

МОНИТОРИНГ ПРИБРЕЖНЫХ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ

4

Симакова У.В.¹, Семин В.Л.², Любимов И.В.¹,
Свасян В.А.¹, Тимофеев В.Л.³, Басин А.Б.¹,
Григоренко К.С.², Колючкина Г.А.¹

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ЭТАПА ИССЛЕДОВАНИЙ

К концу XX – началу XXI века одной из наиболее значительных составляющих в эволюции биосферы стали биологические инвазии (Шадрин, 2000). Наиболее подвержены инвазиям нарушенные, обедненные и эволюционно молодые экосистемы (Сверлова, Сон, 2006). Одним из ярких примеров такого рода является Черное море (Zaitsev, Ozturk, 2001). Его экосистема с начала XX в. до конца 70-х годов считалась совершенно стабильной (Зенкевич, 1956; Киселева, Славина, 1972; Киселева, 1981). На рыхлых грунтах основными доминантами были двустворчатые моллюски. Ниже пояса скал, на глубинах 10-30 м располагался пояс «венусового песка» с доминированием *Chamelea gallina* (прежнее название *Venus gallina*), глубже (30-50 м) – мидиевый ил (*Chamelea gallina*), сменяющийся на глубинах около 60 м фазеолиновым илом (*Modiolula phaseolina*) (Зернов, 1913; Киселева, 1981). И даже появление и распространение в конце 40-х - 50-х годах хищного брюхоногого моллюска-вселенца *Rapana venosa* (Старк, 1950; Чухчин, 1961) не привело к изменениям в структуре основных поясных сообществ (Киселева, Славина, 1966). Однако в конце XX – начале XXI в. произошли кардинальные перестройки сообществ, выражающиеся в падении разнообразия, сдвиге нижней границы обитания макрофитобенто-

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

² Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

³ Институт морских биологических исследований РАН, Севастополь, Россия.

E-mail: yankazeisig@gmail.com

са на меньшие глубины (Максимова, Лучина, 2002), смене доминантов и колебаниях численности характерных видов макрозообентоса (Gomoiu, Petran, 1973; Dumitrache, Abaza, 2004; Золотарев, Терентьев, 2012; Чикина, 2009). Причиной этих изменений явилось массированное и многофакторное внешнее воздействие: интенсивная эвтрофикация в 1970-1980-х годах, вызвавшая перестройки в сообществах планктона и фитали (Maximova, Moruchkova, 2005), и вселение чужеродных видов (Виноградов и др., 1992; Bologa et al., 1995). И если на северо-западе Черного моря пик эвтрофикации и изменений в донных сообществах пришелся на 1980-е гг., то на северо-кавказском побережье наиболее значимые преобразования были отмечены в начале XXI века (Кучерук и др., 2002, 2012).

В районе Северного Кавказа в 2001 г. было отмечено смещение ядра сообщества «венусового песка» с 25 м на 10-15 м и смена доминантов на 20-30 м на пелофильного вселенца *Anadara kagoshimensis* (*Bivalvia*, *Arcidae*) (Чикина, 2009). Однако уже к 2005 г. в результате пресса рапаны и повышения конкурентноспособности автохтонных двустворчатых моллюсков-пелофилов *Pitar rudis* и *Gouldia minima* благодаря снятию пресса мнемииопсиса на их личинок произошло снижение роли анадары и повышение биоразнообразия и роли местных видов в бентосе (Chikina et al., 2014; Колючкина и др., 2017а; Колючкина и др., 2018). Таким образом, распределение бентоса в 2010-х стало более близким к периоду до эвтрофикации, однако сохранялось принципиальное отличие: на большинстве исследованных станций глубины 20-30 м были заняты сообществом пелофилов на илистом субстрате, а ядро венусового песка оставалось на глубинах 10-15 м (Селифонова, Часовников, 2017; Колючкина и др., 2018). Кроме того, исследования начала XX в. были посвящены преимущественно глубинам 10-30 м, где отмечались наибольшие колебания бентоса. Работы, касающиеся сообществ мидиевого и фазеолинового поясов, были единичными (Селифонова, Часовников, 2017). Кроме того, как исторические, так и современные данные по структуре сообществ были получены в разные сезоны года, что существенно затрудняет трактовку данных по короткоживущим видам (полихеты, ракообразные, некоторые моллюски и пр.), а в литературе данные по сезонной динамике отдельных видов бентоса в Черном море крайне ограничены. Поэтому основной задачей этапа экспедиции «Черное море-2017» по исследованию донных сообществ стало изучение макрозообентоса глубин 10-70 м на четырех разрезах на участке побережья Новороссийск – Туапсе, исследование сезонной динамики на одном из разрезов (в районе Голубой бухты), а также изучение факторов, определяющих вертикальную зональность бентоса и его динамику.

Если в сообществах рыхлых грунтов основные изменения были связаны с видами-интродуцентами, то в сообществах фитали до 2016 г. роль инвазивных видов была незначительной. В ходе экспедиции «Черное море-2016» нами был обнаружен новый для Черного моря вид макроводорослей *Bonnemaisonia hamifera* Hariot, вселение которого носит инвазивный характер, а влияние на экосистему гипотетически огромно. Существу-

ет несколько примеров успешных инвазий макроводорослей в экосистемы Средиземноморского региона, в результате которых произошли изменения как в бентосных, так и пелагических сообществах на разных трофических уровнях (Boudouresque, Verlaque 2002; De Villèle, Verlaque, 1995; Piazzì, Balata, 2009). Однако в Черном море до сих пор значительного эффекта, оказываемого водорослями-вселенцами, не наблюдалось. Поэтому необходимо исследование этой инвазии у российского побережья Северного Кавказа: еще одной задачей экспедиции «Черное море – 2017» стало исследование географического и биотопического распространения нового вида и оценка его роли в современных сообществах обрастаний скал.

Исследование изменений структуры бентоса невозможно без изучения факторов, ее определяющих. Гидрологическая структура вод и свойства донных осадков являются ведущими факторами, влияющими на состав и структуру макрозообентоса рыхлых грунтов. Температура и соленость вод являются ключевыми факторами, определяющими возможность существования организмов той или иной группы, а придонная гидродинамика влияет на структуру сообществ как прямо, так и опосредованно через организацию донных осадков (Pearson, Rosenberg, 1987). На северо-восточном узком шельфе Черного моря в прибрежной зоне выделяются две водные массы, представляющие принципиальную важность для макрозообентоса рыхлых грунтов: верхний перемешанный слой с переменными температурными условиями (0-45 м) и зона с постоянными температурными условиями (50-70 м) (Зацепин и др., 2007; Кныш и др., 2011). Особый интерес представляет для исследования макрозообентоса слой сезонного скачка температуры – зона термоклина, расположенная на глубинах от 15 до 45 м по разным оценкам и в разное время (Зацепин и др., 2007; Кныш и др., 2011). Именно для этой зоны отмечается затухание интенсивности волнения, а также накопление в грунте, соприкасающемся с ним, повышенного количества илистых частиц и органического вещества, что в свою очередь, по всей видимости, определило облик донных сообществ в начале XXI в. (Колючкина и др., 2018). Однако большинство исследований макрозообентоса и гидрологической структуры вод разнесены в пространстве и времени, поэтому в настоящей работе сделана попытка проведения макрозообентосной съемки с параллельным исследованием значений наиболее важных факторов окружающей среды (гидрология, гранулометрический состав донных осадков и окислительно-восстановительный потенциал поровой воды).

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЙ

Начиная с 2001 г. в рамках Черноморской экспедиции выполняется ежегодный мониторинг по двум разрезам на северо-восточном побережье Черного моря для выявления ежегодных изменений в структуре макрозообентосных сообществ (бухта

Инал, поселок Дивноморское) на глубинах 10–30 м. В 2017 г. кроме этой основной задачи исследованиями решались следующие:

- продолжение наблюдений долговременных изменений состава и структуры сообществ макрозообентоса на двух стандартных разрезах непрерывного мониторинга: «Инал» и «Дивноморское», и на дополнительном разрезе «Шепси»;
- исследование состояния и сезонных изменений макрозообентоса на глубине 35–70 м;
- исследование видового состава пояса ильной мидии на глубинах 30–50 м;
- исследование факторов, определяющих современное распределение донных сообществ макрозообентоса (тип донных осадков, их окислительно-восстановительный потенциал, гидрологическая структура вод);
- сбор образцов беспозвоночных (Decapoda, Amphipoda, Mollusca, Polychaeta) фауны Черного моря для морфологических и генетических исследований;
- изучение распространения и экологии нового вселенца *Bonnemaisonia hamifera*.

Работы выполнены в три этапа. Первый этап работ проходил весной, второй летом, а третий – осенью 2017 г. Во время первого и третьего этапов работы выполняли в районе Голубой бухты (ЮО ИО РАН) для сбора материала по исследованию сообществ на глубинах 35–70 м и сезонной динамики макрозообентоса, а также в районе Керченского пролива, в Таманском заливе и на побережье Азовского моря (Ясенская коса, Кучугуры) (рис. 4.1). В течение второго этапа был проведен сбор проб беспозвоночных для морфологических и генетических исследований и данных для многолетнего мониторинга сообществ макробентоса Черного моря на четырех стандартных разрезах, а также собран материал для исследований *Bonnemaisonia hamifera*. Обследования побережья Азово-Черноморского региона для поиска возможных районов распространения *B. hamifera* проводились в Голубой и Геленджикской бухтах, бух. Инал, в районе заповедника «Утриш», п. Джанхот, Керченского пролива, Таманского залива, Ясенской переправы, Бейсугского лимана и п. Кучугуры в весенне-летне-осенний периоды. Предварительные результаты исследований были опубликованы в тезисах конференции MARESEDU-2017 (Симакова, Смирнов, 2017).

Работы по сбору макрозообентоса проводили с борта МНИС «Ашамба». Образцы собирали с помощью дночерпателя Океан 0.1 (0.1 м²), дночерпателя Петерсена (0,037 м²), использовали по техническим причинам только весной в Голубой бухте на глубинах 40 м и 50 м) и малым тралом Сигсби (ширина 0.9 м) на глубинах от 7 до 70 м. Пробы, полученные с помощью дночерпателя, промывали на сите с ячейей 0.5x0.5 мм и фиксировали 4–6%-м формалином, приготовленным на морской воде. На станции отбирали 3 дночерпательных пробы для количественного исследования макрозообентоса и 1 дночерпательную пробу использовали для описания грунта, отбора проб на гранулометрический состав, измерение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) поровой воды донных осадков и исследования сообществ мейо- (пробоотборник – цилиндр,



РИС. 4.1.

Район работ экспедиции на МНИС «Ашамба» на Черном море в 2017 г.

площадь 2 см²) и микрофитобентоса (цилиндр, площадь 1 см²). Образцы мейо- и микрофитобентоса фиксировали 8%-м формалином, приготовленным на фильтрованной через сито морской воде (размер ячеек 100 мкм). Пробы для определения гранулометрического состава помещали в зип-пакеты и хранили в холодильнике в сыром виде. Анализ проб проведен сотрудниками Аналитической лаборатории ИО РАН. ОВП поровой воды регистрировали послойно (0–1 и 1–5 см) с помощью портативного ОВП-метра SanXin SX630. Значения ОВП приведены с коррекцией на потенциал стандартного водородного электрода (+200 мВ) (Розанов, 1988).

Пробы, полученные с помощью трала, промывали на борту судна на сите (0.5x0.5 мм), предварительно определяли видовой состав таксоцено моллюсков, нали-

чие и состав мертвой ракуши. Фотографировали разложенные в поддоне пробы с этикеткой и линейкой и фиксировали образцы организмов для последующего морфологического и генетического анализа 96%-м спиртом. На следующий день осуществлялась подмена спирта. Пробы хранили в холодильнике (+4 °С, для морфологического анализа) и морозильнике (-18 °С, для генетического анализа).

Первичный разбор проб макрозообентоса проводили в Южном отделении ИО РАН и в лаборатории в Москве с использованием бинокляров Микромед и Leica. Идентификацию животных проводили по возможности до видового уровня. При идентификации использованы определители фауны Черного (Киселева, 2004; Grintsov, Sezgin, 2011; Мордухай-Болтовской, 1968-1972) и Средиземного (Bellan-Santini et al., 1982, 1989) морей. Проверка валидности видовых названий (на октябрь 2017 г.) осуществлялась согласно международной базе данных WoRMS. Статистический анализ данных проводили попробно и постанционно, для чего рассчитывали среднее арифметическое биомассы и численности каждого вида в трех пробах и суммарное число видов во всех пробах станции. Для анализа видового богатства и разнообразия использовали индексы Шеннона, Пиелу, Маргалёфа (Clarke, Warwick, 2001). Ординация сообществ по количественным показателям (численность и биомасса видов в пробах) проведена методом непараметрического многомерного шкалирования (MDS) на основе индекса сходства Брея-Кертиса. Достоверность группировок проверяли методом ANOSIM. Уровень значимости принимали равным 0.1%. Достоверность результатов MDS определяли по графику Шепарда. Метод SIMPER использовали для определения видов, вносящих наибольший вклад в сходство/различие в группах. Достоверность отличий между массивами данных определяли методом непараметрической статистики permutational ANOVA (PERMANOVA) в пакете Primer. Различия считали достоверными при уровне значимости $p < 0.05$. Расчеты проводили в программе Primer v. 6.1.16 с расширением PERMANOVA 1.0.6. (Clarke, Gorley, 2006).

Непараметрический анализ корреляций по Спирману проводили в программе Statistica 12 (Statsoft Inc.). Корреляцию считали достоверной при уровне значимости $p < 0.05$ с поправкой Холма-Бонферрони на количество сравнений (Abdi, 2010).

Во время экспедиционных выходов НИС «Ашамба» 27 июня – 2 июля 2017 года было выполнено 38 станций вертикального CTD-профилирования. Работы выполнялись с помощью зонда SBE 19 plus. Обработка данных производилась с помощью программного обеспечения фирмы-производителя зонда Sea-Bird Electronics. Максимальная достигнутая глубина составила 75.4 м на станции 19.

Для уточнения распространения нового вселенца в Черное море *Bonnemaisonia hamifera* учитывали ее обнаружение во всех пробоотборниках: дночерпателе и трале. Образцы собирали и фиксировали 4%-м формалином для дальнейшего морфологического анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследования вертикальной структуры макрозообентоса на глубинах 40-70 м (весна) в районе Голубой бухты

Донные осадки глубин 40 м были представлены крупной ракушей с песком, а на 50 м – заиленным песком, а на 60-70 м – илом. Было обнаружено 58 видов макрозообентоса. Кривая не выходила на плато, поэтому была проведена оценка ожидаемого числа видов (рис. 4.2 А). Число видов с поправкой Chao2 составило 93 ± 21 вид. Превышение значения показателя Chao2 на 37% говорит о неполном выявлении фауны, что, очевидно, обусловлено малым количеством станций.

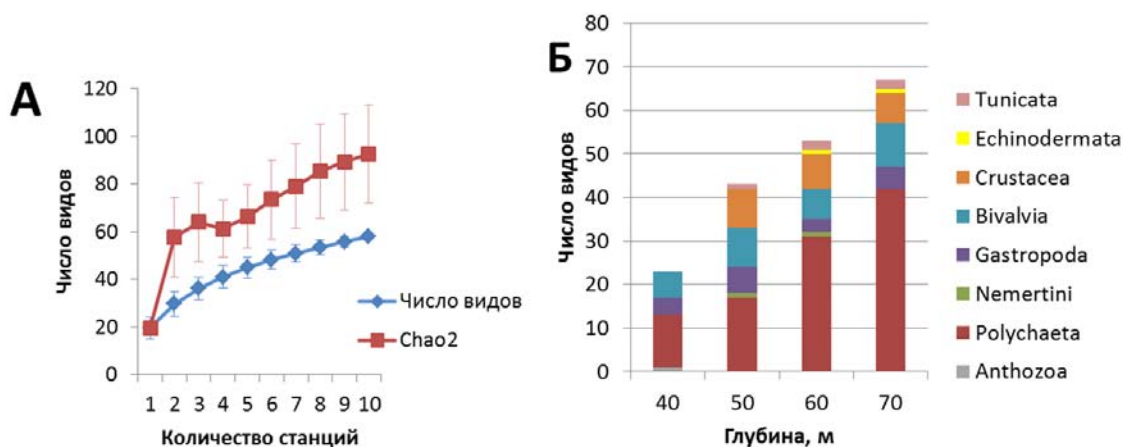


РИС. 4.2.

Кривая накопленного числа видов (число видов) и ожидаемого числа видов (Chao2) макрозообентоса (А) и соотношение числа видов макрозообентоса на разных глубинах (Б) в районе Голубой бухты

Число видов линейно возрастало с глубиной от 23 на 40 м до 67 на 70 м (рис. 4.2 Б). Ведущую роль по числу видов играли полихеты (40-60% всех видов сообщества). Макрозообентос на глубине 40 м отличался не только бедностью видового состава, но и представленностью различных крупных таксонов, здесь встречались только Anthozoa, Polychaeta и Mollusca. Возможно это было связано с орудием сбора, так как на глубинах 40 м и 50 м использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата $0,037 \text{ м}^2$. Таким образом, обловленная площадь была почти в три раза меньше, чем на глубинах 60-70 м, где пробы собирали дночерпателем «Океан 0.1» с площадью захвата $0,1 \text{ м}^2$.

Echinodermata появлялись только на глубине 60 м, а Anthozoa были отмечены только на 40 м. Polychaeta и Bivalvia достигали наибольшего видового разнообразия на глубине 70 м. Численность макрозообентоса составила от 856 до 3310 экз/м². Она в целом

увеличивалась с глубиной, достигая максимума на 60 м (рис. 4.3 А). По численности на всех глубинах доминировали полихеты. Их доля непрерывно возрастала с глубиной от 52 до 89%.

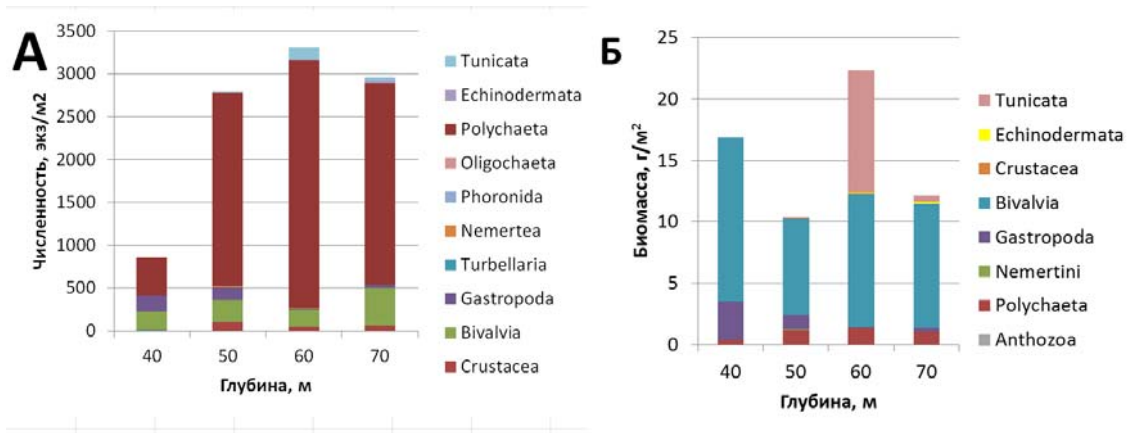


РИС. 4.3.

Численность (А) и биомасса (Б) макрозообентоса на разных глубинах

Биомасса макрозообентоса не превышала 25 г/м². Она достигала двух максимумов – на глубинах 40 и 60 м. Основными доминантами по биомассе были двустворчатые моллюски (до 85%), однако на глубине 60 м большой вклад давали асцидии (до 45%) (рис. 4.3 Б).

Наибольших значений индексы разнообразия достигали на глубине 40 м (рис. 4.4 А). Здесь за счет чрезвычайно низкой относительно других глубин численности ожидаемое число видов на 100 экземпляров достигало 23 (рис. 4.4 Б). Выравненность распределения обилий видов Пиелу на глубинах 50–70 м была сходной, а индекс разнообразия Шеннона и видового богатства Маргалёфа линейно возрастали с глубиной в этом диапазоне.

Ординация данных как по стандартизированной численности, так и по биомассе макрозообентоса показала, что станции глубин 50–70 м были на 40% сходны между собой и отличались от станции глубины 40 м на 80% или более (рис. 4.5). Основной вклад в сходство и различия между станциями по численности вносили полихеты *Aricidea claudiae*, *Heteromastus filiformis* и *Oriopsis armandi*, а также двустворчатый моллюск *Parvicardium simile*. По численности именно эти виды доминировали в сообществах глубин 50–70 м (до 90% численности в сообществе). На глубине 40 м по численности наибольший вклад вносил брюхоногий моллюск *Calyptra chinensis* (18% численности) и полихета *Pholoe inornata* (10% численности). Здесь были отмечены наибольшие значения выравненности обилий видов (индекс Пиелу) в отличие от станций других глубин.

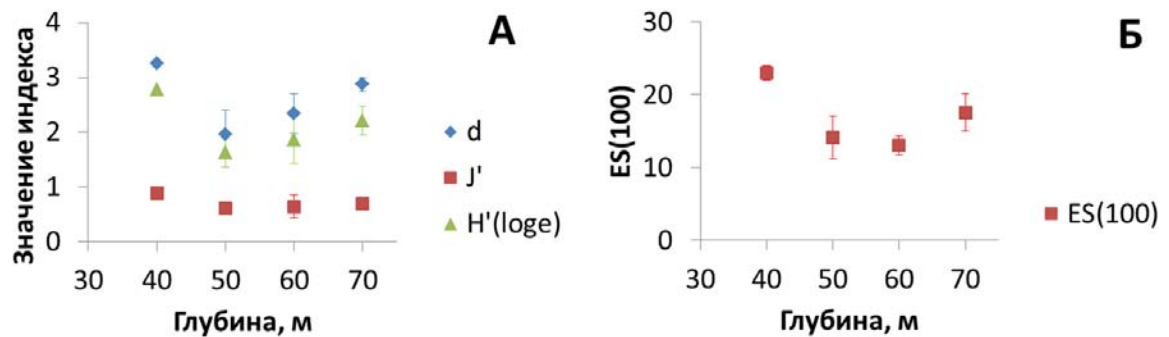


РИС. 4.4.

Значения индексов видового богатства Маргалефа (d), разнообразия Шеннона (H') и выравнивания распределения обилий видов Пиелу (J') на разных глубинах (А) и ожидаемое число видов на 100 экземпляров $ES(100)$ (Б)

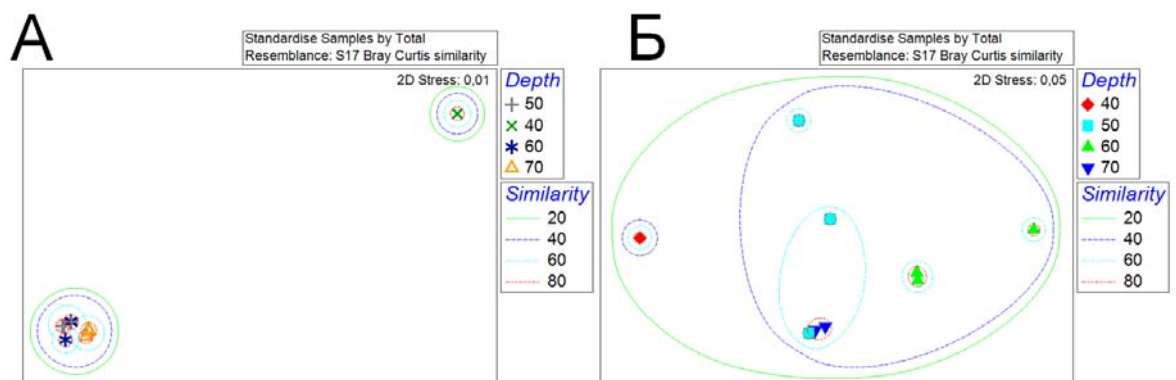


РИС. 4.5.

Ординация проб на разрезе в районе Голубой бухты с помощью MDS по численности (А) и биомассе (Б) (цветами обозначены глубины, м; сходство (similarity), %)

Основной вклад в сходство станций по биомассе на глубинах 50-70 м вносил *P. simile* (до 90%), который и доминировал на этих глубинах. На глубине 40 м по биомассе содоминировали три вида двусторчатых моллюсков: *Gouldia minima*, *P. simile*, *Mytilus galloprovincialis*.

Для оценки уникальности/типичности современной структуры сообществ в районе Голубой бухты было проведено сравнение с данными ИО РАН по макрозообентосу рыхлых грунтов сходных глубин заповедника «Утриш» (Колючкина, 2017 б), расположенного в 60 км от исследуемых станций. Соотношения биомасс видов макрозообентоса на глубинах как 40 м, так и 50 м в районе Голубой бухты и «Утриша» характеризовались 40%-м сходством (рис. 4.6). На глубинах 40 м в обоих районах доминировал двустворчатый моллюск *Gouldia minima*, а на 50 м – *P. simile*. Сходные данные были получены в середине XX века для участка побережья Туапсе – Шепси (съемка февраля – марта 1968 г.), когда на глубинах 40 м были отмечены «локальный» биоценоз *G. minima* и «региональный» *M. galloprovincialis*, а на глубине 50 м – также биоценоз с доминированием *P. simile* (Zaika, 1998). Интересно отметить, что на глубинах 50-110 м в XX веке (1957-1963 гг. – Киселева, 1981; 1980-е гг. – Киселева, 1992) на побережье Северного Кавказа отмечалось доминирование двустворчатого моллюска *Modiolula phaseolina*, отмеченного в настоящей съемке в виде мелких экземпляров, численность которых не превышала

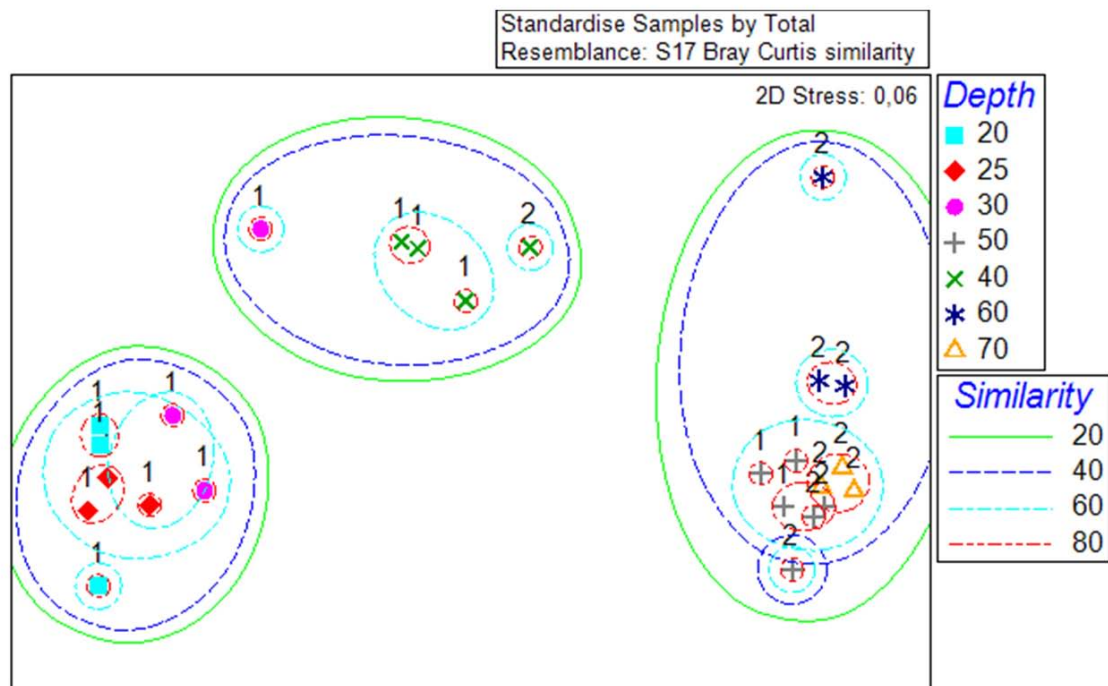


РИС. 4.6.

Ординация проб на разрезах в районе Голубой бухты и в районе заповедника «Утриш» с помощью MDS по биомассе (цветами обозначены глубины, м; цифрами – районы: 1- Утриш, 2- Голубая бухта)

210 экз/м², а биомасса – 8 г/м². Тогда как по данным на вторую половину XX в. на этих глубинах характерные численности руководящего вида составляли 473 экз/м² (60 м) и 3315 экз/м² (70 м), а биомассы 34 г/м² (60 м) и 148 г/м² (70 м). Таким образом, средняя масса особи в современной съемке была ниже в 5-7 раз. Возможно, наличие мелкоразмерных особей в зимне-весенний период объясняется следствием сравнительно недавнего оседания личинок фазеолины, как это и было описано в более ранних исследованиях (Киселева, Славина, 1972). Известно, что положение верхней границы фазеолинового ила неодинаково в разных районах моря (Киселева, 1981). Однако именно в районе побережья Кавказа этот пояс поднимается до глубин 50 м, хотя ядро биоценоза расположено глубже (около 75-85 м) (Zaika, 1998). Можно предположить, что крайне низкие значения численности и биомассы фазеолины на глубине 70 м и отсутствие этого вида на глубине 60 м в районе Голубой бухты в настоящей съемке может быть вызвано расположением разреза напротив реки Ашамба, являющейся сезонным и паводковым водоток, поскольку известно, что «выделение обычно четко выдерживающихся фаунистических зон (например, мидиевого и фазеолинового биоценозов) во всех предустьевых районах было весьма затруднительным и предположительным» (Барковская, 1961, с. 144). С другой стороны, низкие показатели для фазеолины могут быть обусловлены и случайными причинами (вследствие мозаичного расположения сообщества вне «ядра» биоценоза). Для проверки предположения необходимо проведение повторной съемки в исследуемом районе, а для выяснения масштабов данного явления и сравнения с районом, не подверженным влиянию стока рек, для выявления современного положения верхней границы пояса фазеолины – расширенного исследования (например, в районе заповедника «Утриш» или пос. Шепси) глубин 60-80 м.

Результаты исследований на разрезе Инал 2017 г. (лето)

В рамках ежегодного мониторинга в июне 2017 г. была проведена оценка состояния макрозообентоса глубин 10-70 м на стандартном разрезе в районе бухты Инал (пробы, собранные в районе пос. Дивноморское и Шепси, находятся на стадии обработки). Было отмечено 58 видов макрозообентоса, 12-28 видов на станцию. Минимальное значение было отмечено на глубине 10 м, а максимальное – на глубине 30 м. Ожидаемое число видов (Chao2) составило 78±12 (рис. 4.7 А). Основной вклад в видовое разнообразие вносили двустворчатые моллюски и полихеты (66-82%) (рис. 4.7 Б).

Наибольшая численность макрозообентоса была отмечена на глубине 10 м, наименьшая – на глубине 25 м (рис. 4.8 А). Основной вклад в численность на глубинах 15-30 м вносили двустворчатые моллюски, на глубине 40-70 м – полихеты. Наибольшая биомасса была отмечена на глубинах 15-20 м (рис. 4.8 Б). С увеличением глубины биомасса снижалась. Двустворчатые моллюски составляли 90.4-99.7% биомассы на станциях (рис. 4.8 Б).

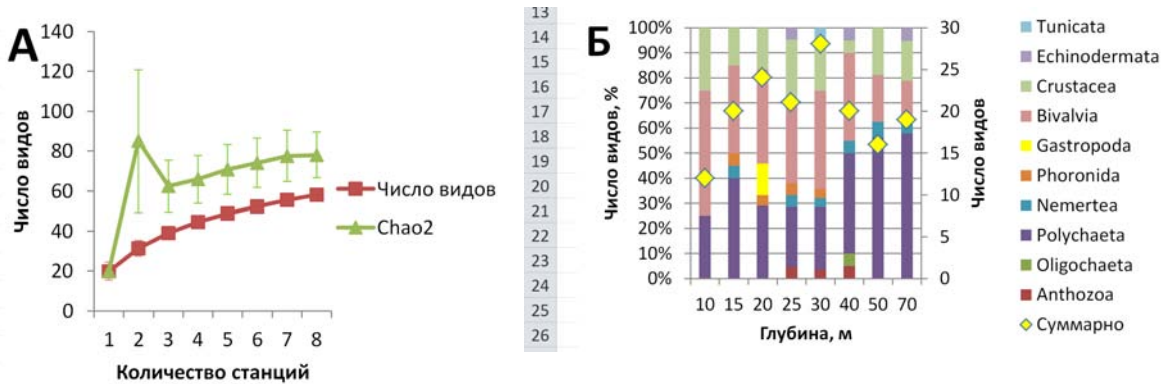


РИС. 4.7.

Кривые накопленного числа видов (число видов) и ожидаемого числа видов (Chao2) макрозообентоса (А) и соотношение числа видов макрозообентоса на разных глубинах (Б) в бухте Инал в июне 2017 г.

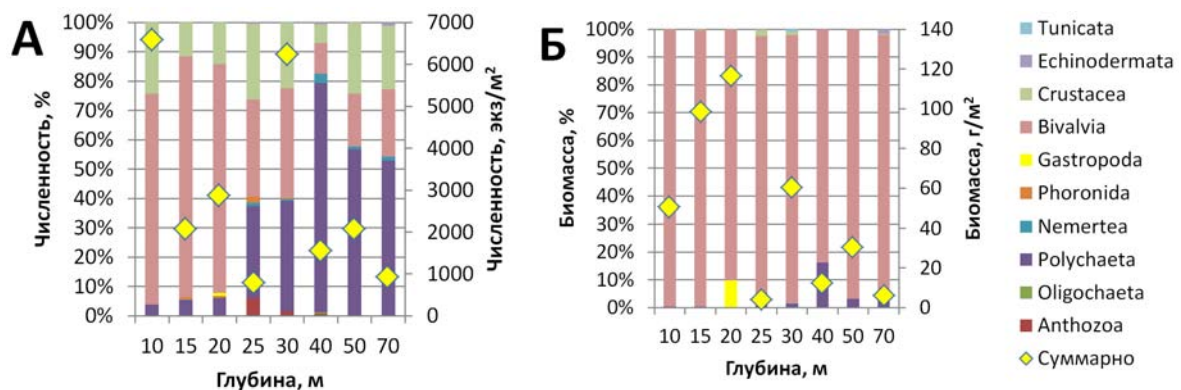


РИС. 4.8.

Суммарная численность и доля основных групп в общей численности макрозообентоса (А) и биомасса и доля основных групп в общей биомассе макрозообентоса (Б) в бухте Инал в июне 2017 г.

На глубинах 15-20 м доминирующими формами по биомассе и численности являлись двустворчатые моллюски *Chamelea gallina* и *Anadara kagoshimensis*. На глубине 30 м содоминировали двустворчатые моллюски *Gouldia minima* и *Pitar rudis*. На глубине 40 м по биомассе доминировали двустворчатые моллюски *A. kagoshimensis* и *Parvicardium simile*, а по численности – полихеты *Aricidea claudiae*.

Структура макрозообентоса, выявленная в 2017 г. на исследованных глубинах, в целом не отличалась от наблюдаемой на протяжении предыдущих 10 лет (Колючкина и др., 2017 а, 2017 б, 2018): основные доминанты и вертикальная структура не изменились.

Результаты исследования гидрологической структуры вод в районах стандартных макрозообентосных разрезов

Максимальная температура была зафиксирована на станции 47 на глубине 1.0 м и составила 27.2 °С, минимальная – на станции 19 на глубине – 65.8 м, составила 7.2 °С.

Максимальная соленость была зафиксирована на станции 19 на глубине 75.4 м и составила 18.7 ‰, минимальная – на станции 9, в приповерхностном горизонте, составила 15.5 ‰.

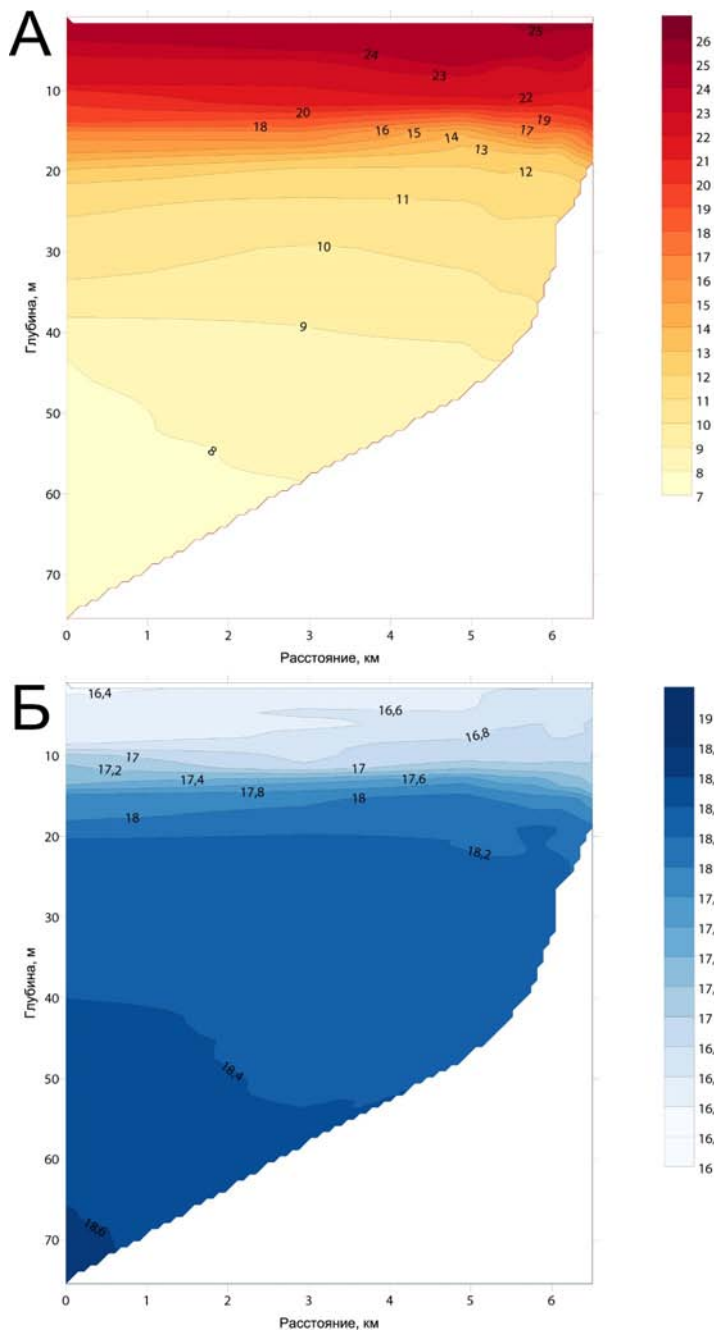
Максимальная плотность была зафиксирована на станции 19 на глубине 75.4 м и составила 1014.9 кг/м³, минимальная – на станции 16, составила 1008.7 кг/м³.

В районе заповедника «Утриш» значения температуры на поверхности превышали 25 °С, с удалением от берега и до конца разреза (6 км) величина температуры находилась в пределах 24–25 °С; на глубине 14–15 м расположен сезонный слой скачка, значения температуры в этом слое падают с 22 до 12 °С (рис. 4.9). Соленость на поверхности у берега превышает 16.6 ‰, на наиболее удаленной станции – менее 16.4 ‰. В сезонном слое скачка соленость возрастает с 17 до 18.2 ‰.

Слой водной массы от горизонта 20 м и до глубин более 70 м находится под влиянием Основного черноморского течения. Заметен характерный наклон изолиний температуры и солености. Изолинии 8 °С и 18,4 и 18.6 ‰ касаются линии дна на глубинах более чем на 10 м глубже, нежели на мористых станциях.

В районе пос. Дивноморское заметно влияние р. Мезыбь, которое прослеживается на протяжении всего разреза и выражается в охлаждении поверхностного горизонта на 2 °С (27 °С в мористой части и 25–26 °С в прибрежной) и распреснении: так, изогалина 18.2 ‰ расположена на глубине 25 м, поверхностный слой в прибрежной части полигона распреснен до 16.6 ‰, а на расстоянии 5 км от берега находится фронт солености, где значения возрастают до 17.4 ‰ (рис. 4.10).

Термохалинная структура вод Черного моря также испытывает влияние пресноводного стока в бухте Инал. На вертикальном разрезе солености, изображенном на рисунке 4.11, видно распреснение береговой зоны до значений 16.4 ‰, а линза более пресных вод залегает на горизонте 5–12 м и имеет соленость 16.6–16.8 ‰ в мористой части разреза, тогда как в приповерхностном горизонте соленость достигает отметки 17.2 ‰. Температурная стратификация водной массы устойчива, инверсий не наблюдается, на поверхности значения достигают 24 °С, у самого уреза – 23 °С. Сезонный слой скачка расположен на глубине 17–20 м. Глубже температура принимает значения 13–14 °С, соленость – 18 ‰.

**РИС. 4.9.**

Вертикальные разрезы температуры ($^{\circ}\text{C}$) (А) и солености (psu) (Б) в районе заповедника «Утриш»

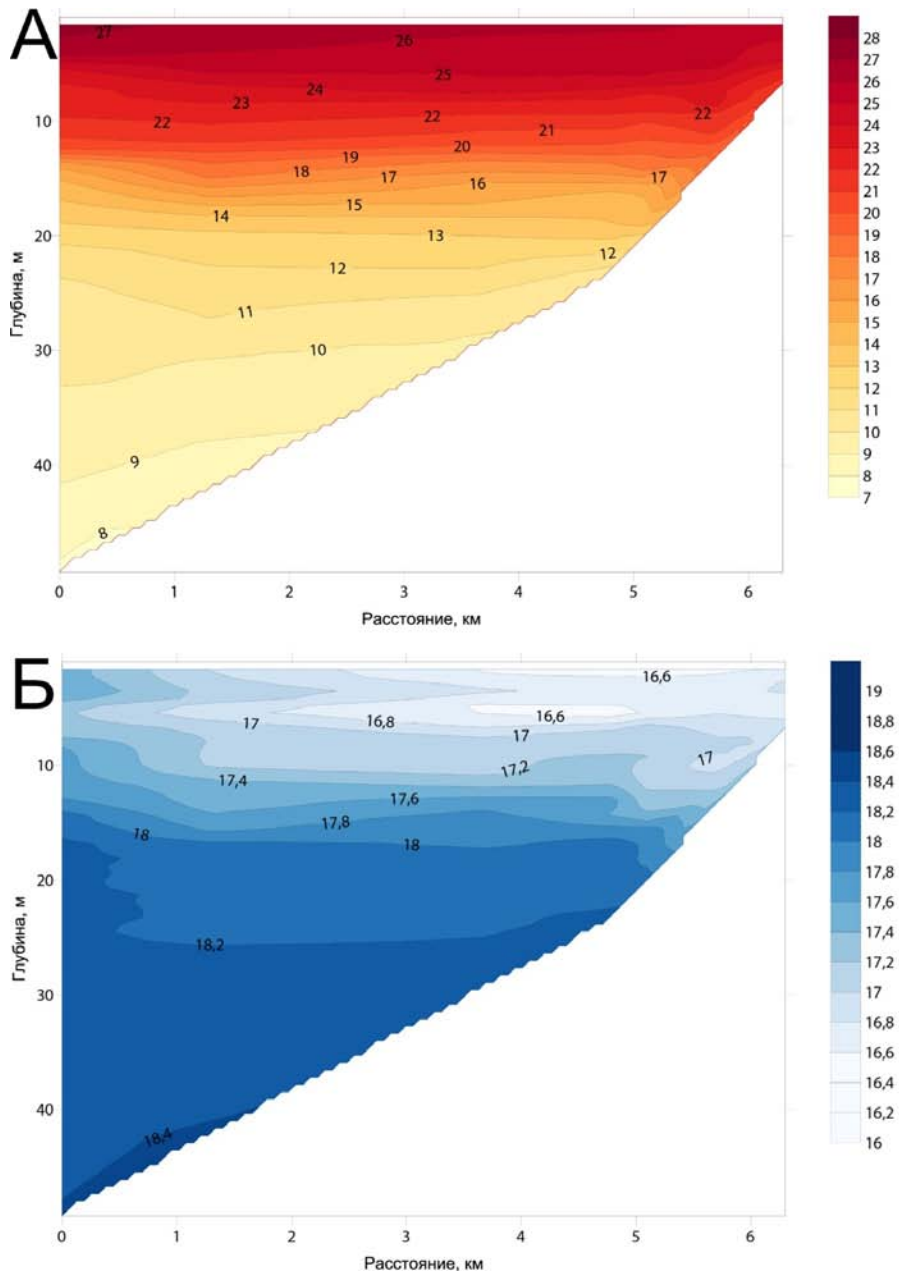
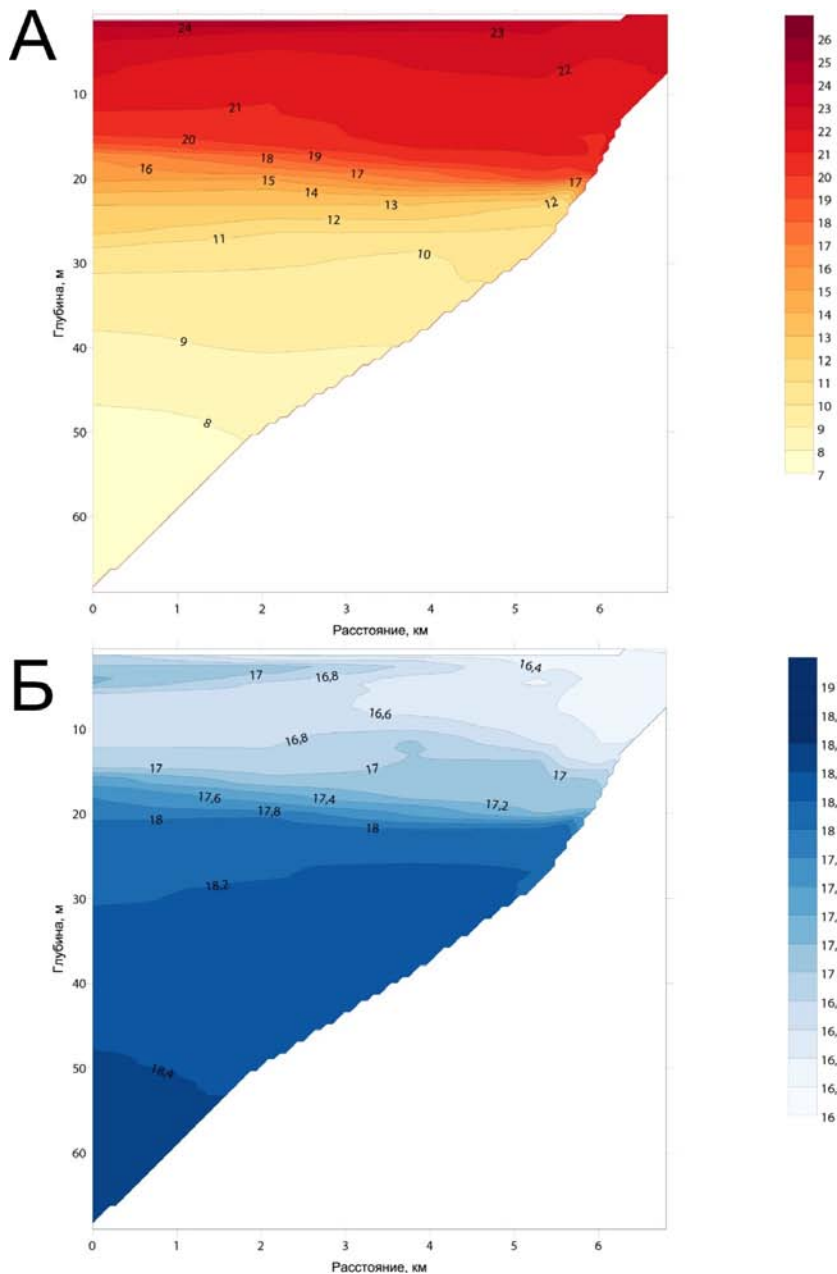


РИС. 4.10.

Вертикальные разрезы температуры (°C) (А) и солёности (psu) (Б) в районе пос. Дивноморское

**РИС. 4.11.**

Вертикальные разрезы температуры ($^{\circ}\text{C}$) (А) и солёности (psu) (Б) в районе бухты Инал

В районе пос. Шепси (самый южный разрез) (рис. 4.12) отмечается более слабое влияние пресного стока р. Шепси, речной сток не формирует фронтальную зону. Водная масса стратифицирована устойчиво по температуре и солености, наблюдается незначительная линза воды с соленостью более 16 ‰ в слое окружающих вод с соленостью 15.8 ‰. Значения температуры на поверхности достигли отметок 25 °С в прибрежной части разреза и 24 °С – в глубоководной. Равномерный на всем протяжении разреза слой скачка расположен на глубинах 10-15 м.

На рисунках 4.13-4.16 изображены вертикальные профили температуры, солености и плотности на разрезах в бухте Инал, у пос. Шепси, в заповеднике «Утриш» и пос. Дивноморское в начале, середине и в прибрежной части разрезов. В б. Инал и у пос. Дивноморское наиболее мелководные станции расположены в пределах верхнего квазигомогенного слоя водной массы Черного моря, суточный и сезонный слой скачка отсутствуют, градиенты термохалинных характеристик небольшие. На разрезе у пос. Шепси придонный горизонт захватил сезонный слой скачка, температура понижается с 22 до 18 °С, соленость растет с 16 до 17 ‰, а плотность – с 1010 до 1012 кг/м³ на глубине с 8 до 9 м. Наиболее мелководная станция на разрезе Утриш выполнялась на глубине около 20 м, поэтому на вертикальном профиле термохалинных характеристик присутствует сезонный слой скачка, верхняя граница которого залегает на горизонте около 12 м. Температура понижается с 23 до 13 °С, соленость растет с 17 до 18.5 ‰, плотность – с 1011 до 1013.5 кг/м³. На глубоководных станциях разрезов Инал и Шепси в приповерхностных слоях расположены линзы более соленых относительно выше и ниже расположенных вод. Вертикальные разрезы солености, изображенные на рисунках 4.13 и 4.14, позволяют предположить, что такие линзы являются следствием сложного взаимодействия поступающих с берега пресных речных и соленых морских вод вблизи устьев рек, расположенных на берегу у соответствующих разрезов.

Данные по температуре придонной воды в районе бух. Инал, полученные в ходе настоящего исследования, были использованы для анализа в работе, посвященной изучению роли абиотических факторов в вертикальном распределении макрозообентоса (Колючкина и др., 2018). Было показано, что температура придонной воды является основным фактором, определяющим смену видового состава макрозообентоса на глубинах 40-50 м.

Результаты исследования гранулометрического состава и ОВП донных осадков

Грунт на глубинах 10-30 м преимущественно представлял собой заиленный мелкий (0,1-0,25 мм) песок (рис. 4.17 А-В). На глубинах 40-70 м он состоял из ила с раковинами митилид, доминирующей фракцией донных осадков был пелит, за исключением пос. Дивноморское, где до 50 м доминировал алеврит (рис. 4.17 В). Уровень заиления (содержание алевропелита) достоверно возрастал с глубиной (коэффициент корреляции Спирмена $R=0.72$). Если на станциях 10-25 м общее содержание илистых фракций не

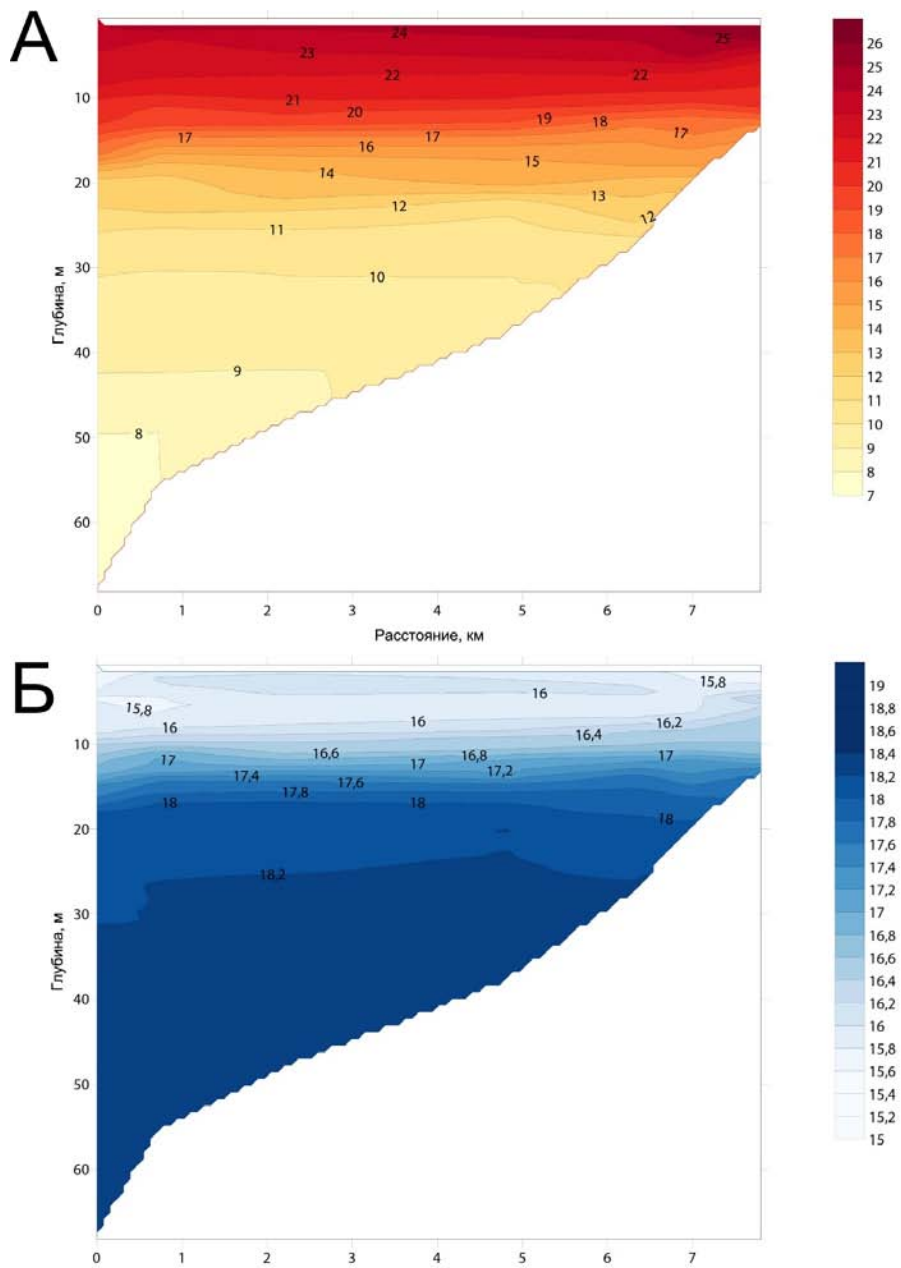


РИС. 4.12.

Вертикальные разрезы температуры ($^{\circ}\text{C}$) (А) и солености (psu) (Б) в районе пос. Шепси

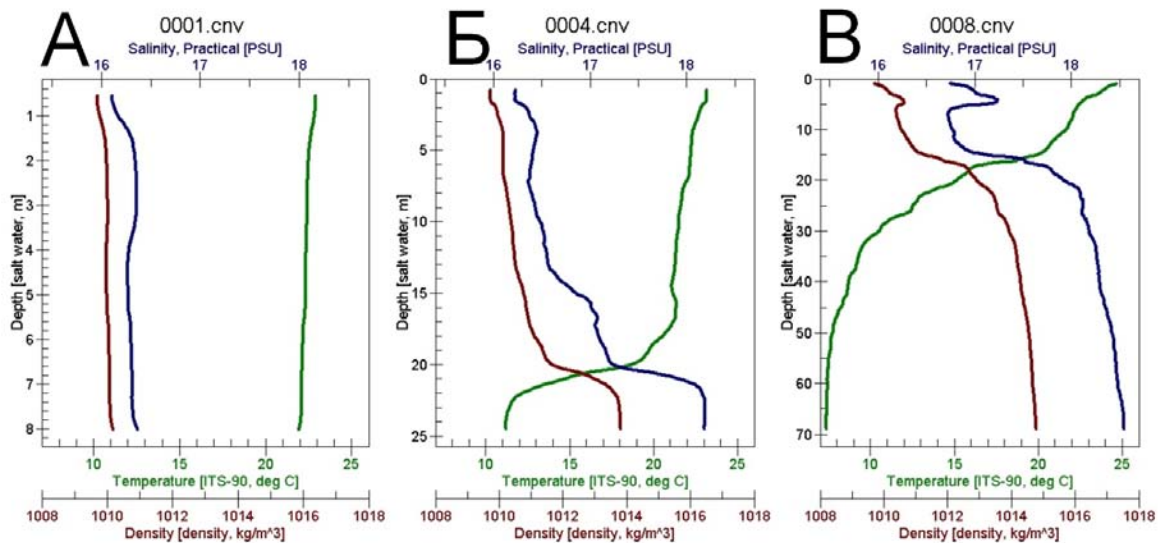


РИС. 4.13.

Вертикальные профили температуры, солёности и плотности на глубинах 8 м (А), 25 м (Б) и 70 м (В) на разрезе в районе бухты Инал

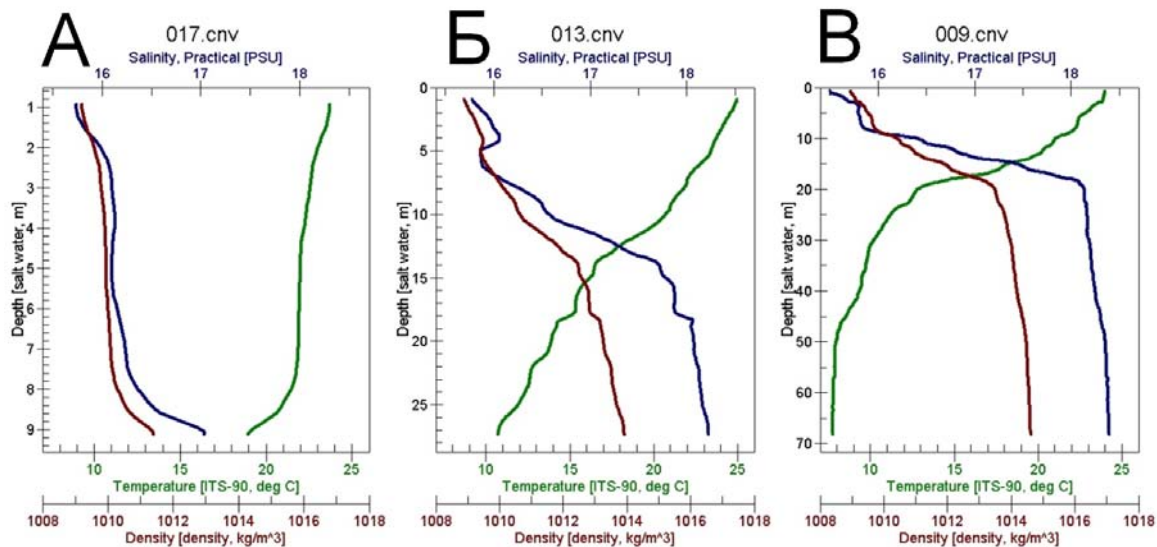


РИС. 4.14.

Вертикальные профили температуры, солёности и плотности на глубинах 9 м (А), 25 м (Б) и 70 м (В) на разрезе в районе пос. Шепси

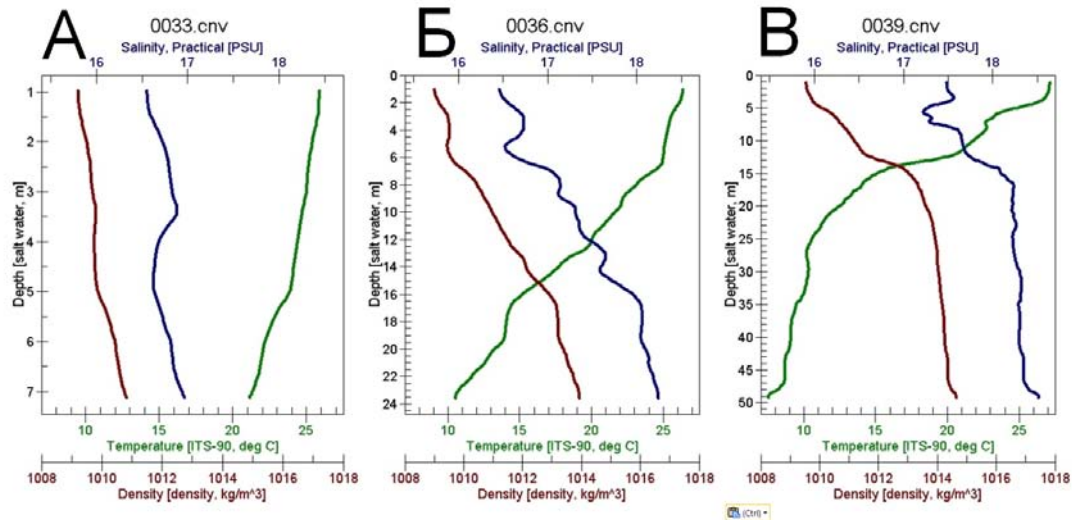


РИС. 4.15.

Вертикальные профили температуры, солёности и плотности на глубинах 7 м (А), 24 м (Б) и 50 м (В) на разрезе в районе пос. Дивноморское

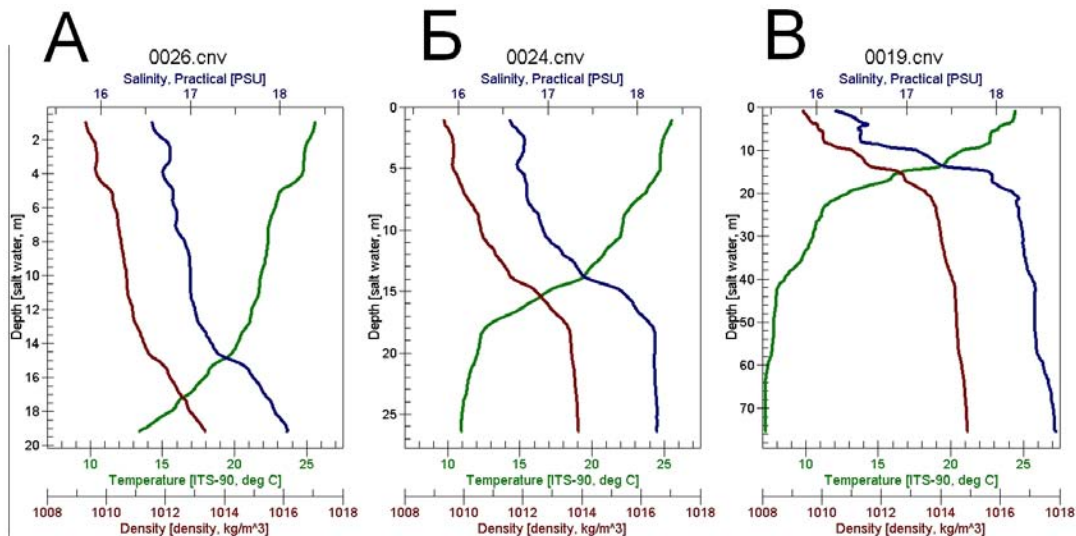


РИС. 4.16.

Вертикальные профили температуры, солёности и плотности на глубинах 20 м (А), 25 м (Б) и 70 м (В) на разрезе в районе заповедника «Утриш»

превышало 60%, из них пелитовых – 20%, то на станциях 40-70 м содержание ила было более 90%, из них пелита 15-86% (в зависимости от района исследования). В районе пос. Дивноморское на глубинах 30-50 м доминировали алевритовые илы, а в Шепси и Инале – пелитовые. В районе пос. Дивноморское содержание ракуши не превышало 5%, в Инале и Шепси – достигало 30% и не зависело от глубины исследования.

Таким образом, принципиальная смена типа осадка происходила на глубине 30-40 м с заиленного песка на мелководье на заиленную ракушь на глубинных станциях. Такая ситуация, по всей видимости, является типичной для современного состояния грунтов северо-восточного побережья Кавказа, поскольку в широкомасштабной съемке начала 2000-х гг. (Джубга-Сочи) было отмечено, что «в составе донных отложений до глубины 20-25 м преобладают пески с включениями целой и битой ракуши» (Федоров и др., 2009, с. 136).

Настоящие результаты расходятся с полученными для бух. Инал тремя годами ранее. Так, в 2014 г. на 20-30 м (Колючкина и др., 2017б) суммарное содержание илистых фракций достигало 70%. Возможно, это было связано с локальным заилением донных осадков в 2014 г., когда пробы были собраны после сильного шторма (Колючкина и др., 2017б). В районе пос. Дивноморское как по данным 2001 г. (Чикина, 2009), так и по данным 2014 г. (Колючкина и др., 2017б), так и в настоящем исследовании повышенное содержание ила отмечалось уже для глубин 25 м. Однако, если в 2014 г. в составе ила преобладал пелит, то в 2017 г. в составе илистых отложений преобладала алевритовая фракция, что является характерным для донных осадков этих глубин Черного моря (Барковская, 1961; Федоров и др., 2009). Таким образом, можно предположить, что заиление песков пелитов в разных районах побережья в 2014 г. было связано именно со штормовой погодой. В районе Шепси соотношение гранулометрических фракций в 2014 и 2017 гг. было сходным.

ОВП поровой воды донных осадков на всех станциях был положительным. В поверхностном и верхнем сантиметровом слое осадков на глубинах 10-70 м на трех разрезах (Инал, Дивноморское, Шепси) не наблюдалось достоверных различий (уровень достоверности $p=0.569-0.651$, рис. 4.17 Г-Е). Здесь значения ОВП составляли 250-450 мВ. В нижнем 5-сантиметровом слое осадка ОВП достоверно отличался для станций разных глубин (уровень достоверности $p=0.016$), но был сходным в разных районах исследования, что свидетельствует о сравнительно однообразном распределении ОВП в донных осадках в удаленных друг от друга районах побережья. Во всех исследованных районах на глубинах 30 м и более были зарегистрированы значения ОВП менее 100 мВ в нижнем 5-сантиметровом слое и более 250 мВ в верхнем сантиметровом слое осадка. Такого скачка практически не отмечалось на станциях глубин 10-25 м. Наличие скачка между поверхностным слоем и более глубокими свидетельствует о более низком содержании кислорода в этих слоях (Розанов, 1988). Кроме того, значения ОВП в глубоком слое осадка показали отрицательную корреляцию с содержанием в грунте илистых фракций независимо от их размерной структуры (коэффициент корреляции Спирмена $R=-0.71$).

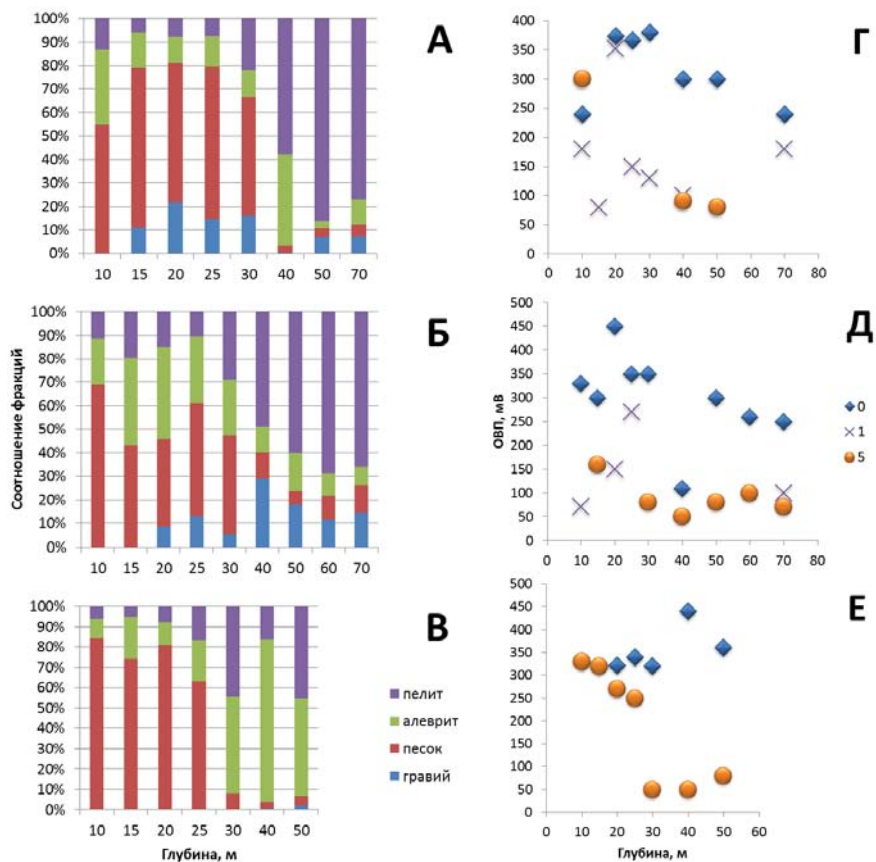


РИС. 4.17.

Гранулометрический состав (А-В) и окислительно-восстановительный потенциал поровой воды донных осадков (Г-Е) в районе бух. Инал (А,Г), пос. Шепси (Б,Д) и пос. Дивноморское (В,Е) летом 2017 г.

Характер донных осадков является одним из факторов, определяющих состав населяющей их фауны. Так, отличия в структуре сообществ глубин 10-15 и 20-30 м на северо-восточном побережье Черного моря определялись преимущественно соотношением илистых и песчаных фракций грунта (Колючкина и др., 2018). Здесь на глубинах 10-15 м и 20-30 м была отмечена разница не в составе видов, а в структуре доминирования внутри единого комплекса видов в пределах семейства Veneridae (Bivalvia) как в ходе настоящей работы, так и по данным прошлых лет (Колючкина и др., 2018). Так, на глубинах 10-15 м доминировал псаммофил *Chamelea gallina*. На глубинах 20-30 м доминантами являлись *Pitar rudis*, считающийся пелофильным видом, и *Gouldia minima* – сравнительно индифферентный к заилению моллюск (Мордухай-Болтовской, 1968-1972).

Однако в литературе отсутствуют данные, касающиеся причин различий отношения этих видов к уровню заиления грунта. Предположительно они связаны с отношением к содержанию кислорода в придонной и поровой воде – среде обитания этих зарывающихся видов, – которое при повышенном содержании ила и органического вещества может снижаться. В пользу этой гипотезы свидетельствует наличие скачка ОВП в донных осадках глубин 30 м, отмеченное в настоящей и предыдущих работах (Колючкина и др., 2017б). Однако, поскольку прямых измерений содержания кислорода в поровых водах и отношения вышеуказанных видов к нему не проводилось, данная гипотеза пока остается непроверенной. Кроме того, в определении степени пелофильности вида могут играть роль и особенности фильтрующего аппарата моллюсков, которые могут отличаться у этих видов. Настоящие предположения требуют дальнейших экспериментальных исследований.

В целом в настоящем исследовании не было отмечено повышенного заиления донных осадков глубин 20–30 м по сравнению с более мелководными станциями. Возможно, это свидетельствует о снижении заиления грунтов на исследуемых разрезах. Сходство вертикальной структуры ОВП в грунте в обоих диапазонах глубин указывает на сходный уровень содержания органического вещества в донных осадках этих глубин.

Результаты исследования «пояса ильной мидии» на глубине 30–50 м (по траловым данным)

В траловых сборах при визуальном осмотре были отмечены Hydrozoa, Actiniaria, Oligochaeta, Nemertini, Crustacea (Anisopoda, Cumacea, Amphipoda), Mollusca (Gastropoda, Bivalvia), Tunicata, Decapoda, а также полихеты сем. Serpulidae (*Spirobranchus triqueter*).

Доминирующей группой по биомассе были Tunicata и Bivalvia. На глубинах 30 м доминирующими видами моллюсков были *Pitar rudis* и *Gouldia minima*, а на 40–50 м – *Parvicardium simile*. Обычный доминант пояса ильной мидии – *Mytilus galloprovincialis*, отмечавшийся в сборах XX в., был представлен ювенильными особями. Наибольшее число мидий было отмечено в районе пос. Дивноморское на глубине 40 м (табл. 4.1).

Результаты исследований распространения нового вида-вселенца красной водоросли *Bonnemaisonia hamifera*

Как и ранее только талломы тетраспорофитной стадии развития *B. hamifera* были обнаружены во всех сборах (рис. 4.18). На глубинах более 7 м эта багрянка образует невысокий ковер с покрытием до 100% чаще всего красно-бурого цвета высотой 1–2 см. Таллом этой багрянки легко фрагментируется и может расти неприкрепленно, что способствует быстрому распространению. Осенью (к декабрю) образуются тетраспорангии с темноокрашенными тетраспорами (возможно аутоспорами).

В июле 2016 г. тетраспорофиты *B. hamifera* были обнаружены в массе у берегов Северокавказского побережья в районе ЮО ИО РАН (Голубая бухта), на акватории заповед-

| Таблица 4.1. Виды макрозообентоса, обнаруженные в трале | | | | | | | |
|---|----------------|----------------------|------|------|------|-------|------|
| Вид | Район, глубина | Дивноморское 40 м | Инал | | | Шепси | |
| | | | 30 м | 40 м | 50 м | 30 м | 50 м |
| Actinaria | | | | | | | |
| <i>Actinothoe clavata</i> | | + | | | | | |
| Polychaeta | | | | | | | |
| <i>Spirobranchus triqueter</i> | | + | | | | | + |
| Gastropoda | | | | | | | |
| <i>Clathrus annulatus</i> | | + | | | | | |
| <i>Calyptraea chinensis</i> | | + | + | + | + | + | + |
| <i>Cyclope neritea</i> | | + | | | | + | |
| <i>Rapana venosa</i> | | + | ++ | + | | | + |
| <i>Trophonopsis breviatus</i> | | + | | + | + | | |
| <i>Tritia reticulata</i> | | + | | + | | + | |
| Bivalvia | | | | | | | |
| <i>Acanthocardia paucicostata</i> | | + | | + | | | |
| <i>Abra alba</i> | | + | | | + | | |
| <i>Parvicardium simile</i> | | ++ | | ++ | + | | ++ |
| <i>Chamelea gallina</i> | | | + | | | + | |
| <i>Anadara kagoshimensis</i> | | + | + | + | | + | |
| <i>Gouldia minima</i> | | + | + | + | | ++ | |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | | + | + | + | | | + |
| <i>Mytilaster lineatus</i> | | | + | | | | |
| <i>Modiolula phaseolina</i> | | + | | + | + | | |
| <i>Pitar rudis</i> | | + | ++ | + | | ++ | |
| <i>Spisula subtruncata</i> | | + | + | + | | | |
| Crustacea | | | | | | | |
| <i>Diogenes pugilator</i> | | | + | + | | | |
| <i>Balanus improvisus</i> | | + | + | | | + | |
| Echinodermata | | | | | | | |
| <i>Amphiura stepanovi</i> | | | | | + | | |
| <i>Stereoderma kirchsbergi</i> | | + | | | | | |
| Tunicata | | | | | | | |
| <i>Molgula euprocta</i> | | | + | | | + | |
| <i>Asciidiella aspersa</i> | | + | | + | | | |
| <i>Eugyra adriatica</i> | | + | | | | | |

+ - вид отмечен, ++ - вид доминирует

ника «Утриш», в Геленджикской бухте, в Керченском проливе. В Таманском заливе и в бухте Инал в июле-декабре 2016 г. этот вид обнаружен не был.

В апреле 2017 г. прикрепленные и некрепленные талломы встречались в Голубой бухте как в выбросах, так и во время тралений на глубине от 10 до 30 м в некрепленном виде и в обрастаниях крупной ракуши. В июле 2017 г. талломы *B. hamifera* присутствовали в выбросах в Голубой бухте, в тралях в бухте Инал (30-40 м), в тралях на акватории заповедника «Утриш» (30-40 м), в районе пос. Джанхот (рис. 4.19). В конце июля обследование биотопа скал заповедника «Утриш» и прилегающих акваторий показало, что талломы тетраспорифитной стадии *B. hamifera* встречаются в диапазоне глубин от 0.5 м до границы скал (20 м и более). В мелководной части – преимущественно в качестве эпифита на различных видах водорослей, а глубже 8 м – как эпифит и эпилит. При этом проективное покрытие дна талломами этого вида может достигать 100%. В Керченском проливе в 2017 г. *B. hamifera* не встречен. В Таманском заливе и на побережье Азовского моря (Ясенская коса, Кучугуры) обнаружить его пока не удалось.

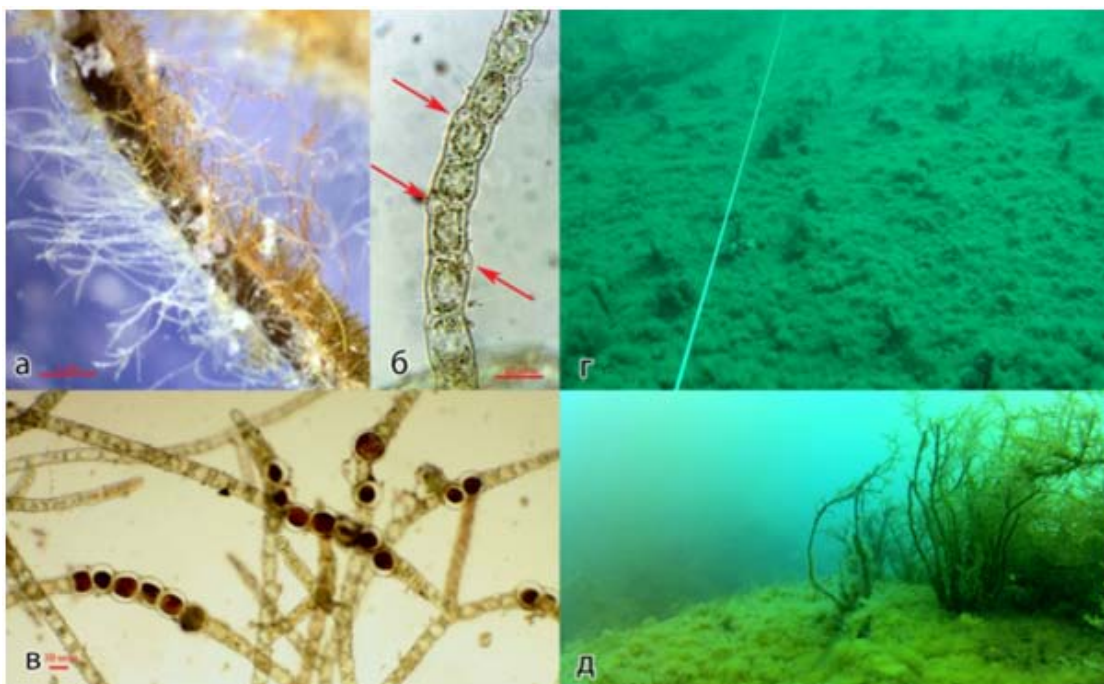


РИС. 4.18.

Тетраспорофитная стадия *Bonnemaisonia hamifera* Черного моря: а – внешний вид в обрастании *Cladostephus spongiosus*; б – однорядная нить с бесцветными железистыми клетками (указаны стрелками); в – таллом с тетраспорангиями, заполненными тетраспорами; г, д – участки дна, покрытые *B. hamifera* 13-15 м глубины

Состав видов нативной флоры макрофитов Черного моря, на которых были достоверно обнаружены талломы *B. hamifera* в разных районах за весь период исследований, представлен в работе (Симакова, Смирнов, 2017). В основном это доминанты основных горизонтов литорали. И если мелководная часть фитаги до глубин 5-8 м почти не занята вселенцем, то глубже его талломы формируют почти непрерывный покров с высоким покрытием, увеличивающимся с глубиной (рис. 4.18 г, д).



РИС. 4.19.

Распространение нового вида-вселенца красной водоросли *Bonnemaisonia hamifera* в Азово-Черноморском регионе по данным исследований ИО РАН 2016-2017 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ГЛАВЕ 4

1. Барковская М.Г. Закономерности распределения донных осадков на шельфе советских берегов Черного моря // Труды Инст. океанол. АН СССР. 1961. Т. 53. С. 123-148.
2. Виноградов М.Е., Сапожников В.В., Шушкина Э.А. Экосистема Черного моря. Ред. М.Е. Виноградов. М.: Наука, 1992. III с.
3. Зацепин А.Г., Голенко Н.Н., Корж А.О., Кременецкий В.В., Пака В.Т. и др. Влияние динамики течений на гидрофизическую структуру вод и вертикальный обмен в деятельном слое Черного моря // Океанология. 2007. Т. 47. № 3. С. 327-339.
4. Зенкевич Л.А. Моря СССР их фауна и флора. М.: Учпедгиз, 1956. 424 с.
5. Зернов С.А. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Зап. Имп. Акад. Наук, 1913. Т. 32(1). С. 99.
6. Золотарев П.Н., Терентьев А.С. Изменения в сообществах макробентоса Гудаутской устричной банки // Океанология. 2012. Т. 52. № 2. С. 251-257.
7. Киселева М.И., Славина О.Я. Количественное распределение макробентоса у побережья Кавказа. В сб. Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. Киев: Наукова думка, 1966. С. 55-74.
8. Киселева М.И., Славина О.Я. Распределение бентоса у побережья Кавказа в районе Туапсе-Шепси // Биология моря. 1972. Вып. 26. С. 125-133.
9. Киселева М.И. Бентос рыхлых грунтов Черного моря. Киев: Наукова думка, 1981. 168 с.
10. Киселева М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа. В сб. Многолетние изменения зообентоса Черного моря. Киев: Наукова думка, 1992. С. 88-94.
11. Киселева М.И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. Апатиты: Кольский научн. центр., 2004. 409 с.
12. Кныш В.В., Коротаев Г.К., Моисеенко В.А., Кубряков А.И., Белокопытов В.Н., Инюшина Н.В. Сезонная и межгодовая изменчивость гидрофизических полей Черного моря, восстановленных на основе реанализа за период 1971-1993 гг. // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 3. С. 433-446.
13. Колючкина Г.А., Чикина М.В., Бирюкова С.В., Булышева Н.И., Басин А.Б., Любимов И.В., Коваленко Е.П. Долговременные изменения популяции двустворчатого моллюска-вселенца *Anadara kagoshimensis* на северо-восточном побережье Черного моря // ВНИРО. 2018. Т. 171. С. 7-25.
14. Колючкина Г.А., Чикина М.В., Басин А.Б., Прохорова Т.Д., Любимов И.В. Таксоцен *Bivalvia* северо-восточного побережья Черного моря: результаты 16-летнего мониторинга // Труды VI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2017): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». 2017а. С. 410-413.

15. Колючкина Г.А., Семин В.Л., Басин А.Б., Кузнецова А.В., Григоренко К.С., Любимов И.В., Симакова У.В. Современное состояние макрозообентоса рыхлых грунтов заповедника «Утриш» // Наземные и прилегающие морские экосистемы полуострова Абрау: структура, биоразнообразие и охрана. Научные труды. 2017б. Том 4. С. 228-240.
16. Кучерук Н.В., Флинт М.В., Максимова О.В., Чикина М.В., Симакова У. В. Современная динамика бентосных сообществ северо-восточного шельфа Черного моря // Котляков В.М., Люри Д.И. (отв. ред.) Изменение природной среды России в XX веке. М.: Изд. Молнет, 2012. С. 274-288.
17. Кучерук Н.В., Басин А.Б., Котов А.В., Чикина М.В. Макрозообентос рыхлых грунтов северокавказского побережья Черного моря: многолетняя динамика сообществ. Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 289-298.
18. Максимова О.В., Лучина Н.П. Современное состояние макрофитобентоса у побережья Северного Кавказа: реакция фитали на эвтрофикацию Черноморского бассейна // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 297-308.
19. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Киев: Наукова думка, 1968-1972. 3 Т.
20. Набоженко М.В. Современное распределение двустворчатых моллюсков (Mollusca: Bivalvia) северо-восточной части Черного моря // Наука Юга России. 2011. Т. 7(3). С. 79-86.
21. Розанов А.Г. Окислительно-восстановительные процессы в морских осадках и методы их исследования. В сб. Химический анализ морских осадков. М.: Наука, 1988. С. 5-44.
22. Сверлова Н.В., Сон М.О. Моллюски-интродуценты и их место в городских малакценозах // Фауна, экология и внутривидовая изменчивость наземных моллюсков. Львов.: Государственный природоведческий музей, 2006. С. 42-59.
23. Селифонова Ж.П., Часовников В.К. Экологическое состояние зообентоса прикавказской зоны Черного моря (район Джубга – Хоста) // Системы контроля окружающей среды. 2017. Вып. 10(30). С. 109-118.
24. Симакова У.В., Смирнов И.А. Распространение и экология инвазивного вида *Vonnamaisonia hamifera* Harlot в Черном море // Труды VI Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2017): [сборник]. Тверь: изд. ООО «ПолиПРЕСС», 2017. С. 419-422.
25. Старк И.Н. Сырьевая база и распределение устриц на Гудаутской банке // Труды АзЧерНИРО. 1950. Т. 14. С. 247-261.
26. Федоров А.С., Миронюк С.Г., Шельтинг С.К. Рельеф и проявления современных литодинамических процессов по трассе морского газопровода «Джубга-Лазаревское-Сочи» // Труды Международной конференции в честь столетия со дня рождения

- профессора Владимира Витальевича Лонгинова «Литодинамика донной контактной зоны океана». М. 14-17 сентября 2009 г. С. 135-137.
27. Чикина М.В. Макрозообентос рыхлых грунтов Северо-Кавказского побережья Черного моря: пространственная структура и многолетняя динамика. Дисс. канд. биол. наук. М. 2009. 117 с.
 28. Чухчин В.Д. Рапана (*Rapana bezoar* L.) на Гудаутской устричной банке // Тр. Севастоп. Биол. Станции. 1961. Т. 14. С. 178-187.
 29. Шадрин Н. В. Дальние вселенцы в Черном и Азовском морях: экологические взрывы, их причины, последствия, прогноз // Экология моря. 2000. Вып. 51. С. 72-78.
 30. Abdi H. Holm's sequential Bonferroni procedure // Encyclopedia of research design. 2010. V. 1(8). P. 1-8.
 31. Bellan-Santini D., Diviacco G., Krapp-Schickel G., Ruffo S. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 2. Gammaridea (Haustoriidae to Lysianassidae) // Mémoires de l'Institut océanographique, Monaco, 13. / Ed. Ruffo S. Institut Océanographique: Monaco. Multiprint Monaco. 1989. 576 p.
 32. Bellan-Santini D., Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer M., Myers A., Ruffo S., Schiecke U. The Amphipoda of the Mediterranean. Part 1: Gammaridae (Acanthonotozomatidae to Gammaridae) // Memories de l'Institut Oceanographique. №13. Ed. Ruffo S. Institut Océanographique: Monaco. Multiprint Monaco. 1982. 364 p.
 33. Bologa A.S., Bodeanu N., Petran A., Tiganus V., Zaitsev Y.P. Major modifications of the Black Sea benthic and planktonic biota in the last three decades. // Bulletin de l'Institut Océanographique. 1995. V. 1. P. 85-110.
 34. Boudouresque C.F., Verlaque M. Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes // Marine pollution bulletin. 2002. V. 44. №. 1. P. 32-38.
 35. Chikina M.V., Kolyuchkina G.A., Prohorova T.D. The Role of the Invasive Bivalve *Anadara kagoshimensis* in Contemporary State of the Northeastern Black Sea Coastal Biocenosis // Abstracts Volume from 49th European Marine Biology Symposium, September 8-12, 2014 St. Petersburg, Russia, p. 66-67.
 36. Clarke K.R., Gorley R.N. PRIMER v6: User Manual // Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 2006. 192 pp.
 37. Clarke K.R., Warwick R.M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation // 2nd edition. PRIMER-E. Plymouth. 2001. 172 pp.
 38. De Villèle X., Verlaque M. Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the north western Mediterranean // Botanica Marina. 1995. V. 38. №. 1-6. P. 79-88.
 39. Dumitrache C., Abaza V. The present state of benthic communities in the Romanian coastal waters // Recherches Marines. INCDM. Constanta. 2004. V. 35. P. 61-75.

40. *Gomoiu M.T., Petran A.* Dynamics of settlement of bivalve *Mya arenaria* on the Romanian shore of the Black Sea // Cercetari mairne -Recherches marines, IRCM-Constanta. 1973. V. 5/6. P.263-289.
41. *Grintsov V., Sezgin M.* Manual for identification of Amphipoda from the Black Sea // Digit print. 2011. 151 p.
42. *Maximova O.V., Moruchkova N.A.* Long-term anthropogenic transformation and contemporary state of the North Caucasian macrophytobenthos (Black Sea) // Oceanology. 2005. V. 45. № SUPPL. 1.
43. *Pearson T.H., Rosenberg R.* Feast and famine: structuring factors in marine benthic communities // Organization of Communities: Past and Present. J. H. R.Gee & P. S. Giller (Eds.). Blackwell Science. Oxford. 1987. P.373-95.
44. *Piazzzi L., Balata D.* Invasion of alien macroalgae in different Mediterranean habitats // Biological Invasions. 2009. V. 11. №. 2. P. 193-204.
45. *Zaika V. E.* Spatial structure of the Black Sea benthic communities: influence of pelagic processes /Ivanov LI, Ogus T.(eds.) // Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea. 1998. V. 1. P. 293-299.
46. *Zaitsev Yu., Ozturk B.* Exotic species in the Aegean, Marmara, Black, Azov and Caspian seas. Published by Turkish Marine Research foundation. Istanbul. Turkey. 2001. 267 pp.