

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского

Серия «Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 2. С. 3–17.

УДК 574 [574.5] [579]

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ САНИТАРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУХТЫ ПЕСОЧНАЯ (РЕГИОН СЕВАСТОПОЛЯ)

*Алёмов С. В., Гусева Е. В., Соловьёва О. В., Тихонова Е. А., Бурдиян Н. В.,
Дорошенко Ю. В.*

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия
E-mail: odedesion67@mail.ru*

Приведены результаты комплексных исследований б. Песочная (Чёрное море, регион Севастополя), проведённых спустя 100 лет после первого описания этой бухты С. А. Зерновым. Полученные данные по уровню загрязнения донных осадков и прибрежных наносов (содержание хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов), численности бактерио-, мейо- и макрозообентоса и применение экологических индексов (BENTIX, AMBI, M-AMBI) позволили оценить акваторию в целом как благополучную и свободную от нефтяного загрязнения. Участок бухты, прилегающий к одноименному пляжу, по обнаруженным показателям бактериобентоса испытывает значительную антропогенную нагрузку. Используя данные по количественному и размерному составу митилидного обрастания, даны рекомендации по его оздоровлению.

Ключевые слова: хлороформ-экстрагируемые вещества, нефтяные углеводороды, бактериобентос, мейобентос, макрозообентос, митилиды, нефтяное загрязнение, экологическое состояние, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

На западном побережье Гераклеийского полуострова, где расположена основная часть г. Севастополя, находится небольшая, неглубоко вдающаяся в сушу бухта Песочная. Исторически она носила также названия Херсонесская бухта и бухта Шмидта. Херсонесской она называлась потому, что на её восточной стороне располагался древнегреческий город Херсонес Таврический. В 1895 г. врач Е. Э. Шмидт открыл на её берегах грязелечебницу, после чего бухта стала называться по его фамилии и называлась так до середины XX века. Сейчас она называется Песочная, что объясняется характером грунта её дна.

Впервые она была описана более 100 лет назад С. А. Зерновым (Зернов, 1913): «...бухта вся заполнена песком, кроме восточных и западных берегов. Песок в начале бухты – крупный гравий и битая ракуша, а внутрь её идёт плотный, очень мелкий серый песок, скаловый и из битой ракуши; мы его постоянно берём для устройства плотного, песчаного, не мутящегося дна в аквариумах». Из макрофитов

исследователи отметили цистозирю и зостеру, организмы макрозообентоса были представлены червями нефтисами, моллюсками – церициум и насса (трития, нассариус), ракообразными – упогебия, встречались ланцетники [1].

Впоследствии исследования б. Песочной проводились только в 1973 г. на трёх станциях [2]. Как и в начале века, дно бухты было заполнено песчаным грунтом, с зарослями морской травы вблизи берегов. Донные осадки были представлены песком с натуральной влажностью 31,2–36,3 %. Содержание хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) в донных осадках составило 0,06–0,11 г*100 г⁻¹ сух. осадка, что соответствует незагрязнённым грунтам. Две станции, расположенные в западной части бухты, отнесены к биоценозу *Tritia reticulata* (*Nassarius reticulatus* (Linnaeus, 1758)), также там была встречена и *Moerella tenuis* (*Tellina tenuis* da Costa, 1778). На более мелководной (6,5 м) станции отмечено 3 вида – указанные выше и *Diogenes pugilator* (Roux, 1829) – при общей численности организмов 140 экз.*м⁻² и биомассе 31,3 г*м⁻². Мористее, на глубине обнаружено 5 видов макрозообентоса (те же *N. reticulatus* и *M. tenuis*, а также *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), *Calyptraea chinensis* (Linnaeus, 1758), *Politiitapes aureus* (Gmelin, 1791) при общей численности 50 экз.*м⁻², биомассе 15,94 г*м⁻². На третьей станции в юго-восточной части бухты на глубине 6 м доминировала *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), на втором месте стоит *Moerella donacina* (Linnaeus, 1758). Всего на этой станции было отмечено 5 видов макрозообентоса при численности 120 экз.*м⁻² и биомассе 27,2 г*м⁻².

В июне-августе 2013 г. начался следующий этап в изучении бухты Песочная. Были проведены исследования химического состава (белок, углеводы, липиды и нефтяные углеводороды) перифитона макрообрастаний гидротехнических сооружений пляжей бухты. Показано [3], что в перифитоне концентрации белка составили 12–20 мг*100 мг⁻¹, углеводов – в пределах 2 мг*100 мг⁻¹, липидов – 2–3 мг*100 мг⁻¹, количество хлороформ-экстрагируемых веществ составило 2–3 мг*100 мг⁻¹, нефтяных углеводородов (НУВ) – в среднем 0,2–0,3 мг*100 мг⁻¹. Показатели содержания белка и соединений липидно-углеводородного комплекса довольно высокие и указывают на наличие в бухте органического загрязнения, но, поскольку концентрации НУВ незначительные, не нефтяного характера.

В настоящее время б. Песочная интенсивно используется в рекреационных целях. Также нужно отметить наличие канализационного аварийного коллектора, проложенного в середине прошлого века. В связи с этим в 2013–2015 гг. проведено исследование бактерио- и зообентоса бухты, а также содержания органических соединений в донных осадках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал отбирали в бухте Песочная (рис. 1) в течение 2013–2015 гг. как с борта маломерного судна (донные осадки, макро- и мейобентос), так и с берега (прибрежные наносы, митилидное обрастания).

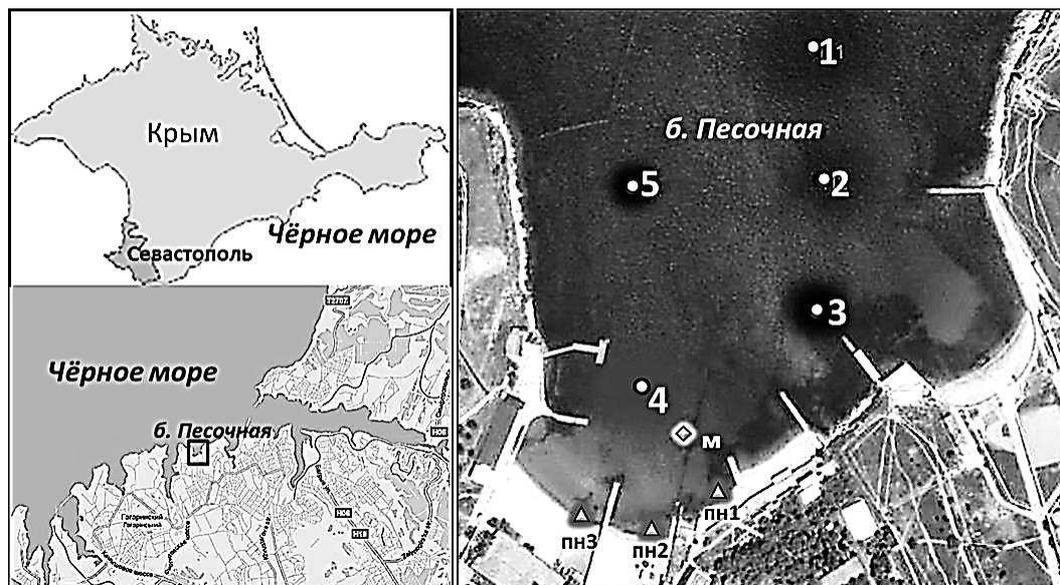


Рис. 1. Схема расположения станций в б. Песочной. Цифрами показаны номера станций отбора проб донных осадков, мейо- и макрозообентоса (2014 г.), пн – проб прибрежных наносов (2013 г.), м – отбора митилидного обрастания (2015 г.).

Пробы донных осадков на глубинах 3–12 м отбирали с помощью дночерпателя с площадью захвата 0,038 м². Для определения концентраций хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов в донных осадках и прибрежных наносах отбор проб донных осадков осуществляли дночерпателем Петерсена с глубин 6–12 м и ручным пробоотборником на урезе воды в акватории бухты Песочная. В соответственно подготовленных воздушно-сухих пробах морского грунта определяли количество ХЭВ весовым методом и НУВ методом инфракрасной спектроскопии [4, 5].

Для изучения бактериобентоса прибрежных наносов пробы отбирали шпателем и стерильно помещали в склянки с притёртыми пробками. В лаборатории определяли численность гетеротрофных и нефтеокисляющих [6], а также сульфатредуцирующих, тионовых и денитрифицирующих групп бактерий [6–8], морфологические, культуральные и физиолого-биохимические свойства которых изучали согласно руководствам [6, 8, 9–11]. В настоящей работе приведена часть исследований бактериобентоса б. Песочной, за летний сезон 2013 г., в период максимальной рекреационной нагрузки на бухту.

Для исследования макрозообентоса на каждой станции донные осадки отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,038 м² в трёх повторностях. Пробы промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм и фиксировали этиловым спиртом. Обработку фиксированного материала проводили в лабораторных условиях. Определяли видовой состав по [12–14], численность и сырой вес организмов макрозообентоса (фиксированных). Организмы макрофауны

определяли на уровне видов. Взвешивание двустворчатых моллюсков проводили после их вскрытия и удаления фиксирующего раствора из мантийной полости.

Расчет значений индекса разнообразия Шеннона (H') и индекса выровненности Пиелу (J') выполняли в приложении Diverse пакета PRIMER-5. Для определения экологического статуса акватории проведён расчёт экологических индексов с помощью соответствующего программного продукта, доступного на официальных сайтах Технологического центра AZTI Tecnalia (<http://www.azti.es>) и Греческого центра морских исследований (Hellenic Centre for Marine Research, <http://www.hcmr.gr>). При определении экологического статуса акватории учитывали граничные значения индекса H' , AMBI, M-AMBI для Чёрного моря, рекомендованные группой экспертов по интеркалибрации [15].

Для исследования мейобентоса из монолита грунта, поднятого дночерпателем на борт судна, вырезали 3 образца, которые смешивали. Пробу промывали через сито с диаметром ячеек 1 мм для удаления организмов макробентоса. Фильтрат отмучивали через мельничный газ № 76 и фиксировали этанолом. Пробы микроскопировали с определением основных групп мейобентоса с подсчётом численности каждой. Полученные результаты пересчитывали на 1 м².

Перифитон снимали ручным пробоотборником с металлической коллекторной трубы с площади 0,0256 м² в трёх повторностях. В лаборатории из него выделяли митилид, которых подсчитывали, измеряли длину и взвешивали. Данные пересчитывали на 1 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Донные осадки и прибрежные наносы. Было исследовано по 3 образца донных осадков (ст. 1–3, рис. 1) и прибрежных наносов (пн1–пн3, см. рис. 1) из б. Песочной на содержание хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов. Результаты приведены в таблицах 1 и 2. Обнаруженные концентрации ХЭВ соответствуют I уровню загрязнения морских грунтов [16] – ниже 0,005 г*100 г⁻¹, что свидетельствует о незагрязнённости нефтяными углеводородами донных осадков по линии ст. 1 – ст. 3 и прибрежных наносов пляжа.

Таблица 1.
Содержание ХЭВ и НУВ в донных осадках б. Песочная, 2014 г.

| Номер станции | Глубина, м | ХЭВ, г*100 г ⁻¹ | НУВ, мг*100 г ⁻¹ |
|---------------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 12 | 0,0065 | 2,9 |
| 2 | 9 | 0,0090 | 5,6 |
| 3 | 6 | 0,0065 | 4,0 |

Таблица 2.
Содержание ХЭВ и НУВ в прибрежных наносах б. Песочная, 2013 г.

| Номер станции | Глубина, м | ХЭВ, г*100 г ⁻¹ | НУВ, мг*100 г ⁻¹ |
|---------------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| пн1 | 0 | 0,0070 | 1,6 |
| пн2 | 0 | 0,0075 | 2,2 |
| пн3 | 0 | 0,0105 | 2,7 |

Бактериобентос прибрежных наносов. На рис. 2 и 3 представлена динамика численности бактерий в прибрежных наносах б. Песочной.

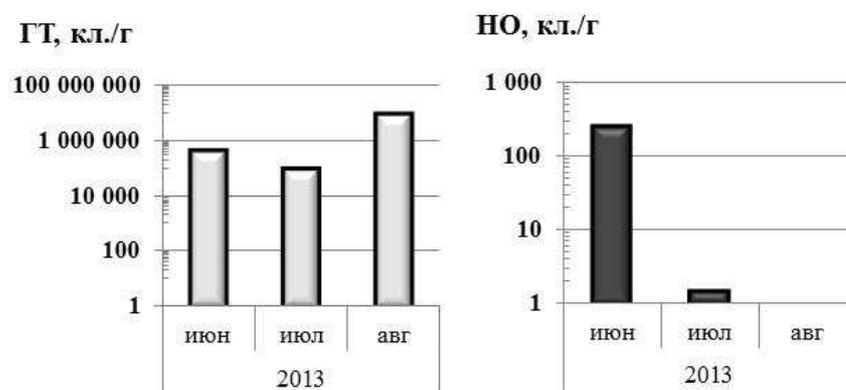


Рис. 2. Динамика численности гетеротрофных (ГТ) и нефтеокисляющих (НО) бактерий в прибрежных наносах б. Песочная.

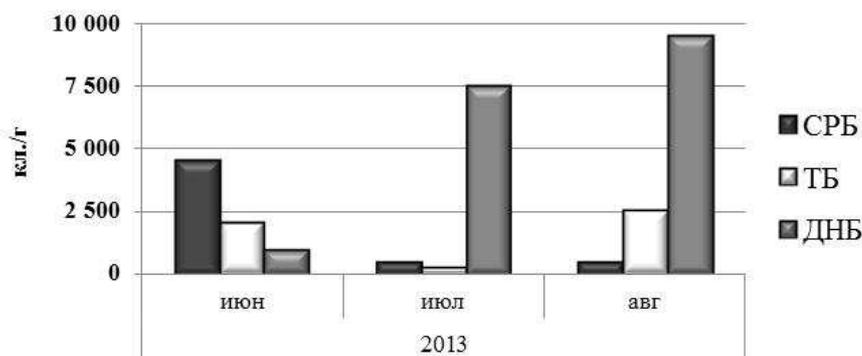


Рис. 3. Динамика численности сульфатредуцирующих (СРБ), тионовых (ТБ) и денитрифицирующих (ДНБ) бактерий в прибрежных наносах б. Песочная.

Анализ полученных данных показывает, что в прибрежных наносах в исследуемый период времени при значительной численности гетеротрофных бактерий ($9,5 \cdot 10^3 - 9,5 \cdot 10^6$) численность нефтеокисляющих низкая ($0,4 - 2,5 \cdot 10^2$), что может свидетельствовать о наличии органического загрязнения, не носящего нефтяного характера. Это подтверждается данными по анаэробной бактериофлоре – ростом в течение летнего сезона количества денитрификаторов.

Мейобентос. Исследования мейобентоса бухты Песочная впервые проведены в 2014 г., более ранние данные по этому району отсутствуют. На пяти станциях обнаружено 12 таксономических групп высокого ранга (от отряда до класса) мейобентосных организмов, 5 из которых относятся к представителям постоянного

компонента данной размерной группировки – эвмейобентосу, 7 – к его временному компоненту – псевдомейобентосу (рис. 4). Максимальная численность мейобентоса обнаружена на ст. 4, минимальная – на ст. 5 (табл. 3).

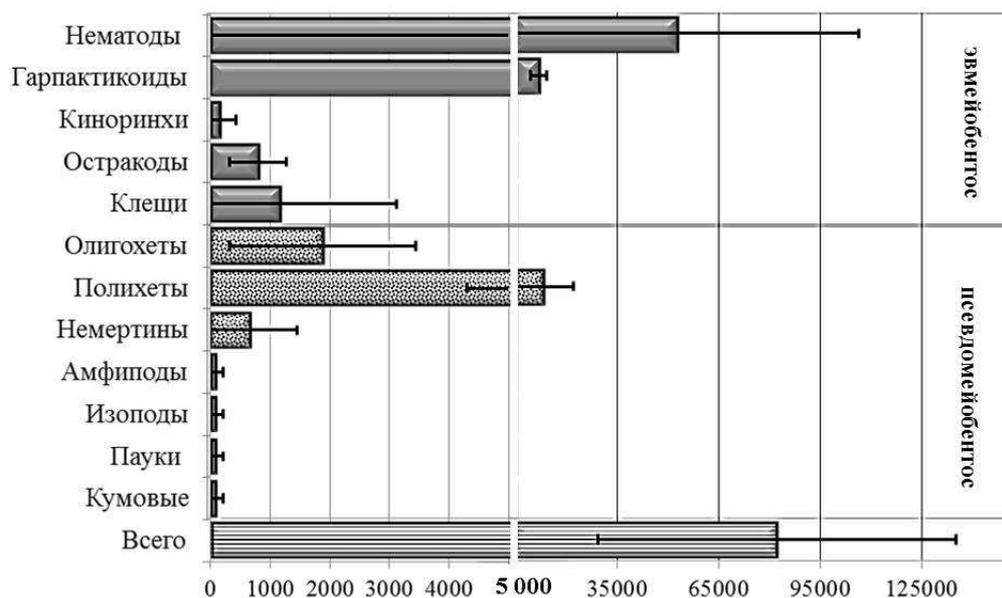


Рис. 4. Средняя численность (со стандартным отклонением) мейобентоса б. Песочная по таксономическим группам с разбивкой на постоянный и временный компоненты.

На всех станциях, кроме ст. 5, доминируют нематоды, составляя от 32,8 до 90,8 %. На втором месте по численности, кроме ст. 4 и 5, находятся полихеты. Гарпактикоиды встречаются на всех станциях: 6,1–50,7 % от общей численности. Остальные группы, как эвмейобентоса, так и псевдомейобентоса представлены в б. Песочной незначительно (рис. 4). Обнаруженные плотность и, в особенности, таксономическое разнообразие характерны для чистых районов акватории Севастополя [17, 18].

Таблица 3.
Плотность поселения и таксономическое разнообразие мейобентоса по станциям в б. Песочная

| Показатель | ст. 1 | ст. 2 | ст. 3 | ст. 4 | ст. 5 |
|-----------------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Количество групп | 7 | 8 | 7 | 4 | 6 |
| Численность, экз.*м ⁻² | 121 322 | 56 328 | 42 968 | 165 374 | 24 192 |
| $A_{эв} / A_{псевдо}$ * | 3,3 | 2,73 | 2,1 | 37,2 | 2,0 |
| $Nem/Harp$ ** | 4,39 | 2,43 | 1,56 | 14,86 | 0,15 |

* соотношение численности организмов эвмейобентоса/псевдомейобентоса

** нематодно-копеподный индекс

Специалистами, изучающими распределение мейобентоса в условиях различной загрязнённости донных осадков, осторожно используется так называемый «нематодно-копеподный индекс» – соотношение численности этих двух групп (табл. 4) [19–22]. Применение его усложняется разнообразием условий обитания мейобентосных организмов [23], однако в сходных условиях использование его возможно [24].

Предыдущими многолетними исследованиями нами [17, 18, 24] было обнаружено, что в регионе Севастополя значение данного индекса ниже 10 свидетельствует об отсутствии в донных осадках исследуемой станции загрязнений, в особенности нефтяными углеводородами. Показатель ст. 4, вкуче с высокой долей нематод в общей численности мейобентоса и наименьшим таксономическим разнообразием (см. табл. 3), свидетельствует, скорее всего, о большей загрязнённости данного участка в сравнении с остальными. Совокупность показателей на остальных станциях свидетельствует о благополучии экологического состояния биоценозов данного региона.

Макрозообентос. На 5-ти исследованных станциях отмечено 29 видов макрозообентоса, в числе которых 13 видов Mollusca (10 видов Bivalvia и 3 вида Gastropoda), 3 – Crustacea, 12 – Polychaeta, также на двух станциях присутствовал ланцетник (*Branchiostoma lanceolatum* [Pallas, 1774]). Таксономическое разнообразие по станциям представлено на рис. 5.

Численность макробентоса варьировала от 632 до 2116 экз.*м⁻², биомасса – от 13,5 до 65,2 г*м⁻² (табл. 4). По численности на ст. 2 и 3 преобладали полихеты – 53 и 87 % соответственно, на остальных – двустворчатые моллюски – 65–76 %. По биомассе на всех исследованных участках доминируют моллюски – от 88 до 99 %. Максимальные значения биомассы моллюсков отмечены на ст. 5, 3 и 1 – 41,5, 43,9 и 64,5 г*м⁻² соответственно. При этом на большинстве станций доминирует сестонофаг *Chamelea gallina* и только на ст. 5 – плотоядная гастропода *Nassarius reticulatus*. Из полихет наибольшие показатели численности наблюдались у *Protodorvillea kefersteini* (McIntosh, 1869), биомассы – у *Cirriformia tentaculata* (Montagu, 1808), *Ophelia limacina* (Rathke, 1843) и *Perinereis cultrifera* (Grube, 1840). Вклад ракообразных в общую численность не превышает 2 %, в общую биомассу – 5 %. На ст. 1 ракообразные не отмечены. Наиболее распространены в исследованном районе двустворчатые моллюски *Ch. gallina*, *Gouldia minima* (Montagu, 1803) (встречены на всех станциях), на трёх станциях отмечены *Diogenes pugilator*, *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *P. kefersteini*. Эти виды характерны для прибрежных биоценозов на незагрязнённых участках побережья Крыма.

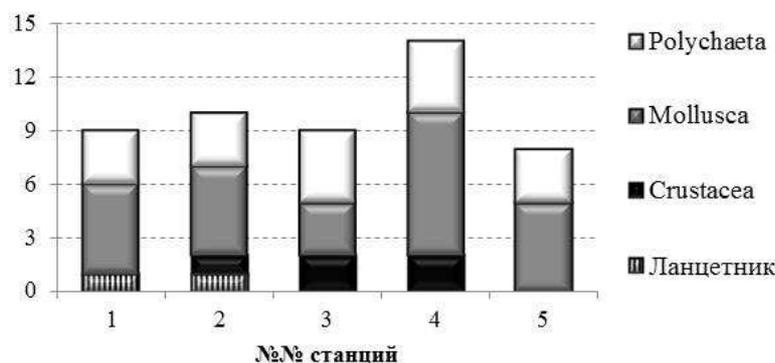


Рис. 5. Число видов макрозообентоса разных таксонов на станциях в б. Песочная.

Таблица 4.
Численность и биомасса макрозообентоса разных таксонов в б. Песочная

| Таксоны | №№ станций | | | | |
|--------------|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ст. 1 | ст. 2 | ст. 3 | ст. 4 | ст. 5 |
| | Численность, экз.*м ⁻² | | | | |
| Crustacea | 0 | 32 | 42 | 18 | 18 |
| Polychaeta | 253 | 379 | 1832 | 114 | 211 |
| Gastropoda | 0 | 95 | 0 | 18 | 35 |
| Bivalvia | 705 | 200 | 242 | 482 | 479 |
| Прочие | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| Всего | 968 | 716 | 2116 | 632 | 742 |
| | Биомасса, г*м ⁻² | | | | |
| Crustacea | 0 | 0,019 | 1,001 | 0,111 | 0,617 |
| Polychaeta | 0,589 | 0,556 | 0,139 | 0,270 | 0,474 |
| Gastropoda | 0 | 1,459 | 0 | 5,137 | 37,886 |
| Bivalvia | 64,516 | 10,440 | 43,855 | 18,312 | 3,576 |
| Прочие | 0,102 | 1,025 | 0 | 0 | 0 |
| Всего | 65,207 | 13,499 | 44,995 | 23,830 | 42,553 |

Таким образом, исследованный участок характеризуется как достаточно высоким видовым разнообразием, так и значительной численностью, что близко к показателям для незагрязнённых акваторий региона Севастополя, где численность макробентоса, как правило, превышает 1000 экз.*м⁻², а биомасса 50–100 г*м⁻² [25].

Показатели видового разнообразия в целом достаточно сходны на всех станциях (рис. 6). На ст. 3 отмечено снижение значений индекса Шеннона (как по биомассе, так и по численности), что связано с высокой численностью на данном участке полихеты *Protodorvillea kefersteini* (более 75 % от общей численности макробентоса) и биомассы *Chamelea gallina* (85% от общей биомассы).

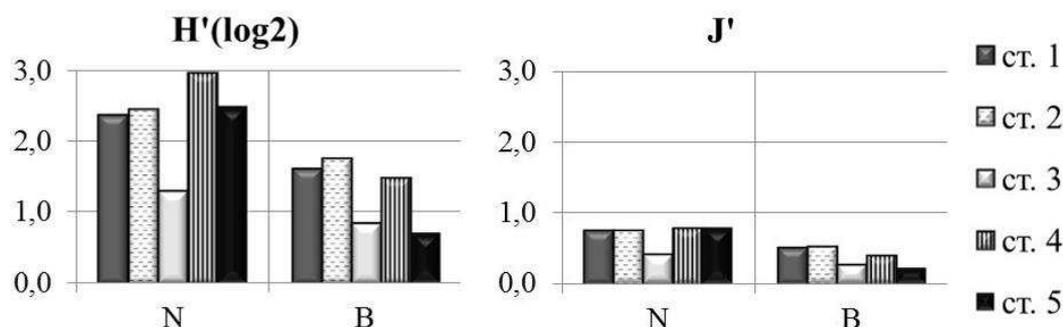


Рис. 6. Значения индекса видового разнообразия Шеннона (H') и индекса выравненности Пилоу (J'), рассчитанные по численности (N) и биомассе (B) видов макрозообентоса.

Экологические индексы BENTIX [26], AMBI [27], определяемые по соотношению численности чувствительных и устойчивых к загрязнению видов, в целом характеризуют экологическое состояние данной акватории как «высокое» (табл. 5). Вместе с тем многокомпонентный индекс M-AMBI [28], учитывающий также богатство видов и показатель разнообразия (индекс Шеннона), на большинстве участков оценивает экологическое состояние как «среднее».

Таблица 5.
Значения экологических индексов и соответствующая им классификация экологического качества акватории

| №№ ст. | BENTIX | Классификация | AMBI | Классификация | M-AMBI | Классификация |
|--------|--------|---------------|------|---------------|--------|---------------|
| 1 | 5,26 | HIGH | 0,70 | HIGH | 0,53 | Moderate |
| 2 | 3,88 | HIGH | 1,19 | HIGH | 0,52 | Moderate |
| 3 | 2,84 | HIGH | 1,28 | GOOD | 0,41 | Moderate |
| 4 | 5,44 | HIGH | 0,40 | HIGH | 0,64 | Good |
| 5 | 4,68 | HIGH | 0,82 | HIGH | 0,54 | Moderate |

Мидии и митилястеры. Получены данные о численности и размерном составе митилидного обрастания. Средняя численность мидий на единицу площади (1 м²) составила 9,1 тыс. экз., митилястеров – 193,4 тыс. экз. По размерам как среди

мидий, так и среди митилястеров доминировали моллюски длиной до 10 мм (53 и 56 % соответственно), размерная группировка до 20 мм представлена 37 и 44 % от общей численности соответственно, более крупные экземпляры встречены единично (рис. 7).

Расчёт суточного объёма биофильтра проводился по [29] для мидий и по [30] для митилястеров. Вклад мидий составил $1,7 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}^{-1}$, митилястеров – $148,1 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}^{-1}$ с единицы площади, суммарный – $149,8 \text{ м}^3 \cdot \text{сут.}^{-1}$. Наиболее активный вклад в фильтрацию морской воды вносят в исследуемом биоценозе моллюски размерами 11–20 мм (48,5 % от объёма биофильтра всех мидий и 88,3 % от сходного показателя – митилястеры) (рис. 7). Доля всех мидий в суммарной суточной мощности биофильтра митилидного обрастания – 1,0 %, митилястеров – 99 %.

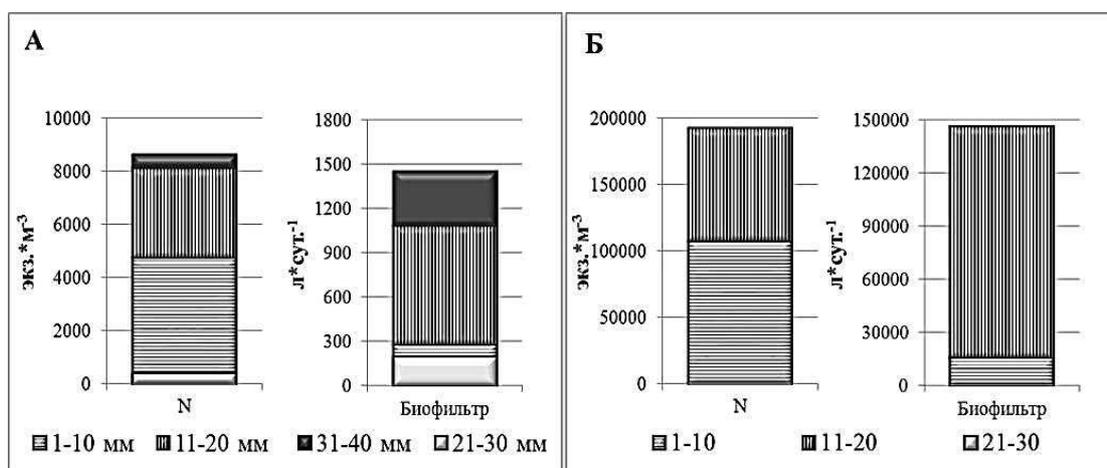


Рис. 7. Вклад разных размерных группировок мидий (А) и митилястеров (Б) в общую численность поселений и мощность биофильтра.

Расчёты и рекомендации. Как видно по характеристикам мейобентоса на ст. 4 и данным по микробиологии прибрежных наносов, значительная антропогенная нагрузка в большей степени сказывается на мелководном (до 3 м глубины) участке бухты Песочная, где расположен одноимённый пляж (напротив ст. 4) (рис. 8). Здесь мало зарослевых сообществ, которые занимают остальное побережье, а донные осадки представлены мелким песком. На основе полученных данных мы рассчитали площадь, которую в этом районе должны занимать моллюски-фильтраторы, чтобы обеспечивать суточное очищение морской воды.

Принимая приближённо объём морской воды как половину параллелепипеда, мы получили 21450 м^3 и, соответственно, площадь дна под ним – 14300 м^2 . Обитающие на трубе коллектора митилиды и, в донных осадках, другие виды моллюсков-фильтраторов (например, *Chamelea gallina*) могут пропускать через популяцию, при обнаруженной плотности поселений на единицу площади, 150 м^3 морской воды в сутки. Для того, чтобы рассчитанный объём воды этого участка бухты был профильтрован 1 раз в сутки, необходимо не менее 143 м^2 поверхности,

покрытой митилидами, чего в современных условиях нет. Поэтому мы рекомендуем использование систем гидробиологической очистки (искусственные рифы) морской воды для улучшения санации акватории. Так, нашими предшествующими исследованиями [31] установлено, что на 1 м² СГО через год после её размещения мощность биологической фильтрации может превышать 250 м³*сут⁻¹, а через три года – 450 м³*сут⁻¹. Следовательно, установка СГО с площадью поверхности носителя не менее 50 м² через 3 года будет полностью перекрывать потребность в биологической очистке морской воды в указанной части акватории, а с увеличенной до 80 м² – справится с негативными последствиями антропогенной нагрузки уже через год.



Рис. 8. Участок б. Песочная, прилегающий к пляжу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на результатах комплексных санитарно-биологических исследований, можно сделать вывод о современной экологической обстановке в б. Песочной, оценив её в целом как благополучную. На это указывают как показатели загрязненности прибрежных наносов и численность в них различных групп бактерий в 2013 г., так и результаты исследования донных осадков и зообентоса, проведенных в 2014 г. Обнаруженные высокие качественно-количественные показатели и таксономическое разнообразие бентосных многоклеточных организмов, незначительное содержание нефтяных углеводородов в донных осадках и прибрежных наносах, низкие титры нефтеокисляющих бактерий свидетельствуют об отсутствии нефтяного загрязнения данной акватории. Однако значительная численность анаэробных бактерий в прибрежных наносах пляжа летом 2013 г., интенсивно используемого в рекреационных целях, может указывать на возрастание антропогенной нагрузки на акваторию бухты в летнее время года. Также в 2014 г. на участке, расположенном вблизи канализационного аварийного коллектора, показатели мейобентоса (низкое таксономическое разнообразие и

повышенные значения нематодно-копеподный индекса) указывают на возможное загрязнение органическими соединениями донных осадков этой части бухты. В качестве мер по улучшению санитарного состояния бухты предложено размещение систем гидробиологической очистки/искусственного рифа с поверхностью носителя, пригодного для обрастания моллюсками-фильтраторами не менее 50 м².

Список литературы

1. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря / С. А. Зернов // Записки Императорской Академии Наук. – СПб., Тип. Имп. АН. – 1913. – Т. 32., № 1. – 304 с.
2. Миловидова Н. Ю. Изменения донных биоценозов Севастопольских бухт за период 1913 по 1973 гг. / Н. Ю. Миловидова // Биология моря. – 1975. – Вып. 35. – С. 117–124.
3. Муравьева И. П. Химический состав перифитона с макрообрастаний гидротехнических сооружений рекреационной зоны Севастополя (Чёрное море) / И. П. Муравьева, Т. О. Миронова // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского (Серия «Биология, химия»). – 2013. – Том 26 (65), № 3. – С. 144–151.
4. Методические указания РД 52.10.556-95. «Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси». – М.: Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – 56 с.
5. Кирюхина Л. Н. Химическая и микробиологическая характеристика донных осадков севавтопольских бухт в 2003 г. / Л. Н. Кирюхина, О. Г. Миронов // Экология моря. – Севастополь, – 2004. – Вып. 66. – С. 53–58.
6. Практикум по микробиологии / Под ред. А. И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.
7. Бурдиян Н. В. Сульфатредуцирующие, тионовые, денитрифицирующие бактерии в прибрежной зоне Чёрного моря и их роль в трансформации нефтяных углеводородов: автореф. дис. канд. биол. наук: спец. 03.00.18 «Гидробиология» / Н. В. Бурдиян. – Севастополь, 2011. – 24 с.
8. Романенко В. И. Экология микроорганизмов пресных водоёмов / В. И. Романенко, С. И. Кузнецов. – Л.: Наука, 1974. – 194 с.
9. Каравайко Г. И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд / Г. И. Каравайко, С. И. Кузнецов, А. И. Голомзик – М: Наука, 1972. – 248 с.
10. Микромир в санитарно-биологических исследованиях / Под ред. О. Г. Миронова – Севастополь: Манускрипт, 1995. – 95 с.
11. Сорокин Ю. И. Микрофлора грунтов Чёрного моря / Ю. И. Сорокин // Микробиология. – 1962. – 31. Вып. 5. – С. 899–903.
12. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. – Киев: Наукова думка, 1968. – Т. 1. – 437 с.
13. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. – Киев: Наукова думка, 1969. – Т. 2. – 536 с.
14. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. – Киев: Наукова думка, 1972. – Т. 3. – 340 с.
15. WFD intercalibration technical report. Part 3. – Coastal and Transitional Waters. Sect. 2 - Benthic invertebrates // JRC Scientific and Technical Reports, 2009. – P. 19–108. (http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library).
16. Миронов О. Г. О предельно-допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Чёрного моря / О. Г. Миронов, Н. Ю. Миловидова, Л. Н. Кирюхина // Гидробиол. журнал. – 1986. – 22, № 6. – С. 77–78.
17. Гусева Е. В. Мейобентос илистых донных осадков некоторых севавтопольских бухт (Чёрное море) в период с 1994 по 2003 год / Е. В. Гусева // Экология моря – Вып. 66. – 2004. – С. 37–41.
18. Гусева Е. В. Мейобентос Балаклавской бухты (Чёрное море) / Е. В. Гусева // Экология моря – Вып. 73. – 2007. – С. 28–30.
19. Воробьёва Л. В. Мейобентос украинского шельфа Чёрного и Азовского морей / Л. В. Воробьёва – Киев: Наукова думка, 1999. – 298 с.

20. Raffaelli D. G. Pollution Monitoring with Meiofauna, Using the Ratio of Nematodes to Copepods / Raffaelli D. G., Mason C. F. // *Mar. Poll. Bull.* – 1981. – 12, N 5. – P. 159–163.
21. Warwick R. The Nematode/Copepod Ratio and Use in Pollution Ecology / Warwick R. // *Mar. Poll. Bull.* – 1981. – 12, N 10. – P. 329–333.
22. Mazzola A. Initial Fish Farm Impact on Meiofaunal Assemblages in Coastal Sediments of Western Mediterranean / Mazzola A., Mirto C., Danovaro R. // *Mar. Poll. Bull.* – 1999. – 38, N 12. – P. 1126–1133.
23. Гусева Е. В. Влияние нефтяного загрязнения на мейобентосное сообщество (экспериментальные данные) / Е. В. Гусева // *Экология моря* – Вып. 66. – 2004. – С. 33–36.
24. Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / Под общ. ред. О. Г. Миронова: ИнБЮМ НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 192 с.
25. Миронов О. Г. Санитарно-биологические аспекты экологии севастопольских бухт в XX веке: монография / О. Г. Миронов, Л. Н. Кирюхина, С. В. Алёмов. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 185 с.
26. Simboura N. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic index / Simboura N., Zenetos A. // *Mediterr. Mar. Sci.* – 2002. – 3, N 2. – P. 77–111.
27. Borja A. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments / Borja A., Franco J., Pérez V. // *Mar. Poll. Bull.* – 2000. – 40, N 12. – P. 1100–1114.
28. Muxika I. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive / Muxika I., Borja A., Bald J. // *Mar. Poll. Bull.* – 2007. – 55. – P. 16–29.
29. Печень-Финенко Г. А. Фильтрационная активность мидий в условиях Севастопольской бухты / Г. А. Печень-Финенко // *Гидробиол. журн.* – 1992. – Т. 28, № 5. – С. 44–50.
30. Петров А. Н. Изучение респираторной и фильтрационной активности у двух видов моллюсков в зависимости от экологических особенностей мест обитания / А. Н. Петров, Н. К. Ревков // *Проблемы современной биологии* / МГУ им. М. В. Ломоносова, биол. фак-т. – М., 1987. – С. 48–50. – Деп. В ВИНТИ, май 1987. – № 66252 – В87.
31. Eremeev V. N. Biological diversity of the coastal zone of the Crimean peninsula: problems, preservation and restoration pathways / V. N. Eremeev, A. R. Boltachev, B. G. Aleksandrov, S. V. Alyomov, Yu. A. Zagorodnya, E. P. Karpova, L. A. Manzhos, V. V. Gubanov / NASU, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas NAS Ukraine. – Sevastopol, 2012. – P. 81–85.

THE RESULTS OF COMPLEX SANITARY-BIOLOGICAL RESEARCHES OF THE PESOCHNAYA BAY (BLACK SEA, SEVASTOPOL REGION)

Alyomov S. V., Guseva E. V., Solovyova O. V., Tikhonova E. A., Burdiyan N. V., Doroshenko Y. V.

*Institute of Marine Biological Research A.O. Kovalevsky RAS, Sevastopol, Russia
E-mail: tihonova@mail.ru*

The results of complex research of Pesochynaya bay (Black Sea, Sevastopol region) conducted after 100 years after the first description of this Bay by S. A. Zernov. The data about the contamination level of the sea bottom and coastal sediments (the concentration of chloroform-extracted substances and oil hydrocarbons) as well as bacteria, meiobenthos and macrozoobenthos number, and the application of environmental indexes (BENTIX, AMBI, M-AMBI) allowed to estimate the water area status as safe and free from oil pollution. The part of the bay near to the beach, according to detected parameters of bacteriobenthos suffers from significant anthropogenic pressure. On the ground of the

quantity and size of mytilidae fouling the recommendations for its improvement has been given. High qualitative and quantitative indicators and taxonomic diversity of benthic multicellular organisms, low content of oil hydrocarbons in sea bottom and coastal sediments, and low titers of oil-oxidizing bacteria evidenced of no oil contamination of the water area. However, a large number of anaerobic bacteria in the beach coastal sediments, heavily used for recreational purposes, may indicate the increase in the anthropogenic load on the waters of the bay in the summer time. As the measures to improve the sanitary conditions of the bay, offered installation of hydrobiological cleaning systems / artificial reef with the surface of a carrier suitable for filter-feeder mollusks, at least 50 m².

Keywords: chloroform-extractable substances, oil hydrocarbons, bacteriobentos, meiobenthos, macrozoobenthos, mytilids, ecological statement, the Black Sea.

References

1. Zernov S. A. The question of studying the life of the Black Sea. *Notes of the Imperial Academy of Sciences*. 32, 1. 304 p. (St. Petersburg, Typography by Emperor Academy of Sciences, 1913)
2. Milovidova N. Y. Changes to benthic biocoenoses Sevastopol bays for the period 1913 to 1973. *Biology of the Sea*. 35 (1975)
3. Muravyova I. P., Mironova T. O. Periphyton chemical composition from hydrotechnical construction macrofoulings in the recreational zone of Sevastopol (Black Sea). *Tavrida National V. I. Vernadsky University, Series «Biology, chemistry»*. 26 (65), 3 (2013).
4. Guidelines «Determination of pollutants in the marine bottom sediments and suspension», Federal hydrometeorology and environmental monitoring service of Russia. p. 18. (1996).
5. Kiryukhina L. N., Mironov O. G. Chemical and microbiological characteristics of bottom sediments of Sevastopol Bay 2003. *Ecology of the Sea*. 66 (2004)
6. Practical work on microbiology. 608 p. (Moscow: Publishing center "Academy", 2005)
7. Burdiyan N. V. Sulfate-reducing, thiobacteria and denitrifying bacteria in the coastal zone of the Black Sea and their role in oil hydrocarbon transformation: author. disser. 24 p. (Sevastopol, 2011)
8. Romanenko V. I., Kuznetsov S. I. Ecology of freshwater microorganisms. 194 p. (Leningrad, Nauka, 1974).
9. Karavaiko G. I., Kuznetsov S. I., Golomzik A. I. The role of microorganisms in the leaching of metals from ores. 248 p. (Moscow, Nauka, 1972).
10. Microcosm in the sanitary-biological studies. 95 p. (Sevastopol: Manuscript, 1995).
11. Sorokin Y. I. The bottom sediment microflora of the Black Sea. *Microbiology*. 31, 5 (1962)
12. The Guide fauna of Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. 1. 437 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1968)
13. The Guide fauna of Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. 2. 536 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1969)
14. The Guide fauna of Black and Azov Seas. Free-living invertebrates. 3. 340 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1972)
15. WFD intercalibration technical report. Part 3. Coastal and Transitional Waters. Sect. 2 Benthic invertebrates. *JRC Scientific and Technical Reports*. 108. P. 19 (2009) (http://circa.europa.eu/Public/irc/jrc/jrc_eewai/library).
16. Mironov O. G., Milovidova N. Yu., Kiryukhina L. N. About the maximum permissible concentrations of oil products in bottom sediments of the coastal zone of the Black Sea. *Hydrobiological journal*. 22. 6. (1986)
17. Guseva E. V. Meiobenthos from silty sediment in several Sevastopol Bays (the Black Sea) in the period from 1994 to 2003. *Ecology of the Sea*. 66 (2004)
18. Guseva E. V. Meiobenthos of Balaklavskaya Bay (Black Sea). *Ecology of the Sea*. 73 (2007).
19. Vorobyova L. V. Meiobenthos Ukrainian shelf of the Black and Azov Seas. 298 p. (Kiev, Naukova Dumka, 1999)
20. Raffaelli D. G., Mason C. F. Pollution Monitoring with Meiofauna, Using the Ratio of Nematodes to Copepodes. *Marine Pollution Bulletin*. 12, 5 (1981)

21. Warwick R. The Nematode/Copepod Ratio and Use in Pollution Ecology. *Marine Pollution Bulletin*. **12**, 10 (1981)
22. Mazzola A., Mirto C., Danovaro R. Initial Fish Farm Impact on Meiofaunal Assemblages in Coastal Sediments of Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*. **38**, 12 (1999)
23. Guseva E. V. Influence of oil pollution on meiobenthic community (experimental data). *Ecology of the Sea*. **66** (2004)
24. Sanitary-biological investigation in coastal area of Sevastopol region. 192 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2009)
25. Mironov O. G., Kiryukhina L. N., Alyomov S. V. Sanitary-biological aspects of the Sevastopol bays ecology in XX century. 185 p. (Sevastopol: ECOSY-Hydrophysics, 2003)
26. Simboursa N., Zenetos A. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic index. *Mediterranean Marine Science*. **3**, 2 (2002)
27. Borja A., Franco J., Pérez V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*. **40**, 12 (2000)
28. Muxika I., Borja A., Bald J., Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*. **55** (2007)
29. Pechen-Finenko G. A. Filtration activity of the mussels under the Sevastopol bay. *Hydrobiological journal*. **28**, 5 (1992)
30. Petrov A. N., Revkov N. K. The study of respiratory and filtration activity of two species of mollusks depending on the environmental characteristics of habitat. *Problems of modern biology*. P. 48–50. (Moscow, Moscow State M. V. Lomonosov University, biological department, 1987)
31. Ereemeev V. N., Boltachev A. R., Aleksandrov B. G., Alyomov S. V., Zagorodnya Yu. A., Karpova E. P., Manzhos L. A., Gubanov V. V. Biological diversity of the coastal zone of the Crimean peninsula: problems, preservation and restoration pathways. P. 81–85. (Sevastopol, 2012)

Поступила в редакцию 10.12.2015 г.