

УДК 574.587/504.054

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА УЛЬТРАМЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2016 г. В. А. Спиридонов, Г. А. Колочкина, Н. А. Беляев, А. Б. Басин, В. В. Козловский

*Институт океанологии им. П.П. Ширинова РАН, Москва*

*e-mail: vspiridonov@ocean.ru, galka.sio@gmail.com, ioran@mail.ru, vladkst@gmail.com*

Поступила в редакцию 02.03.2015 г.

После доработки 31.03.2015 г.

В 2008–2009 гг. исследовано распределение сообществ макрозообентоса в обширной ультрамелководной северо-западной части Таманского залива Азовского моря (глубины 0–1.2 м), отделенной от Керченского пролива косой Чушка. Отмечено 52 вида донных беспозвоночных. Число видов и показатели разнообразия Шеннона и Пиелу увеличивались от основания к оконечности косы Чушка. Основными доминантами донных сообществ были обычные представители фауны лагун и эстуариев Средиземноморского бассейна и открытой части Азовского моря: моллюски *Abra segmentum* и *Hydrobia acuta* и многощетинковые черви *Heteromastus filiformis* и *Hediste diversicolor* (последний только летом). Изменения в структуре донных сообществ между ранней весной и летом 2008 г. в значительной степени определялись сезонной динамикой популяций доминирующих видов, сходной с динамикой этих же видов в ряде других переходных водоемов Средиземноморского бассейна. Эти изменения свидетельствуют скорее в пользу обычного протекания сезонных процессов в сообществах макробентоса ультрамелководной зоны в 2008 г., нежели проявления последствий катастрофического разлива мазута в Керченском проливе в ноябре 2007 г.

DOI: 10.7868/S0030157416020209

### ВВЕДЕНИЕ

Мелководные водоемы, находящиеся под значительным влиянием суши (лиманы, лагуны, дельты) являются характерным элементом береговой зоны Средиземноморского бассейна, включая Черное и Азовское моря [25, 32, 40, 45]. Эти водоемы часто являются высокопродуктивными областями с хорошо развитой донной растительностью, обеспечивающей как места размножения и нагульные области для рыб, так и участки концентрации перелетных птиц [4, 45]. Макрозообентос таких водоемов изучали, прежде всего, в так называемых переходных водах, которые, по определению Европейской Водной рамочной директивы [33: статья 2.6], являются “водоемами, расположенными вблизи устьев рек, частично осолоненными, но испытывающими воздействие пресного стока”. Решающим фактором, определяющим характеристики разнообразия и пространственную изменчивость донных сообществ переходных вод, являются пространственные градиенты физических факторов, в частности солености [40, 42, 45]. Примеров исследований макробентоса исключительно мелководных заливов, которые обособлены от прибрежных вод открытых побережий, но характеризуются

незначительным пресным стоком, известно немного [25, 32].

Таманский залив Азовского моря лишен источника постоянного пресного стока, и примыкает с востока к Керченскому проливу, будучи отграничен от него двумя косами — Чушкой и Тузлой. При сравнительно большой площади (349 км<sup>2</sup>) [18] залив чрезвычайно мелководен. Глубины в центральной части не превышают шести метров, а в северной и в Динском заливе (которые мы для целей настоящего исследования обозначаем как ультрамелководную зону) — полтора метров. Гидрологический режим залива определяется водообменом с Керченским проливом [19]. Соленость зависит также от интенсивности осадков и испарения и изменяется от 13 до 19‰ [7]. В заливе преобладают рыхлые грунты, в основном заиленные пески и ракушка [8, 10, 18]. Ультрамелководная зона залива представляет собой водно-болотные угодья мирового значения [4, 21]. Здесь в обширных зарослях тростника, примыкающих к восточной стороне косы Чушка [9; наши данные], отмечается ежегодное концентрирование околководных птиц на кочевках и зимовках [4, 21].

Ультрамелководная зона залива исследована слабо. Для нее известна только одна работа по

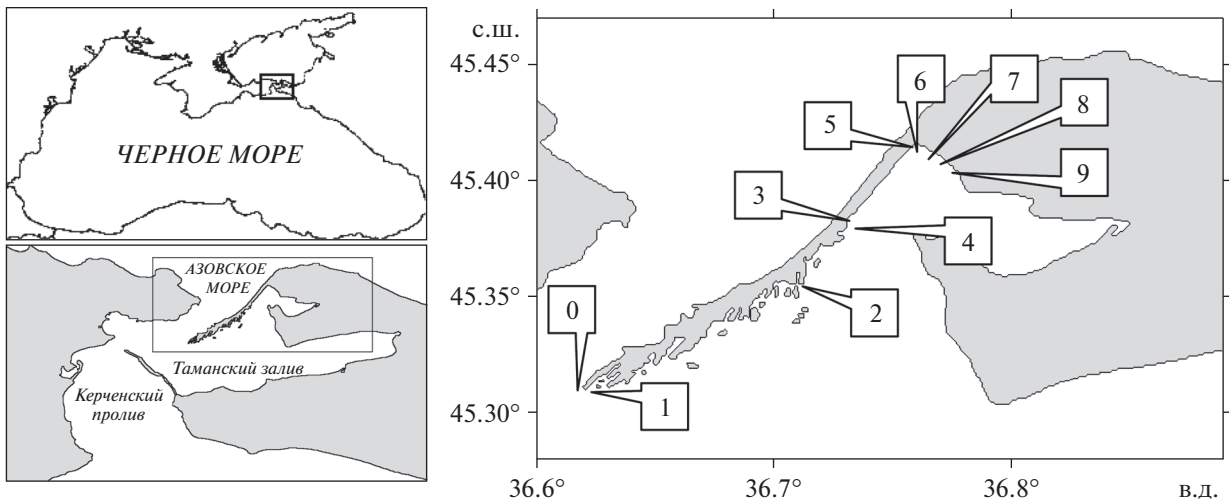


Рис. 1. Схема района работ и отбора проб. 0–9 – номера станций.

макрозообентосу, в которой приведены описания донных сообществ на материале 8-ми станций разных лет [8]. Важность изучения этого района обусловлена возрастающим антропогенным прессом. Расположенный на косе Чушка Порт-Кавказ и населенные пункты по берегам Таманского залива являются источником постоянного загрязнения [37]. А произошедший 11 ноября 2007 г. катастрофический разлив мазута в результате кораблекрушения танкера “Волгонепфть 139” оказал значительное видимое воздействие на побережье Керченского пролива и Таманского залива [16, 21], а также на ряд компонентов экосистемы, в частности мидий [37] и водных птиц [21]. Эта экологическая катастрофа стимулировала гидробиологические исследования в Таманском заливе и Керченском проливе [11, 16, 22, 38] и привела к постановке (хотя и запоздалой) задач понимания специфики функционирования экосистемы и мониторинга прибрежной зоны.

Задачами настоящего исследования являются выделение сообществ макрозообентоса в прибрежной ультрамелководной зоне Таманского и Динского заливов и описание их пространственной изменчивости и сезонных аспектов. Поскольку работы выполнялись в период от 3.5 месяцев до полутора лет после разлива мазута, мы также кратко обсуждаем проблему углеводородного загрязнения осадков и его возможного влияния на донные сообщества.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поздней зимой—ранней весной 2008 г. (26 февраля—07 марта) было заложено два разреза вдоль косы Чушка (станции 1–5) и вдоль северного берега Динского залива (станции 6–9, рис. 1). На разрезе вдоль косы Чушка станции были сгруп-

пированы в четыре группы: основание косы (станции 5, 6), первая треть косы (станции 3, 4), середина косы (ст. 2), оконечность косы (ст. 1). Кроме того, были отобраны пробы на оконечности косы со стороны Керченского пролива на ст. 0. Для изучения сезонных изменений в донных сообществах и отдаленных последствий разлива мазута летом 2008 г. (17–29 июля) был проведен повторный отбор проб по координатам и ориентирам весенней съемки (повтор станций 0, 1, 2, 5). Кроме того, в основании косы Чушка (ст. 5) был проведен повторный отбор проб 03 июля 2009 г. (табл. 1). На каждой станции отбирали пробу осадков для гранулометрического анализа, определения содержания органического вещества и углеводов [37], температуру воды и соленость измеряли с помощью портативных термометра и кондуктометра.

**Количественные пробы макрозообентоса** отбирали при заходе в воду, с помощью ручных пробоотборников площадью 0.0095 м<sup>2</sup> (станции 0–5) в 5-ти повторностях, а также ручным дночерпателем Экмана-Берджи с площадью пробоотбора 0.025 м<sup>2</sup> (станции 6–9) в 3-х повторностях на каждой станции (на глубинах 1 м и более с использованием легководолазного снаряжения). Пробы были зафиксированы раствором формалина в морской воде до конечной концентрации 4% в пробе (табл. 1).

**Статистическая обработка данных.** Анализ распространения видов макробентоса вдоль разрезов проводили с использованием алгоритма серииции [28], реализованном в программном пакете PaSt [34]. Оценка видового богатства фауны была выполнена при помощи анализа кумулятивной кривой накопленных значений обилия видов, а также расчета ожидаемого полного числа видов

Таблица 1. Станции, выполненные в северо-западной части Таманского залива и в районе косы Чушка в 2008 г.

| Станция | Число проб | Дата     | °с.ш.    | °в.д.    | Гл., м | А., % | С орг., % | НУ, мг/кг | НУ/С орг., % | S  | ES <sub>1000</sub> | N, экз/м <sup>2</sup> | B, г/м <sup>2</sup> | H'   | J'   |
|---------|------------|----------|----------|----------|--------|-------|-----------|-----------|--------------|----|--------------------|-----------------------|---------------------|------|------|
| 0       | 5          | 07.03.08 | 36.6215  | 45.3059  | 0.5    | 32.42 | 0.15      | 311       | 20.7         | 31 | 25                 | 34237                 | 265.0               | 1.77 | 0.51 |
| 0 (л)   | 5          | 21.07.08 | 36.61992 | 45.30673 | 0.7    | 66.06 | —         | 317       | —            | 23 | 23                 | 2400                  | 58.6                | 2.44 | 0.78 |
| 1       | 5          | 07.03.08 | 36.62391 | 45.30501 | 0.5    | 82.11 | 1.55      | 729       | 4.7          | 17 | 16                 | 11581                 | 253.3               | 1.79 | 0.63 |
| 1 (л)   | 5          | 21.07.08 | 36.62302 | 45.30495 | 0.7    | 66.97 | 5.01      | 1564      | 3.1          | 16 | 16                 | 6254                  | 90.8                | 2.11 | 0.76 |
| 2       | 3          | 01.03.08 | 36.72453 | 45.35838 | 0.5    | 20.03 | 0.62      | 159       | 2.6          | 13 | 13                 | 15090                 | 56.5                | 1.14 | 0.44 |
| 2 (л)   | 3          | 21.07.08 | 36.72443 | 45.3584  | 0.4    | 31.99 | 0.07      | 90        | 12.9         | 15 | 15                 | 14213                 | 33.8                | 1.48 | 0.55 |
| 3       | 5          | 06.03.08 | 36.73851 | 45.38565 | 0.5    | 26.76 | 0.28      | 86        | 3.1          | 17 | 14                 | 25053                 | 159.9               | 0.99 | 0.35 |
| 4       | 5          | 06.03.08 | 36.74244 | 45.38316 | 0.5    | 26.30 | 0.22      | 60        | 2.7          | 18 | 17                 | 14211                 | 53.8                | 1.19 | 0.41 |
| 5       | 5          | 01.03.08 | 36.7615  | 45.41424 | 0.5    | 30.45 | 0.65      | 173       | 2.7          | 15 | 14                 | 12739                 | 35.8                | 0.87 | 0.32 |
| 5 (л)   | 5          | 18.07.08 | 36.76188 | 45.41463 | 0.5    | 4.35  | —         | —         | —            | 8  | 8                  | 17687                 | 96.0                | 1.12 | 0.54 |
| 5 (л)*  | 5          | 10.07.09 | 36.76188 | 45.41463 | 0.5    | 19.20 | 0.66      | 46        | 0.7          | 1  | —                  | 200                   | 0.02                | —    | —    |
| 6       | 5          | 03.03.08 | 36.7625  | 45.41552 | 0.3    | 43.73 | 0.35      | —         | —            | 13 | 9                  | 20204                 | 64.4                | 0.19 | 0.07 |
| 7       | 3          | 03.03.08 | 36.76525 | 45.41082 | 1.0    | 20.88 | 0.82      | 113       | 1.4          | 17 | 16                 | 9807                  | 19.3                | 1.62 | 0.57 |
| 8       | 5          | 03.03.08 | 36.76982 | 45.4077  | 1.2    | —     | 1.95      | 250       | 1.3          | 10 | 9                  | 6098                  | 118.6               | 0.64 | 0.28 |
| 9       | 5          | 03.03.08 | 36.77902 | 45.39832 | 1.2    | 47.09 | 1.10      | 184       | 1.7          | 25 | 19                 | 14144                 | 79.5                | 1.52 | 0.47 |

Примечание. Номер станции без пометки — ранняя весна 2008 г., (л) — лето 2008 г., (л)\* — лето 2009 г.; Гл. — глубина; А. — доля алевролита в донных осадках; С орг. — доля органического углерода в донных осадках; НУ — содержание нефтяных углеводородов в донных осадках; НУ/С — число видов углеводородов на станции; S — число видов макрообитателя на станции; ES<sub>1000</sub> — ожидаемое число видов на 1000 особей на станции; N — численность; B — биомасса; H' — показатель разнообразия Шеннона, J' — показатель выравненности численности обитателей Писелу.

с поправкой Chao2 на встречаемость редких видов [29]. Для интегральной характеристики макрозообентоса на станциях использовали следующие показатели: удельные численность (экз/м<sup>2</sup>) и биомасса (г/м<sup>2</sup>) организмов, число видов, индекс разнообразия Шеннона H' [44], индекс выравнивания распределения обилия видов Пиелу J [41]. Для оценки связей между распределением количественных характеристик макрозообентоса и факторами среды проводили дисперсионный анализ (ANOVA). Для оценки относительной значимости вида на станции использовали долю вида в суммарном показателе интенсивности метаболизма сообщества, рассчитываемом на основе индивидуальных показателей, определяемых по формуле

$$R_i = A_i Q_i / \sum A_i Q_i = A_i B_i^{0.75} N_i^{0.25} / \sum A_i B_i^{0.75} N_i^{0.25},$$

где  $A_i$  — специфичный для таксона коэффициент удельной интенсивности метаболизма [1],  $B_i$  — биомасса  $i$ -го таксона и  $N_i$  — его численность [17].

Анализ сходства станций проводили с использованием индекса сходства Брэя—Кёртиса [26] по долям видов от суммарного значения того или иного показателя на станции. Проводили логарифмическую трансформацию данных. На основании полученных матриц сходства выполнена ординация станций методом многомерного шкалирования для выявления общих тенденций в структуре сообществ. Результаты ординации проверялись и дополнялись методом однофакторного анализа сходства (ANOSIM). Пороговый уровень значимости, за которым группировка считалась неслучайной, принимали равным 5%. Оценку различий между выделенными комплексами видов, образующих сообщества, внутрикомплексное сходство, а также определение характерных видов, которые вносят наибольший вклад во внутрикомплексное сходство, проводили, используя программу SIMPER (similarity percentages). Все указанные расчеты производили при помощи пакета программ PRIMER 6.1.6 [31].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Условия среды.** Ранней весной 2008 г. температура воды на всех исследованных станциях не превышала 6–7°C, а соленость 15‰. В Динском заливе она составляла 13.7‰, у основания и средней части косы Чушка — 14.8‰. У оконечности косы на станции 0 соленость составляла 11.7‰. Летом 2008 г. прибрежные районы прогревались до 29°C, соленость придонного слоя воды составляла 15.5‰. Летом 2009 г. соленость на станции 5 составляла 19‰ при температуре 32°C.

Основной фракцией осадков на станциях ранней весной являлся заиленный песок (4–82% алевропелита) (табл. 1). Наибольшее заиление

было отмечено у оконечности косы Чушка на ст. 1 (до 82%), наименьшее — в ее середине и в Динском заливе (около 20%), у основания косы были отмечены средние показатели (30–44%). Кроме того, на всех станциях, кроме ст. 0, и весной, и летом присутствовало большое количество растительного детрита (определялось визуально). Содержание органического углерода варьировало от 0.07% до 5.01% (табл. 1). Самые низкие значения содержания органического углерода были отмечены в средней части и у основания косы Чушка, а наиболее высокие — на оконечности косы и в Динском заливе. Содержание нефтяных углеводородов (НУ) составляло от 60 до 1564 мг/кг (табл. 1). Большинство из этих значений выше допустимого по международным нормам содержания НУ в донных осадках (100 мг/кг, [39]). Минимальные значения, как весной, так и летом, были отмечены в средней части косы (станции 3 и 4), а также наиболее удаленных от места разлива районах — в Динском заливе и у основания к. Чушка. Максимальные величины были отмечены у оконечности косы (ст. 1), наиболее пострадавшей от разлива мазута (табл. 1), здесь же обнаружено максимальное обогащение органического вещества донных осадков НУ (ст. 0).

**Видовой состав и общая характеристика сообществ макробентоса весной 2008 г.** Ранней весной на девяти станциях отмечено 52 вида беспозвоночных (особенности распространения см. табл. 2), из них самый богатый видами таксон — Polychaeta (17 видов) далее следуют Crustacea (15 видов, в основном Amphipoda), Mollusca (13 видов: 9 видов Gastropoda, 4 — Bivalvia), Hexapoda (предположительно 3 вида). Одним (или предположительно одним видом) представлены Coelenterata, Turbellaria, Nemertini, Oligochaeta и Bryozoa. Кумулятивная кривая накопленного числа видов не выходила на плато, поэтому был проведен расчет ожидаемого полного числа видов с поправкой Chao2 на встречаемость редких видов. Оно составило  $62 \pm 7$  видов, таким образом, теоретическая полнота оценки числа видов составила  $84 \pm 11\%$ . Наибольшее число видов было отмечено на станции 0 на оконечности косы и станции 9 в Динском заливе, а наименьшее на станциях 5 и 8 (табл. 1). Видов, достоверно известных как чужеродные для Азово-Черноморского бассейна (например, *Anadara kagoschimensis*, встречающаяся в Таманском заливе [37]) отмечено не было.

Средняя численность макрозообентоса составила 14342 экз/м<sup>2</sup> (табл. 1). По численности доминировали Gastropoda (39%), Hexapoda (24%) и Bivalvia (18%). Максимальная численность (34237 экз/м<sup>2</sup>) наблюдались на ст. 0, а минимальная (6098 экз/м<sup>2</sup>) — в Динском заливе на ст. 8.

Средняя биомасса макрозообентоса составила 93.5 г/м<sup>2</sup> (табл. 1). При этом двустворчатые мол-

**Таблица 2.** Виды макрозообентоса, сгруппированные по особенностям их распространения вдоль косы Чушка

| Тип распространения   | Ранняя весна 2008 г.   | Лето 2008 г.   |
|---|--|--|
| Только у оконечности косы   | <i>Fabricia sabella</i> (P),<br><i>Sphaerosillis erinaceus</i> (P),<br><i>Retusa truncata</i> (G),<br><i>Bittium reticulatum</i> (G),<br><i>Ampithoe ramondi</i> (A),<br><i>Erichthonius difformis</i> (A)   | <i>Fabricia sabella</i> (P), <i>Harmathoe imbricata</i> (P), <i>Heteromastus filiformis</i> (P),<br><i>Sphaerosillis erinaceus</i> (P), <i>Retusa truncata</i> (G), <i>Bittium reticulatum</i> (G),<br><i>Limapontia</i> sp. (G), <i>Ampelisca diadema</i> (A), <i>Ampithoe ramondi</i> (A), <i>Erichthonius difformis</i> (A) |
| От оконечности до средней части косы  | <i>Capitella capitata</i> (P),<br><i>Hediste diversicolor</i> (P),<br><i>Limapontia</i> sp. (G),<br><i>Setia valvata</i> (G)<br><i>Sphaeroma pulchellum</i> (I)  | <i>Capitella capitata</i> (P), <i>Hediste diversicolor</i> (P), <i>Cerastoderma glaucum</i> (B),<br><i>Setia valvata</i> (G) <i>Sphaeroma pulchellum</i> (I), <i>Dexamine spinosa</i> (A), <i>Gammarus aequicauda</i> (A), <i>Iphinoe maeotica</i> (A),<br>Actiniaria  |
| Вдоль всей косы, но в непосредственной близости берега                            | <i>Platynereis dumerilii</i> (P),<br><i>Truncatella montagui</i> (G),<br><i>Iphinoe maeotica</i> (A),<br>Actinia   | На всех или почти на всех станциях:<br><i>Abra segmentum</i> (B), <i>Mytilaster lineatus</i> (B), <i>Hydrobia acuta</i> (G), <i>Rissoa splendida</i> (G), <i>Idotea baltica</i> (I), Chironomidae gen. sp. 1<br>На отдельных станциях: <i>Platynereis dumerilii</i> (P), <i>Truncatella montagui</i> (G)                       |
| Только в Динском заливе   | Chironomidae gen. sp. 2<br>Только на станции 5: <i>Namanereis pontica</i> (P), <i>Abra nitida</i> (B),   | Только на станции 5: <i>Namanereis pontica</i> (P), <i>Abra nitida</i> (B),<br><i>Microdeutopus damnoniensis</i> (A),<br>Chironomidae gen. sp. 2   |
| Только в Динском заливе на удалении полукилометра от берега и далее (станции 7–9) | <i>Glycera tridactyla</i> (P),<br><i>Phyllodoce maculata</i> (P),<br><i>Terebellides stroemi</i> (P),<br><i>Cylichnina variabilis</i> (G),<br><i>Apherusa bispinosa</i> (A)  |  |
| По всему району кроме оконечности косы  | <i>Nereis zonata</i> (P),<br><i>Spio filicornis</i> (P)  |  |
| По всему району, но отсутствуют на отдельных станциях                             | <i>Harmathoe imbricata</i> (P),<br><i>Heteromastus filiformis</i> (P),<br><i>Nephtys hombergi</i> (P),<br><i>Cerastoderma glaucum</i> (B),<br><i>Mytilaster lineatus</i> (B), <i>Rissoa</i> sp. (G),<br><i>Ampelisca diadema</i> (A), <i>Dexamine spinosa</i> (A), <i>Gammarus aequicauda</i> (A),<br><i>Iphinoe elisae</i> (A),<br><i>Microdeutopus versiculatus</i> (A),<br><i>Idotea balthica</i> (I) |  |
| Присутствуют на всех или почти на всех станциях                                   | <i>Abra segmenta</i> (B),<br><i>Hydrobia acuta</i> (G),<br>Chironomidae gen. sp. 1   |  |

Примечание. А – Amphipoda, В – Bivalvia, G – Gastropoda, I – Isopoda, P – Polychaeta.

люски значительно преобладали, составляя в среднем около половины (48%) биомассы, кроме того, большой вклад вносили Gastropoda (28%) и Polychaeta (14%). Минимальные значения био-

массы (20–50 г/м<sup>2</sup>) наблюдались в прибрежных районах основания и средней части косы, а также в Динском заливе (станции 2, 5 и 7), а максимальные значения (150–250 г/м<sup>2</sup>) в оба сезона были

отмечены для оконечности косы (станции 0 и 1), а также весной – для ее северной трети (ст. 3) (табл. 1).

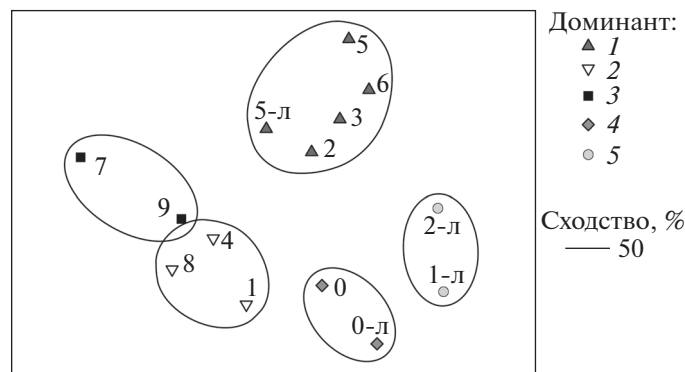
Среднее значение индекса  $H'$  составило  $1.34 \pm 0.59$ . Максимальные значения индекса  $H'$  были отмечены для оконечности косы, а минимальные – для ст. 8 в Динском заливе. Средние значения индекса выравненности распределений обилия видов  $J$  составило  $0.49 \pm 0.19$ . Максимальные значения  $J$  были отмечены для станций оконечности косы, минимальное – для основания косы (ст. 6). Значение этого индекса в исследованном районе было достоверно выше на станциях с более высоким содержанием алевропелита (ANOVA:  $F(5;8) = 4.2$ ,  $p = 0.04$ ). Географическое расположение станций оказывало статистически достоверное влияние на индекс выравненности  $J$  и разнообразия  $H'$  (соответственно, ANOVA:  $F(3,9) = 3.9$  при  $p = 0.05$  и  $F(3,9) = 4.4$  при  $p = 0.04$ ). Более высокие значения этих показателей наблюдались на оконечности косы.

**Пространственная структура макрозообентоса.**

При анализе данных весны 2008 г. методом многомерного шкалирования были выделены четыре группы станций (рис. 2) с уровнем сходства внутри каждой группы более 50%. Разделение станций было неслучайно на уровне значимости 0.1% (оценка методом ANOSIM). *Abra segmentum* (Bivalvia), *Hydrobia acuta* (Gastropoda), *Heteromastus filiformis* (Polychaeta). *Mytilaster lineatus* (Bivalvia), Chironomidae sp. и *Cerastoderma glaucum* (Bivalvia) определяли сходство и различие между группами станций (при том, что сами эти виды встречались повсеместно – табл. 2). Первые четыре вида являются доминантами соответствующих сообществ, остальные – их основными субдоминантами.

**Сообщество *Hydrobia acuta* (внутригрупповое сходство 60%, 35 видов макрозообентоса).** Сообщество с доминированием *Hydrobia acuta* было отмечено на четырех станциях (2, 3, 5, 6) непосредственно у берега на глубине 0.3–0.5 м на илисто-песчаных грунтах. По крайней мере, часть этой зоны нерегулярно осушается при сгонах и может рассматриваться как псевдолитораль [3]. *H. acuta* составляла  $82 \pm 28\%$  численности и  $44 \pm 30\%$  биомассы макрозообентоса. Основным субдоминантом являлся *Abra segmentum*. На трех наиболее близких станциях 3, 5 и 6 доминирование *H. acuta* было выражено резко (66, 71 и 86% от общего показателя метаболизма сообщества соответственно), а список видов – сходен. На ст. 2, доминирование было слабее (41%): возрастала роль *A. segmentum* (21%), а также *Rissoa* sp. (10%) и *Nephtys hombergii* (13%). Показатели  $H'$  и  $J'$  были наименьшими для съемки.

**Сообщество *Abra segmentum* (внутригрупповое сходство 66%, 29 видов).** Сообщество *A. segmentum* отмечено на трех станциях (1, 4, 8) на глубине



**Рис. 2.** Результаты ординации станций зимы и лета 2008 г. методом многомерного шкалирования (на базе значений индекса сходства Брэя–Кёртиса, рассчитанного по данным о доле дыхания видов в суммарном дыхании сообществ). Коэффициент стресса 0.16. Номера 0–9 соответствуют номерам станций, л – летние станции. Овалами выделены группировки станций в зависимости от принадлежности к сообществу. Обозначения: 1 – *Hydrobia acuta*, 2 – *Abra segmentum*, 3 – *Heteromastus filiformis*, 4 – *Mytilaster lineatus*, 5 – *Hediste diversicolor*.

0.4–1.2 м на илисто-песчаных грунтах с наибольшим содержанием органического углерода для исследованного района  $1.24 \pm 0.91\%$ . Роль руководящего вида была высокой (85%). *A. segmentum* составлял  $85 \pm 64\%$  биомассы макрозообентоса. Однако по численности он не всегда доминировал ( $18 \pm 14\%$ ): так, на станциях 4 и 8 преимущественно получали Chironomidae gen. sp. (68% и 80%), а на ст. 1 – Oligochaeta (32%). Показатели  $H'$  и  $J'$  были несколько выше, чем в сообществе *Hydrobia acuta*, но в целом низкими.

**Сообщество *Heteromastus filiformis* (внутригрупповое сходство 55%, 29 видов).** Сообщество отмечено в диапазоне глубин 0.4–1.2 м на 2-х станциях (7, 9), на илисто-песчаных грунтах со средним для исследуемого района содержанием органического углерода  $0.96 \pm 0.20\%$ . При этом вклад доминантного вида в общий показатель метаболизма сообщества не очень высок (31–37%): по численности его превосходят Chironomidae gen. sp., (23.9%), а по биомассе – *Abra segmentum* (16.93% общего показателя метаболизма). Характерными видами кроме доминантов и субдоминантов являлись *Glycera tridactyla*, *Nereis zonata*, *Oriopsis armandi*, *Mytilaster lineatus*, *Rissoa* sp., *Iphinoe elisae*, в заметном количестве были представлены Nemetini gen. sp., Oligochaeta gen. sp. Сообщество характеризовалось наибольшими для всего района показателями разнообразия  $H'$  и  $J'$ .

**Сообщество *Mytilaster lineatus* (внутригрупповое сходство 55%, 44 вида).** Сообщество с доминированием *Mytilaster lineatus* отмечено на одной станции (0), расположенной в Керченском проливе, на глубине 0.5 м на песчаном грунте с низким со-

держанием органического углерода. Этот район характеризуется сильным течением, в момент сбора проб, направленным в Азовское море. На станции была отмечена растительность (*Zostera marina*, *Potamogeton* sp.) с проективным покрытием до 40%. Основным субдоминантом сообщества был *Abra segmentum*. Сообщество характеризовалось относительно высокими показателями Н' и J, общая биомасса и численность макробентоса в нем были максимальны для изученного района.

**Сезонные изменения в сообществах макробентоса.** Для значительного количества недоминирующих видов зообентоса был характерен тот или иной тип распространения вдоль косы, который от ранней весны к лету менялся несущественно (табл. 2). Вероятность случайного размещения видов составила соответственно 0.227 ранней весной и 0.164 летом. Таким образом, наблюдался сохраняющийся в различные сезоны, вдольбереговой (от оконечности к основанию косы Чушка) градиент в видовом составе сообществ макрозообентоса. Единственный обычный вид, встречающийся в марте по всему району и не встреченный летом – полихета *Nephtys hombergii* (табл. 2).

При анализе четырех повторяющихся во времени станций было отмечено, что суммарное число видов в летний период (36 видов) снизилось по сравнению с зимой (43 вида). Это снижение отмечено для большинства таксономических групп (например, Polychaeta с 12 до 7, Gastropoda с 8 до 1), только у Crustacea число видов возросло с 13 до 18. Поскольку станции отличались друг от друга по числу видов и численностям на порядок и более, мы провели оценку ожидаемого числа видов на станцию. И если число видов на станции отличалось статистически недостоверно, то ожидаемое число видов для станций 0, 1, 2 летом было выше, а для ст. 5 – ниже, чем весной (обсуждается ниже). При этом ожидаемое число видов в оба сезона уменьшалось от оконечности к основанию косы (табл. 1). Численность и биомасса на станциях 0, 1, 2 летом была ниже, на ст. 5 – выше, чем зимой (табл. 1). Кроме того, были отмечены сезонные изменения соотношения численности отдельных групп макрозообентоса: зимой основная часть сообществ представлена Gastropoda (48%) и Bivalvia (42%); летом – Athropoda (37%) и Gastropoda (33%). По биомассе весной доминировали Bivalvia (78%) и Gastropoda (14%). Летом – Bivalvia (49%) и Polychaeta (27%).

**Основание косы Чушка (ст. 5).** Весной 2008 г. осадок представлял собой заиленный песок, летом преобладала песчаная фракция. Летом 2009 г. гранулометрический состав донных осадков и содержание органического углерода были сходны с таковыми весной 2008 г. Содержание углеводов в донных осадках снизилось во времени и не превышало значений принятых европейских

норм. Также снижалось и обогащение органического вещества донных осадков НУ (табл. 1, станции 5, 5л). Таким образом, на этой станции наблюдался процесс очищения осадков от НУ.

При ординации станций методом многомерного шкалирования станции лета 2008 г. группировались со станциями весны 2008 г. (рис. 2). Доминирующий вид остался тем же – *Hydrobia acuta*. Весной среди субдоминантов были отмечены Bivalvia, Gastropoda и Polychaeta, а летом – Crustacea и Chironomidae. Почти двукратное снижение числа видов в июле 2008 г. (табл. 1, станции 5, 5л) произошло за счет выпадения ряда видов полихет и моллюсков. Более высокие, чем весной, численность и биомасса в летних пробах (табл. 1) были обусловлены возросшей ролью Chironomidae (до 4500 экз/м<sup>2</sup>, до 15 г/м<sup>2</sup>) и *Gammarus aequicauda* (до 2821 экз/м<sup>2</sup>, до 13 г/м<sup>2</sup>). Кроме того, в увеличение биомассы внесли вклад крупные двустворчатые моллюски *Cerastoderma glaucum* (средний размер около 10 мм и биомасса до 9 г/м<sup>2</sup>), не отмеченные в марте, а также более крупные, чем весной, особи *Abra segmentum* (весной средний размер особи составлял 4.5 мм при биомассе до 2 г/м<sup>2</sup> и численности до 126 экз/м<sup>2</sup>, а летом 11.4 мм при биомассе 30 г/м<sup>2</sup> и численности 252 экз/м<sup>2</sup>). В пробах 2009 г. макрозообентосных организмов отмечено практически не было: в каждой пробе было найдено 2–3 *Hydrobia acuta*, что составляет в пересчете на м<sup>2</sup> около 200 моллюсков массой 0.1 г/м<sup>2</sup>. Учитывая повышенную температуру и соленость воды, а также отчетливый запах сероводорода, причиной резкого обеднения бентоса можно считать произошедший замор. Таким образом, мы считаем, что в данном случае на протяжении полутора лет наблюдалось одно и то же сообщество *H. acuta*, которое испытывало естественные сезонные и межгодовые изменения.

**Середина косы Чушка (ст. 2).** В марте донные осадки были представлены слабо заиленным крупным песком, а летом – тонким заиленным песком с низким содержанием органического углерода. В летних пробах по сравнению с весной было отмечено заметное снижение содержания НУ в донных осадках до значений, не превышающих нормы (табл. 1, станции 2, 2л).

Пробы, собранные в этом районе ранней весной и летом, значительно отличаются по видовому составу и структуре доминирования, на диаграмме ординации они не группируются вместе (весенние станции ближе к группе станций из основания косы, а летние – к ее оконечности) (рис. 2). Число видов летом было несколько выше при более низкой численности и биомассе организмов (табл. 1, станции 2, 2л). Достоверных отличий в средних показателях численности, биомассы и разнообразия на этих двух станциях отмечено не было, однако изменились соотношения основ-

ных таксонов и количественные характеристики сообществ. Так, вместо весеннего доминирования *Hydrobia acuta* и *Abra segmentum*, летом наблюдалось доминирование *Hediste diversicolor* с субдоминантом *H. acuta*. Значительно возросла роль ракообразных (по численности от 0.7% весной до 72% летом и по биомассе, соответственно, от 0.01 до 14%), среди которых максимальную численность давал *Corophium volutator* (8400 экз/м<sup>2</sup>, до 1.4 г/м<sup>2</sup>). Уменьшилось число видов полихет (от 5-ти весной до 3-х летом) при увеличении их общей численности и биомассы в два раза, за счет *H. diversicolor* (280 экз/м<sup>2</sup>, до 20.1 г/м<sup>2</sup>). Из состава сообщества полностью исчезли Nephropoda, но появились ранее не отмеченные Turbellaria gen. sp. и Nemertini gen. sp. Летом также исчезло большинство видов брюхоногих моллюсков, за исключением *H. acuta*, численность которой упала в 5 раз, а биомасса в 6 раз. Сходные изменения произошли и с субдоминантом *A. segmentum*, отсутствовал *Mytilaster lineatus*, но появился *Cerastoderma glaucum*.

**Оконечность косы со стороны Таманского залива (ст. 1).** Различий в гранулометрическом составе донных осадков весной и летом практически не было, а содержание органического углерода в летних пробах превышало весенние значения более чем в два раза, и было рекордно высоким для всего исследуемого района — 5.01%. Кроме того, в летних пробах было отмечено максимальное для всего исследуемого района и временного интервала содержание НУ в донных осадках — 1564 мг/кг (табл. 1, станции 1, 1л). Однако относительное содержание НУ в органическом веществе от весны к лету несколько снизилось (от 4.7 до 3.1%). Таким образом, содержание НУ и весной и летом было выше, чем в других районах.

На графике ординации станции весны и лета 2008 г. группируются близко друг к другу, но не перекрываются (рис. 2). Летом незначительно возрастает индекс разнообразия Н', однако снижается как число видов (от 17 до 15), так и общая численность (в два раза), и биомасса (в три раза) организмов макрозообентоса (табл. 1, станции 1, 1л). Падает роль *Abra segmentum* (от 76% весной до 4% летом от общего показателя метаболизма сообщества), но возрастает роль *Cerastoderma glaucum* (от 0.4 до 22%) и особенно *Hediste diversicolor* (от 13 до 66%; 1684 экз/м<sup>2</sup>, до 50.9 г/м<sup>2</sup>), оказывающегося доминантом летнего сообщества. Число видов полихет в целом возросло в два раза при увеличении их общей численности в три раза, и биомассы в 2.5 раз. При этом полностью исчезли все виды брюхоногих моллюсков, за исключением *Hydrobia acuta*, численность которой упала в два раза, а биомасса в 2.5 раза. Также значительно снизилась роль Crustacea (по численности в 5 раз, по биомассе в 10 раз); из состава сообщества пол-

ностью исчезли личинки насекомых, но появились ранее не отмеченные Turbellaria gen. sp. и Nemertini gen. sp. Очевидно, что летнее сообщество этого района по структуре очень близко к летнему сообществу из района середины косы Чушка (рис. 1, 2). Эти станции с доминированием *Hediste diversicolor* представляют **четвертый тип сообществ в изучаемом районе**, который был встречен только летом.

**Оконечность косы со стороны Керченского пролива (ст. 0).** На оконечности косы донные осадки летом 2008 г. представляли собой тонкодисперсный ил в отличие от заиленного песка, наблюдаемого весной 2008 г. (табл. 1, станции 0в, 0л). На графике ординации станции весны и лета 2008 г. группируются близко друг к другу (рис. 2). Летом незначительно возрастает индекс разнообразия Н', однако снижается как число видов (от 32 до 24), так и общая численность (на порядок), и биомасса (в пять раз) организмов макрозообентоса (табл. 1, станции 0, 0л), в том числе доминирующего вида *Mytilaster lineatus* при сохранении структуры доминирования. Роль весеннего субдоминанта *Abra segmentum* снизилась от 21% (от общего показателя метаболизма сообщества) до 6.5% летом, но повысилась роль *Cerastoderma glaucum* (от 9.2% весной до 31% летом). Из семи видов брюхоногих моллюсков летом не было отмечено ни одного, также не были отмечены хирономиды, но появились олигохеты и турбеллярии, число видов полихет снизилось с 9 до 4-х. Следует отметить, что в этой точке были отмечены высокие концентрации нефтяных углеводородов (табл. 1, станции 0, 0л).

## ОБСУЖДЕНИЕ

**Число видов и видовое разнообразие макрозообентоса.** В настоящем исследовании встречено около 15% от фауны основных групп донных беспозвоночных Азовского моря, насчитывающей 329 видов [5]. Значения индексов разнообразия и выравненности распределения обилий видов сходны со средними значениями этих показателей для бентоса Керченского пролива в 2010 г. [22] и для донных сообществ (10–30 м) Северо-Кавказского побережья Черного моря в 2001–2005 гг. [23], при том, что число видов в заливе в 1.5–2 раза ниже, чем в указанных районах. Такое расхождение может объясняться недостаточностью выборки, т.к. ожидаемое полное число видов на исследованных станциях с поправкой Chao2 на встречаемость редких видов составило  $62 \pm 7$ . Индекс Пиелу соответствовал значениям для побережья Черного моря [23], но был в полтора раза ниже, чем в Керченском проливе [22]. Таким образом, по показателям биоразнообразия и количественным характеристикам сообщества ультрамелководной зоны в целом не столь отличны от сообществ различных глубин соседних регионов.



### Пространственная структура макрозообентоса.

Основные типы сообществ в западной мелководной части Таманского залива определяются соотношением нескольких видов (*Abra segmentum*, *Hydrobia acuta*, *Heteromastus filiformis*, *Hediste diversicolor*, *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma glaucum*), которые (кроме *H. diversicolor*) в том или ином количестве присутствуют практически на всех станциях. Все эти виды (кроме *H. filiformis*) являлись руководящими или характерными видами для большинства биоценозов основной части Азовского моря (за исключением Керченского пролива, Таганрогского залива и опресненных лиманов) на глубинах от 1 м, выделенных Воробьевым в его классической работе, отражавшей состояние донных сообществ моря в 1930-е годы [6]. Таким образом, обычные доминанты сообществ открытой части Азовского моря определяли основные варианты сообществ макрозообентоса и в гораздо меньшем пространственном масштабе в ультрамелководной зоне Таманского залива.

Таманский залив далеко не единственный мелководный водоем в Азово-Черноморском бассейне, где развиваются такие сообщества. *A. segmentum*, *C. glaucum*, *H. acuta*, *H. diversicolor* и *Capitella capitata* доминировали по численности и биомассе в бентосе столь же мелководной, непосредственно примыкающей к берегу зоне бухт Казачья и Стрелецкая в районе Севастополя [14]. В самой Севастопольской бухте также наблюдаются сходные по доминирующим видам (*H. acuta*, *A. segmentum*, *C. glaucum*, *Heteromastus filiformis*) сообщества макрозообентоса. При этом смена доминантов при удалении от берега сходна с той, что отмечена в Динском заливе: гидробии определяют облик наиболее мелководных сообществ, а *H. filiformis* достигает заметной численности во внешней части бухты [32]. Выявленная в настоящем исследовании закономерность пространственного расположения сообществ ультрамелководной части Таманского залива связана, прежде всего, с выраженным доминированием *H. acuta* непосредственно вблизи берега. Эта особенность обусловлена особенностями биологии этого вида: коротким жизненным циклом [24] и высокой приспособленностью к переживанию неблагоприятных условий (способность переносить осушение — [21]; эвригалинность [27]; устойчивость к гипоксии [2]).

В единственной работе, содержащей описание сообществ макрозообентоса северо-западной части Таманского залива [8] с помощью метода Воробьева [6], т.е. без применения статистического анализа, представлена несколько иная картина. Для плавней косы Чушка, на всем ее протяжении со стороны Таманского залива, отмечены сообщества с доминированием по биомассе Chironomidae, для Динского залива — *Abra-Neanthes-Chironomidae*, а для оконечности косы Чушка — *Sy-*

*clope-Mytilaster-Cerastoderma*. Такие различия могут быть связаны с временной и пространственной изменчивостью, а также различием методов выделения сообществ.

**Факторы, определяющие пространственную структуру макрозообентоса.** Важной особенностью изученного района является отсутствие статистически значимой связи характеристик грунта с количественными характеристиками макрозообентоса. При этом значения доли алевропелита и содержания органического углерода чрезвычайно высоки и изменяются на 1–2 порядка, а состав сообществ и их количественные характеристики не показывают столь значительных различий. Статистически достоверное влияние на биоразнообразие макрозообентоса оказывает географический фактор: от основания косы к ее оконечности увеличивается число видов, возрастают индексы разнообразия и выравненности, а также численность и биомасса макрозообентоса. Объяснение этому явлению может быть следующее: сообщества у основания косы существуют в условиях незащищенного берега, где волновое воздействие приводит к постоянному физическому перемешиванию донных осадков, что, несомненно, является мощным лимитирующим фактором развития макрозообентоса. В условиях же ослабления ветра и высокой температуры летом кутовые участки, как мы это наблюдали, подвержены заморам. В средней части косы ширина тростниковых плавней возрастает, они сглаживают эффект волнового воздействия, условия здесь более стабильные. На оконечности косы со стороны Таманского залива ширина пояса тростника также достаточно большая, а со стороны Керченского пролива присутствует донная растительность в виде морских трав, что также препятствует перемешиванию грунта и способствует созданию более стабильных условий для существования донных организмов. Кроме того, сильные и меняющие направление течения в Керченском проливе позволяют обеспечить доминирование в донных сообществах не только детритофагов, как с восточной стороны косы Чушка [27, 30, 13], но и фильтрующих сестонофагов (митиластер).

**Сезонные изменения макрозообентоса.** Сезонные изменения макрозообентоса ультрамелководной части Таманского залива были связаны с изменением обилия доминантов и субдоминантов сообществ, что обуславливалось особенностями биологии этих видов. Так, наблюдавшееся нами снижение вклада *Hydrobia acuta* в биомассу прибрежных донных сообществ у основания и в средней части косы Чушка от ранней весны к лету, скорее всего, объясняются характерной для гидробии сезонностью размножения: отмиранием старшей возрастной группы (особи возраста около года) после размножения летом [24, 27]. Та-

кая сезонность наблюдается и в лагунах дельты р. Еврос (северная часть Эгейского моря), где численность и биомасса *H. acuta* максимальна в конце зимы и низка летом [35].

Изменения облика ультрамелководных донных сообществ были также обусловлены появлением новой генерации и ростом особей сердцевидки (*Cerastoderma glaucum*). Этот вид широко распространен в Таманском заливе [8, 37] и имеет большую, чем у гидробии, продолжительность жизни [20], что приводит к усилению доминирования этого вида от весны к лету. Сходный процесс увеличения биомассы и плотности популяции сердцевидки от весны к осени наблюдался и в Азовском море [6].

Вклад *Abra segmentum* в биомассу сообществ, в том числе тех, в которых ранней весной он доминировал, напротив, снизился. Такое явление может объясняться значительным выеданием абырыбами и крабами от весны к осени [6]. Так, постепенное уменьшение численности популяции от осенне-зимнего сезона к лету, связанное с выеданием и заморами, отмечено и для некоторых лагун Греции [35, 36].

Полихета-нереида *Hediste diversicolor*, которая в наших исследованиях обнаруживала сезонное доминирование в сообществах мелководья юго-западной части косы Чушка, также является обычным и часто массовым обитателем переходных вод и прибрежных мелководий в Северо-Восточной (до Балтийского и Северного морей) и Северо-Западной Атлантике [43]. Сезонные изменения доли этих nereид в общей численности и биомассе макробентоса, безусловно, зависят от особенностей протекания жизненного цикла, продолжительности жизни, сроков размножения и появления новых генераций, которые в различных частях ареала существенно различаются. Сезон размножения вида в Черном и Азовском морях продолжается с мая по сентябрь [13]. В наших исследованиях увеличение численности и биомассы *H. diversicolor* от ранней весны к лету очевидно связано с появлением обильной новой генерации в результате весеннего размножения и быстрого роста особей новой генерации [12]. В прибрежной части бухт Севастополя численность и биомасса nereиды, так же как и в Таманском заливе, достигали максимума летом [15].

**Возможные последствия разлива мазута.** Выше было показано, что изменения сообществ макробентоса от весны к лету могут быть в значительной степени объяснены особенностями жизненных циклов доминирующих видов. В то же время, снижение биомассы макробентоса на участке, подвергнутому наибольшему загрязнению мазутом (станция 1) после кораблекрушения танкера “Волгонефть 139” 11 ноября 2007 г., выпадение практически всех видов брюхоногих моллюсков

спустя семь месяцев после катастрофы и снижение численности сестонофага *Mytilaster lineatus*, могут быть связаны и с углеводородным загрязнением осадков, оставшимся летом 2008 г. достаточно высоким (табл. 1; см. также [37]).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прибрежные сообщества западной части Таманского залива вдоль косы Чушка существуют в условиях исключительной мелководности, меняющегося уровня воды и волнового воздействия и очень большой амплитуды сезонных изменений температуры. Поэтому здесь доминируют виды характерных представителей фауны переходных вод Средиземноморского (в широком смысле) бассейна и открытой части Азовского моря (*Hydrobia acuta*, *Abra segmentum* и *Hediste diversicolor*), способные жить в очень широком диапазоне условий среды. Сезонные изменения в структуре донных сообществ у восточного побережья косы Чушка в Таманском заливе в значительной степени определяются сезонной динамикой популяций доминирующих видов. Полученные данные свидетельствуют, скорее, в пользу обычного протекания сезонных процессов в сообществах макробентоса в 2008 г., нежели распространения воздействия последствий катастрофического разлива мазута в ноябре 2007 г. на всю ультрамелководную зону Таманского залива. Выполненные нами станции могут использоваться как точки будущего мониторинга состояния прибрежной экосистемы в условиях глобальной трансформации климата и усиливающегося хозяйственного воздействия на береговую зону Керченского пролива и Таманского залива.

Авторы благодарят коллег, участников полевых исследований в Таманском заливе в 2008 и 2009 гг.: У.В. Симакову, П.В. Хлебопашева, А.В. Макарова, Ф.В. Сапожникова, а также сотрудников Института археологии РАН, в частности начальника подводной экспедиции С.В. Ольховского за помощь в организации экспедиционных работ. Мы также благодарим А.Ю. Черняеву за участие в обработке проб и проф. Р.Н. Буруковского за предоставление копии дипломной работы К.Н. Несиса.

Экспедиции были поддержаны Программами Президиума РАН 23 и 30, а также WWF России. Данное исследование выполнено в рамках проектов РФФИ № 14-04-32063\_мол\_а и № 15-04-01870\_а.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф. Определение продукции биоценозов // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 139–141.

2. *Анистратенко В.В., Халиман И.А., Анистратенко О.Ю.* Моллюски Азовского моря. Киев: Наукова думка, 2011. 173 с.
3. *Арнольди Л.В.* О литорали в Чёрном море // Тр. Севаст. биол. ст. 1948. Т. 6. С. 354–359.
4. Водно-Болотные угодья России / Под ред. Кривенко В.Г. Т. 3. Водно-болотные угодья теневого Рамсарского списка. М.: Wetlands International, 2000. 490 с.
5. *Воловик С.П., Корпакова И.Г., Барабашин Т.О. и др.* Фауна водных и прибрежно-водных экосистем Азово-Черноморского бассейна. Краснодар: ФГУП АЗНИРХ, 2010. 249 с.
6. *Воробьев В.П.* Бентос Азовского моря // Тр. АЗЧерНИРО. 1949. Вып. 13. 195 с.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море / Под ред. Терзиева Ф.С. и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 237 с.
8. *Головкина Е.М., Набоженко М.В.* Современное состояние донных сообществ Керченского пролива (российский сектор) и заливов Таманского полуострова // Вест. Южного Научн. Центра РАН. 2012. Т. 8. Вып. 2. С. 53–61.
9. *Громов В.В., Шевченко В.Н., Афанасьев Д.Ф.* Фитобентос Таманского залива и Керченского пролива // Основные проблемы рыбного хозяйства и охрана рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна // Сб. научн. тр. М.: Нац. рыбные ресурсы, 2002. С. 170–176.
10. *Зернов С.А.* К вопросу об изучении жизни Черного моря // Зап. Имп. Академии Наук. 8 серия. По физико-математическому отделению. 1913. Т. 32. № 1. 304 с.
11. *Иванов В.А., Матишов Г.Г., Кушнир В.М. и др.* Керченский пролив в осенний период 2011 года: результаты совместных комплексных исследований, выполненных в экспедиции МГИ НАН Украины и ЮНЦ РАН // Морск. гидрофиз. журн. 2014. № 1. С. 44–57.
12. *Ивлева И.В.* Соотношение трат энергии на рост и дыхание у *Nereis diversicolor* O.F. Müller, выращиваемых при разной температуре // Биология моря. 1972. Вып. 26. С. 17–27.
13. *Киселева М.А.* Многощетинковые черви (Polychaeta) Черного и Азовского морей. Апатиты: Изд-во Кольского научн. центра РАН, 2004. 409 с.
14. *Копий В.Г.* Макрозообентос в прибрежной зоне бухт Севастополя // Морский Экологичний Журн. 2011. Отд. вып. 2. С. 43–48.
15. *Копий В.Г.* Сезонные изменения макрозообентоса в прибрежной зоне бухт Севастополя (Крымское побережье Черного моря) // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы VII междунар. конф. (Керчь, 20–23 июня, 2012 г.). Керчь, 2012. С. 119–125.
16. *Колочкина Г.А., Спиридонов В.А., Беляев Н.А. и др.* Отчет о предварительных результатах экспедиции Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и Всемирного фонда природы в район Керченского пролива для изучения экологических последствий разлива мазута после аварии танкера “Волгонефть-139” 11 ноября 2007 г. М.: WWF России, 2008. 41 с. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/304>
17. *Кучерук Н.В., Савилова Т.А.* Количественная и экологическая характеристика донной фауны шельфа и верхнего склона района Североперуанского апвеллинга // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1985. Т. 89. № 4. С. 59–70.
18. *Несис К.Н.* Донная фауна Керченского пролива. Дипломная работа. М.: Московский технологический институт рыбного хозяйства. 1956. Рукопись. Гидробиологический музей им. Н.С. Гаевской Калининградского государственного технического университета.
19. *Овсиенко С.Н., Фащук Д.Г., Зацена С.Н. и др.* Шторм 11 ноября 2007 г. Хроника событий, математическое моделирование и географо-экологический анализ // Тр. ГОИН. Т. 211. 2008. С. 308–340.
20. *Петров А.Н., Заика В.Е.* Патологические изменения структуры раковин *Cerastoderma glaucum* Poiret (Mollusca: Bivalvia) в Севастопольской бухте // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 56–60.
21. *Савицкий Р.М.* Влияние нефтяного загрязнения на водоплавающих и околоводных птиц Керченского пролива // Птицы северных и южных морей России: фауна, экология. Апатиты: Кольский научн. центр РАН, 2013. С. 215–239.
22. *Фащук Д.Я., Флинт М.В., Панов Б.Н. и др.* Межведомственные полевые исследования последствий катастрофы танкера “Волгонефть-139” в Керченском проливе // Океанология. 2010. Т. 50. № 3. С. 468–471.
23. *Чикина М.В.* Макрозообентос рыхлых грунтов Северо-Кавказского побережья Черного моря: пространственная структура и многолетняя динамика: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.1. М., 2009. 117 с.
24. *Чухчин В.Д.* Жизненный цикл и рост *Hydrobia acuta* (Drap.) и *H. ventrosa* (Mont.) в Черном море // Биология моря. 1976. Вып. 36. С. 85–90.
25. *Basset A., Sabetta L., Fonnese A. et al.* Typology in Mediterranean transitional waters: new challenges and perspectives // Aquat. Conserv., Mar. Fresh. Ecos. 2006. V. 16. P. 441–455.
26. *Bray J.R., Curtis J.T.* An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin // Ecol. Monogr. 1957. V. 27. P. 325–349.
27. *Britton R.H.* Life cycle and production of *Hydrobia acuta* Drap. (Gastropoda: Prosobranchia) in a hypersaline coastal lagoon // Hydrobiologia. 1985. V. 122. P. 219–230.
28. *Brower J.C., Kile K.M.* Seriation of an original data matrix as applied to palaeoecology // Lethaia. 1988. V. 21. P. 79–93.
29. *Chao A.* Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability // Biometrics. 1987. V. 43. P. 783–791.
30. *Charles F.* Utilization of fresh detritus derived from *Cystoseira mediterranea* and *Posidonia oceanica* by the deposit-feeding bivalve *Abra ovata* // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1993. V. 174. P. 43–64.
31. *Clarke K.R., Warwick R.M.* Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation, 2nd ed. Plymouth: Primer-E. 2001. 176 p.

32. *Eremeev V.N., Boltachev A.R., Aleksandrov B.G. et al.* Biological diversity of the coastal zone of the Crimean Peninsula: problems, preservation and restoration pathways / Ed. by Eremeev V.N. and Boltachev A.R. Sevastopol: Institute of Biology of the Southern Seas NAS Ukraine. 2012. 92 p.
33. *European Water Framework Directive.* 2000. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>
34. *Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D.* Past: paleontological statistics software package for education and data analysis // *Paleontologia Electronica.* 2001. V. 4. P. 1–9.
35. *Kevrekidis T.* Seasonal variation of the macrobenthic fauna in an isolated area of the Evros Delta (North Aegean Sea) // *Israel J. Zool.* 1997. V. 43. P. 243–255.
36. *Kevrekidis T., Kasapis K., Kalpia V.* Life cycle, population dynamics, growth and production of *Abra segmentum* (Mollusca, Bivalvia) at low salinities in a Mediterranean lagoon // *Helgol. Mar. Res.* 2009. V. 63. P. 277–285.
37. *Kolyuchkina G.A., Belyaev V.A., Spiridonov V.A. et al.* Long-term effects of Kerch Strait residual oil-spill: hydrocarbon concentration in bottom sediments and biomarkers in *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) // *Turkish J. Fish. Aquat. Sci.* 2012. V. 12. P. 461–469.
38. *Kolyuchkina G.A., Spiridonov V.A., Basin A.B. et al.* Long-term changes of Taman bay macrozoobenthic communities // The 4th Bi-annual Black Sea Conference: 28–31 October 2013, Constanta, Romania Black Sea. Abstracts book. Constanta: Editura Boldas, 2013. P. 82.
39. *Neue Niederlandische Liste, Altlasten Spektrum 3/95* // PTS limits and levels of concern in the environment, food and human tissues. 3. [www.amap.no/documents](http://www.amap.no/documents). P. 29–32. 24.02.2012.
40. *Pérez-Ruzafa A., Marcos C., Pérez-Ruzafa I.M.* Recent advances in coastal lagoons ecology: evolving old ideas and assumptions // *Transitional Waters Bull.* 2011. V. 5. P. 50–74.
41. *Pielou E.C.* The measurement of diversity in different types of biological collections // *J. Theor. Biol.* 1966. V. 13. P. 131–144.
42. *Reizopoulou S., Simboura N., Barbone E. et al.* Biodiversity in transitional waters: steeper ecotone, lower diversity // *Mar. Ecol.* 2014. V. 35. Suppl. 1. P. 78–84.
43. *Scaps P.* A review of the biology, ecology and potential use of the common ragworm *Hediste diversicolor* (O.F. Müller) (Annelida: Polychaeta) // *Hydrobiologia.* 2002. V. 470. P. 20–218.
44. *Shannon C.E., Weaver W.* The mathematical theory of information. University of Illinois Press, Urbana 1949.
45. *Wilke M.* Lagunäre Lebensräume // *Das Mittelmeer. Fauna, Flora, Ökologie. I. Allgemeiner Teil* / Ed. Hofrichter R. Heidelberg: Spektrum, 2002. P. 326–351.

## Contemporary Condition of Macrozoobenthos in the Ultra-Shallow Zone of the Taman Bay, Sea of Azov

V. A. Spiridonov, G. A. Kolyuchkina, N. A. Belyaev, A. B. Basin, V. V. Kozlovsky

Distribution of macrozoobenthic communities was studied in the vast ultra-shallow (0–1.2 m depth) zone of the north-western Taman Bay (separated from the Kerch Strait by the Chushka spit) in 2008–2009. Fifty two species of benthic invertebrates were recorded. Species number and diversity indexes of Shannon and Pielou showed increase along the Chushka spit from its base to the tip. Usual inhabitants of the lagoons and estuaries of the Mediterranean Basin and the open Sea of Azov dominated in benthic communities: mollusks *Abra segmentum* and *Hydrobia acuta* and polychaets *Heteromastus filiformis* and *Hediste diversicolor* (the latter only in summer). Changes in the community structure were largely influenced by seasonal dynamics of dominant species populations which was similar to their dynamics in some other transitional waters of the Mediterranean Basin. These changes indicate rather normal running of seasonal processes in macrobenthic communities of the Taman Bay in 2008 then the impact of the catastrophic black oil spill in the Kerch Strait in November 2007.