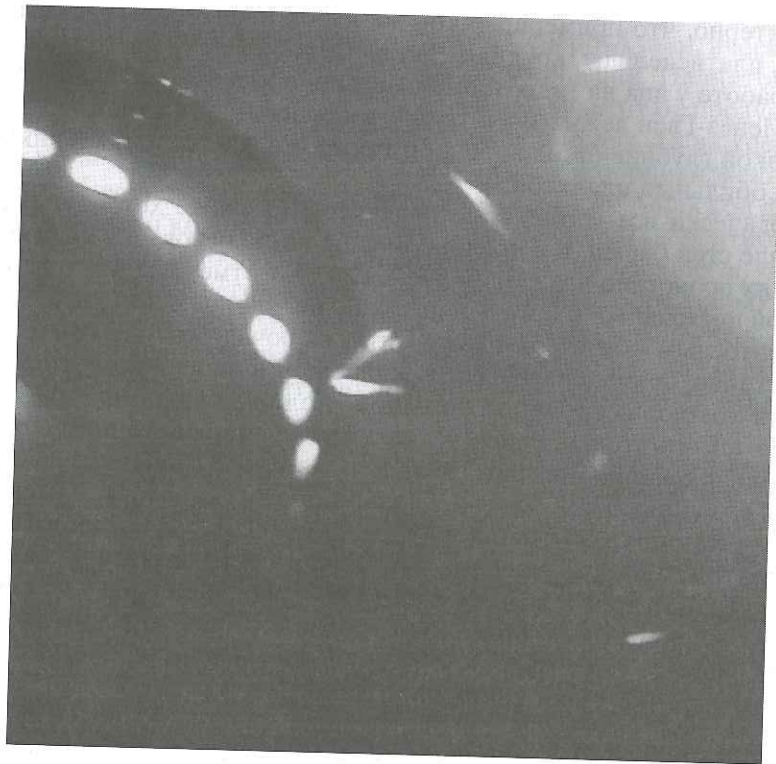


Рис. 8.32. Лост-Сити, глубина 734 м, вершина гидротермального столба. Эуфаузииды, собравшиеся к светильнику ГОА (фото из сферы аппарата). Ст. 4803

дыш» в августе 2005 г. при работе ГОА на вершине ~60-метрового карбонатного столба с меткой «Ехотар-12»²⁰ (аппарат опустился на столб, развернувшись навстречу течению, имевшему во время работ скорость ~15 см/с, так, что оно шло на наблюдателя, см. рис. 8.31), однозначно показали, что эуфаузииды, гиперииды и другие планктеры не держатся возле построек постоянно, а проносятся мимо них течением. Активно задерживаясь у светильников ГОА, рачки постепенно накапливаются в поле зрения наблюдателя (рис. 8.32), что и создает видимость присутствия «придонных роев». При выключении светильников и света внутри сферы ГОА рой исчезает в течение нескольких минут. Кроме эуфаузиид *Nematoscelis tenella* и *N. atlantica*²¹, в состав наблюдавшихся в 2005 г. роев входили гиперииды *Platyscelus ovoides* и *Primno* и мальки рыб-топориков, все – типичные и обычные представители фауны столба воды на этих глубинах, обнаруженные и в сетных ловах, и в столбе воды при спусках ГОА. Таким образом, наблюдавшееся в разных экспедициях «роение» планктонных организмов вблизи башен Лост-Сити оказалось артефактом, вызванным привлекающим влиянием светильников работающих подводных аппара-

²⁰ Характерной приметой этого столба был постоянно державшийся у его вершины метровый каменный окунь.

²¹ Определение А.Л. Верещаки по пойманному слэп-ганом рачкам.

тов. Характерно, что примерно такой же набор планктонных животных (эуфаузииды, платисцелиды, крупные *Phronima*) собирался у светильников аппарата при работе у дна на гидротермальном поле Менез-Гвен в 2003 г. Напомним, что Менез-Гвен лежит значительно севернее Лост-Сити, на 37°50.5' с.ш., но на близкой глубине (около 850 м) и также омывается водами пикноклина, несущими обильный планктон.

Периодически все упомянутые планктеры (а также хетогнаты) встречались и возле стен башен, и в придонном слое возле основания построек Лост-Сити, где их пронесло над самым дном. Следует отметить, что они представляют собой постоянный и богатый поток пищи, вполне доступный бентосным и нектобентосным обитателям Лост-Сити, включая бентопелагических рыб.

Из истинно бентопелагических животных в придонном слое воды на Лост-Сити было встречено большое количество амфипод-гаммарид *Bouvierella* aff. *curtirama*. Ранее *B. curtirama* были описаны с поля Лаки-Страйк [Bellan-Santini, Thurston, 1996], и их массовое скопление на этом поле считались его уникальной чертой, необычной для гидротерм Атлантического океана²². Как показали наши наблюдения 2002 г., рачки иногда плавают над субстратом, а иногда сидят на нем. Рачки часто садятся на бактериальные маты возле муаров и возятся в них. Они также обильны у основания построек над мелкобитыми обломками кораллов, игл морских ежей и т.п. У вершин башен, в зоне муаров, судя по видеозаписи широкими проходами видеокамеры, рачки были единичны [Виноградов и др., 2003б]. Однако во время работ 2005 г. на самой вершине башни с меткой «Ехомар-12», в теплом муаре были отмечены десятки *Bouvierella*. Рачки плавали в первых 10–15 см от дна и практически не покидали муаров. Их поведение в этом месте отдаленно напоминало роение амфипод-пардалисцид *Halice hesmonectes* в струях муара на гидротермальных полях Восточно-Тихоокеанского поднятия [Van Dover et al., 1992], однако на Лост-Сити амфиподы не образуют столь плотных многотысячных роев и не демонстрируют поведения, обеспечивающего позиционирование рачков практически на одном месте, характерное для *H. hesmonectes*. Кроме того, как уже говорилось, они часто садятся на грунт. *Bouvierella* не являются специализированными обитателями муара, их поведение более универсально.

8.10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, распределение планктона над «южными абиссальными» (Снейк-Пит, ТАГ, Брокен-Спур) и «северными батиальными» (Лаки-Страйк, Рейнбоу) гидротермальными полями сильно различается. Эти раз-

²² *B. curtirama* были встречены на поле Лаки-Страйк и во время спуска на «Мире-2» 11.07.2002 (наблюдатель Г.М. Виноградов). В наиболее плотном скоплении 15–20 рачков плотной группой (расстояние от особи до особи от менее сантиметра до нескольких сантиметров) сидели на пятне осадка с белым налетом без выраженных бактериальных нитей и без выраженного муара у подножия курильщика Eiffel Tower на самой внешней периферии пояса битых митилидных створок (внешняя граница сообщества как такового). Рачки плотно сидели на грунте, иногда переползая с места на место. Плавающих особей отмечено не было, на видеозаписи их также нет.

личия возникают при циклоническом круверными» полями эвод в фотическом с не столба воды в радуктивных районовной зоны, большого планктеров тоже). слоев воды за счет на юг потока проме Мирового океана [Сти Северо-Атлантиков и др., 2000].

В районе гидротго увеличения колиключением желетел аппедикулярий. Для отмечено увеличениверных батиальных абиссальных. Наличвый взгляд, может т окружающее простр тот факт, что подоб мелководными поляктивными) водами Срота. На полях же, вдонное увеличение к всех обследованных предположить, что вской зоне, на придон и, скорее всего, обна очередь зависят от ве а не гидротермальной

Более того, анализ известны и над «спокпендикулярий в придной Поркьюпайн (40.12 экз./м³ [Г. Виногр гидротермальным полигоне «Титаник»ность аппендикулярии 0.05 экз./м³ по сравне воды [Г. Виноградов ководного разлома 30–35° з.д., глубина

²³ Charlie Gibbs Fracture Zone. писании названия разлома

личия возникают при перемещении от центра Северо-Атлантического антициклонического круговорота к его северной периферии. Планктон над «северными» полями заметно богаче, что, очевидно, зависит от продуктивности вод в фотическом слое. Свою роль в увеличении биомассы в нижней половине столба воды в районе «северных» полей играет и проникновение из продуктивных районов океана, расположенных к северу от Азорской фронтальной зоны, большого количества копепод *C. helgolandicus* (вероятно, и других планктеров тоже). Подобное обогащение планктона средних и глубинных слоев воды за счет идущего с севера (из мезотрофных бореальных районов) на юг потока промежуточных вод (части «глобального конвейера» течений Мирового океана [см.: Вгоескер, 1991] вообще характерно для северной части Северо-Атлантического антициклонического круговорота [М. Виноградов и др., 2000]).

В районе гидротермальных полей в целом не отмечается выраженного увеличения количества планктона на глубинах плюмов и у дна, за исключением желетелых животных (кишечнополостных и гребневиков) и аппендикулярий. Для этих групп планктона на всех обследованных полях отмечено увеличение численности в придонных слоях воды, причем на северных батиальных полях этот максимум много резче, чем на южных абиссальных. Наличие такого придонного максимума желетелых, на первый взгляд, может трактоваться как свидетельство влияния этих полей на окружающее пространство океана. Однако не может не настораживать тот факт, что подобное обогащение гораздо сильнее выражено над более мелководными полями, находящимися под периферийными (более продуктивными) водами Северо-Атлантического антициклонического круговорота. На полях же, находящихся под ультраолиготрофными водами, придонное увеличение количества желетелых оказывается минимальным для всех обследованных районов. Существование такого отличия заставляет предположить, что влияние условий «наверху», в продукционной фотической зоне, на придонное обогащение планктона играет важнейшую роль, и, скорее всего, обнаруженные придонные скопления животных в первую очередь зависят от вертикального потока органики фотосинтетического, а не гидротермального происхождения.

Более того, аналогичные пики численности тех же групп животных известны и над «спокойным» дном. Например, численность домиков аппендикулярий в придонном пике их численности над абиссальной равниной Поркьюпайн (48°07' с.ш., 16°07' з.д., глубина 4500 м) достигает 0.12 экз./м³ [Г. Виноградов и др., 2003а] (рис. 8.33), т.е. такой же, как и над гидротермальным полем Лаки-Страйк (0.10–0.15 экз./м³, см. выше); на полигоне «Титаник» (склон Ньюфаундленда, глубина 3800 м) численность аппендикулярий в придонном нефелоидном слое возрастает до 0.05 экз./м³ по сравнению с 0.003–0.006 экз./м³ в вышележащем столбе воды [Г. Виноградов и др., 2002] (рис. 8.34), а в придонных слоях глубоководного разлома Чарли-Гибс²³ на севере Атлантики (52–53° с.ш., 30–35° з.д., глубина до 4500 м) число их домиков составляет

²³ Charlie Gibbs Fracture Zone. В различных источниках встречаются разночтения в русском написании названия разлома, здесь мы следуем за Г.В. Агаповой и др. [1993].

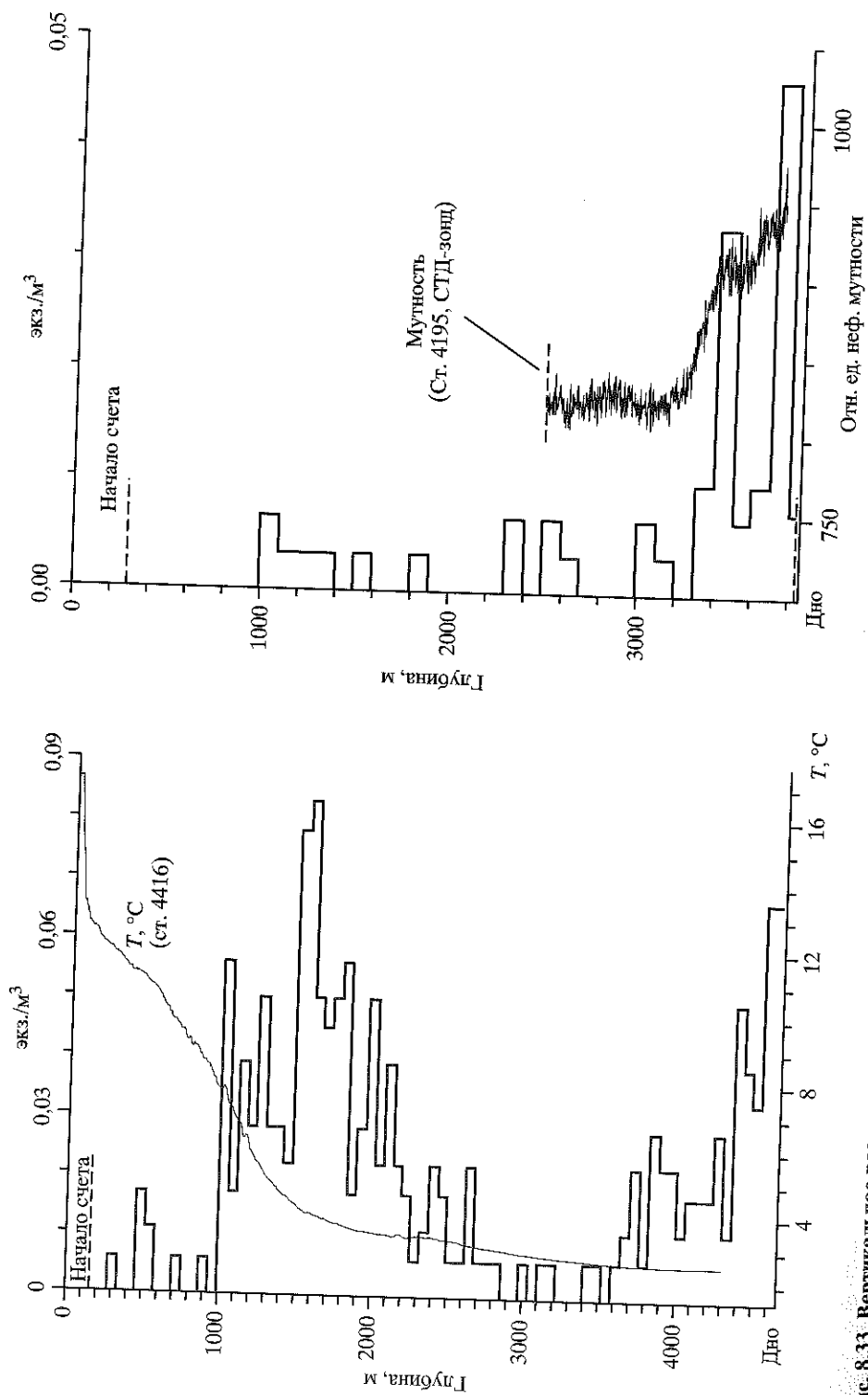


Рис. 8.33. Вертикальное распределение аппендикулярий и их домиков над абиссальной равниной Поркьюлайи по прямым подсчетам из ГОА «Мир» в дневные часы 2.08.2002 г. [по: Г. Виноградов и др., 2003а]
 Рис. 8.34. Вертикальное распределение аппендикулярий (домиков с животным) над склоном Ньюфаундленда по наблюдениям из ГОА «Мир-2» в дневные часы 22.07.2001 г. [по: Г. Виноградов и др., 2002]

Рис. 8.35. Вертикальное распределение аппендикулярий и их домиков над абиссальной равниной Поркьюлайи по наблюдениям из ГОА «Мир-2» в дневные часы 22.07.2001 г. [по: Г. Виноградов и др., 2002]

0.07–0.11 экз./м³ про [G. Vinogradov, 2005] ков аппендикулярий вана на трансектах у ной экспедиции на Ньюых» участках Средних в 2004 г. [Young кулярий в придонных гидротермальных, чем в этих фонов. Таким образом, н предположение, что

Рис. 8.33. Вертикальное распределение аппендикулярий и их домиков над абиссальной равниной Поркьюпаин по прямым подсчетам из ГОА «Мир» в дневные часы 2.08.2002 г. [по: Г. Виноградов и др., 2003а]

Рис. 8.34. Вертикальное распределение аппендикулярий (домиков с животным) над склоном Ньюфаундленда по наблюдениям из ГОА «Мир-2» в дневные часы 22.07.2001 г. [по: Г. Виноградов и др., 2002]

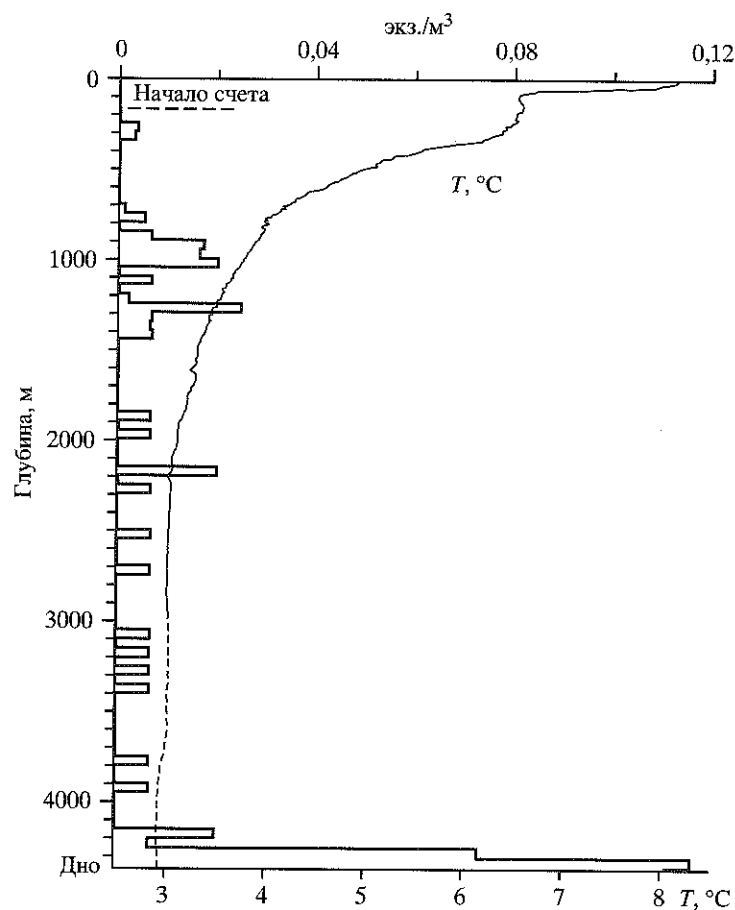


Рис. 8.35. Вертикальное распределение аппендикулярий (домиков с животным) в разломе Чарли-Гибс по наблюдениям из ГОА «Мир-1» в дневные часы 13.06.2003 г.

Температурная кривая дана по данным зондирования комплексом «Розетт» (до глубины 2950 м, сплошная линия) и бортового CTD-зонда ГОА «Мир-1» (глубже 2950 м, пунктир) [по: G. Vinogradov, 2005, с изм.]

0.07–0.11 экз./м³ против 0–0.006 экз./м³ в нижней половине столба воды [G. Vinogradov, 2005] (рис. 8.35). Примерно такая же численность домиков аппендикулярий в придонном слое (до 0.04 экз./м³) была зафиксирована на трансектах управляемых роботов (ROV) во время международной экспедиции на НИС «Г.О. Сарс» в придонных слоях воды на «фоновых» участках Срединно-Атлантического хребта севернее Азорских островов в 2004 г. [Youngbluth et al., 2005]. Увеличение численности аппендикулярий в придонных и приплюмовых слоях воды на южных абиссальных гидротермальных полях САХ оказывается даже несколько меньшим, чем в этих фоновых районах.

Таким образом, наиболее вероятным в настоящий момент выглядит предположение, что подобное увеличение численности желетелого

планктона является универсальной чертой, характерной для всех глубоководных районов океана (или их значительной части) и не должно рассматриваться как признак возможного влияния продукции гидротермальных полей на океанический планктон. Внести окончательную ясность в этот вопрос могло бы сравнение исследованных нами гидротермальных полей с фоновыми участками рифтовой долины Срединно-Атлантического хребта, которые на настоящий момент остаются практически необследованными.

На настоящий момент мы не имеем надежных свидетельств обогащения планктонных сообществ океана за счет продукции гидротермальных полей.

СТРУ

9.1. ХАИ

Гидротермальные источники имеют в себя не только сероводородную, занимающую большую часть объема, но и другую, меньшую, сернистую, Vereshchaka (Vereshchaka, G. Vinogradov, 1977; Vinogradov, 2000], которая представляет собой гидротермальный источник. С одной стороны, это гидротермальный источник, с другой стороны, это гидротермальный источник, который имеет необычные температурные градиенты, которые достигают значений до 300°C. Вследствие этого в гидротермальных источниках наблюдаются необычные градиенты температуры, которые имеют слоенную структуру. В гидротермальных источниках наблюдается слоенность в гидротермальных источниках, которая проходит с течением времени.

Вследствие этого в гидротермальных источниках наблюдается слоенность в гидротермальных источниках, которая проходит с течением времени. Вследствие этого в гидротермальных источниках наблюдается слоенность в гидротермальных источниках, которая проходит с течением времени.

На гидротермальных источниках наблюдается слоенность в гидротермальных источниках, которая проходит с течением времени. Вследствие этого в гидротермальных источниках наблюдается слоенность в гидротермальных источниках, которая проходит с течением времени.

Так возникают гидротермальные источники, которые определяют структуру гидротермальных источников в результате гидротермальной деятельности.