

Н.В. Ковалева, В.И. Мединец

Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Украина

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

Приведены и проанализированы результаты оценки качества прибрежных морских вод возле острова Змеиный за 2004-2014 гг. с использованием индекса *TRIX*. Показано, что в большинстве случаев качество прибрежных вод отвечало мезотрофному (40 %) и эвтрофному (43 %) статусу с тенденцией улучшения состояния на протяжении последних 11 лет. Приведенные результаты статистического анализа показали, что наиболее тесные корреляционные взаимосвязи наблюдаются между индексом *TRIX*, прозрачностью и соленостью. Рекомендуется использовать индекс *TRIX* для оценки качества морских вод в национальном масштабе для всего Черного моря. Показано, что район Черного моря возле острова Змеиный можно рекомендовать в качестве референтного для всей северо-западной части Черного моря.

Ключевые слова: индекс TRIX, Черное море, остров Змеиный, прибрежные воды

N.V. Kovalova, V.I. Medinets

I.I. Mechnykov Odesa National University, Ukraine

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE ZMIINYI ISLAND COASTAL WATER QUALITY

The results of marine coastal waters adjacent to the Zmiinyi Island quality assessment using *TRIX* Index for 2004-2014 have been presented and analyzed. It has been shown that coastal water quality in most cases corresponds to mesotrophic (40 %) and eutrophic (43 %) status with the trend towards water quality improvement during past 11 years. Results of statistical analysis have been presented, showing that the tightest correlation relationships are observed between *TRIX* Index, transparency and salinity. Using of *TRIX* Index for marine water quality assessment in the National scale and for the entire Black Sea has been proposed. It has been shown that the water area around the Zmiinyi Island could be recommended as a reference area for the entire North-western part of the Black Sea.

Keywords: TRIX index, Black Sea, Zmiinyi Island coastal waters

УДК 591.9 (262.5)

М.А. КОВАЛЁВА, М.В. МАКАРОВ, Н.А. БОЛТАЧЁВА, Л.В. БОНДАРЕНКО

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского
пр. Нахимова, 2, Севастополь, АР Крым

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МАКРОФАУНЫ СКАЛ В АКВАТОРИИ КАРАДАГА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Получены данные о видовом составе, численности и биомассе макрофауны на скалах акватории Карадага (юго-восточный Крым) в 2009–2012 гг. С использованием индексного подхода проведён сравнительный анализ развития макрозообентоса за периоды 1938–1940, 1976–1978 и 2009–2012 гг. Выявлены значительные изменения количественных показателей развития сообщества и уровня его биоразнообразия, произошедшие за это время.

Ключевые слова: сообщество скал, Mytilus galloprovincialis, Mytilaster lineatus, многолетняя динамика, Чёрное море, Карадаг

Первое детальное исследование бентоса на жёстких субстратах в Чёрном море проведено И. В. Шароновым на Карадагской биостанции в 1938-40 гг. [8]. В 1976-78 гг. его съёмку повторил И. А. Синегуб [7], а в 2009, 2011-12 гг. авторы данной статьи [3, 4]. Методика и места сбора проб были схожими во все три периода.

Цель работы – изучить современное состояние и многолетнюю динамику сообщества макрозообентоса естественных твёрдых субстратов в акватории Карадагского природного заповедника.

Материал и методы исследований

Летом 2009, 2011 и 2012 гг. на скалах акватории Карадага водолазами отобрано 55 количественных проб макрозообентоса. Для отбора материала использовали бентосные рамки площадью 0,04 и 0,06 м², обшитые мельничным газом с диаметром ячеек 0,5 мм. Фиксировали 4 % раствором формальдегида. В камеральных условиях материал разбирали по крупным таксономическим группам и идентифицировали. Для каждого вида определяли среднюю численность – N, экз.·м⁻², среднюю биомассу – B, г·м⁻² и встречаемость – P, %. Сообщества выделяли по доминирующему по биомассе виду [1].

Для сопоставления полученных данных с литературными мы объединили материалы в одну интегральную пробу. Для сравнения плотности видов на единицу площади и выравнивания относительного распределения особей среди видов в сообществе строили кривые доминирования – разнообразия и к-доминантные кривые [8, 9].

Доминирование изучали с помощью индекса Симпсона, биоразнообразие – по индексу Шеннона, видовое богатство – по индексу Маргалефа, выравнивание – с помощью индекса Пиелу [6]. В работе [8] автор не привел полного списка видов, однако список есть в неопубликованных данных, сохранённых в библиотеке Карадагского заповедника. Именно эти данные И. В. Шаронова использованы нами для сравнительного анализа количественного распределения фауны в разные периоды исследований.

Результаты исследований и их обсуждение

В пробах 2009-12 гг. обнаружено 87 видов гидробионтов: Crustacea – 35 видов (42,5 % общего количества видов), Polychaeta – 26 видов (31 %), Mollusca – 16 видов (18 %). Представители Hydrozoa, Nemertea, Turbellaria, Oligochaeta, Acarina, Insecta до вида не идентифицированы. Средняя численность макробентоса на исследованном полигоне составила 15848 ± 250 экз.·м⁻², а биомасса – 2991 ± 47 г·м⁻². По численности и биомассе преобладали моллюски, их количественные показатели – 12459 экз.·м⁻² и 2975 г·м⁻². Это объясняется обилием представителей митилид (97 % численности и 99,8 % биомассы всех моллюсков). При этом на долю *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 приходилось 2,7 % численности и 42,7 % биомассы всех Mollusca, а на долю *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) – соответственно 95 % и 57,1%. Это позволяет нам выделить в обрастании скал Карадага в сообщество митилистера. Сравнительный анализ развития макрозообентоса на скалах Карадага в периоды 1938-40 гг., 1976–78 гг. и 2009-12 гг. показал, что средняя биомасса бентоса в исследованные годы существенно отличались ($1046,1$ г·м⁻², $9761,5$ г·м⁻² и 2991 г·м⁻² соответственно), в то время как общая численность оставалась на одном уровне. Увеличение биомассы в 1970-е гг. было обусловлено всплшкой количественного развития скаловой мидии, предполагаемая причина которой – реакция на увеличение общего уровня эвтрофирования вод в это время [2].

При сравнении наших данных с литературными [7, 8] использовали индексный подход. Проанализированы индексы доминирования (рис. 1), с использованием индекса Симпсона (D), который отражает концентрацию доминирования и измеряется от 0 до 1. В 1938-40 гг. его показатель составил 0,14, в 1976-78 гг. – 0,16, а в 2009-12 гг. – 0,5.

Оказалось, что в 2000-е годы уровень доминирования выше, чем в предыдущие годы, а, следовательно меньше разнообразие (1–D). Разнообразие также анализировали по индексу Шеннона, придающему больший вес редким видам. В 1938-40 гг. этот индекс равнялся 3,57, в 1976-78 гг. – 3,3, а в 2009-12 гг. – 1,9. Иными словами, разнообразие сообщества в эти периоды исследований постоянно снижалось. Выравнивание считали с помощью индекса Пиелу. Чем ближе его значение к единице, тем выше этот показатель для сообщества. Выравнивание

также снижалась от 0,6 в 1938-40 гг. до 0,52 в 1970-е и до 0,3 в 2000-е гг. Индекс Маргалефа, однако, был наиболее высоким в 2009-12 гг. Этот индекс отражает биоразнообразие относительно видового богатства, а так как количество видов в количественных материалах в 1938-40 гг. было ниже, чем в другие годы, то и значение данного индекса для этого периода самое низкое. По результатам применённого индексного подхода можно констатировать, что разнообразие и выравненность сообщества скал постоянно уменьшались с 1938-40 гг. до 2009-12 гг., а уровень доминирования в нем повышался.

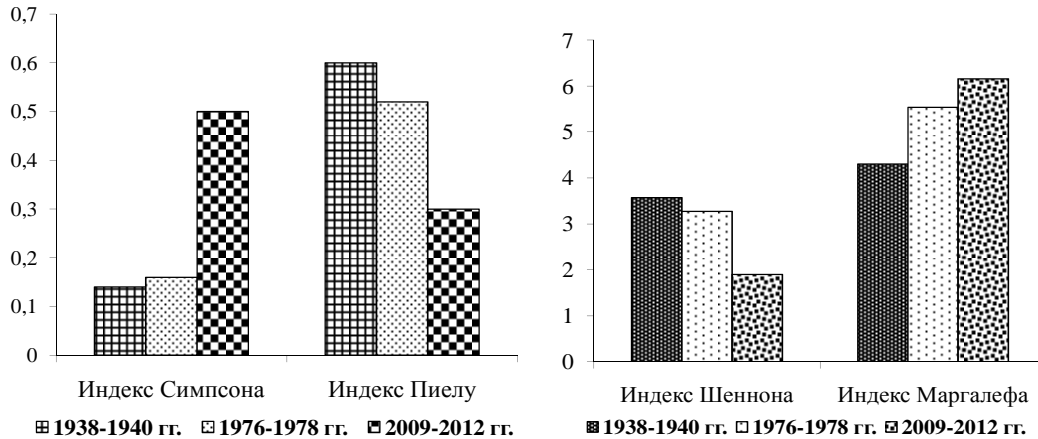


Рис. 1. Индексы доминирования Симпсона, выравненности Пиелу, разнообразия Шеннона и видового богатства Маргалефа в сообществах скал Карадага в сравниваемые периоды

Для оценки выравненности видов построили также график доминирования – разнообразия макрозообентоса по численности (рис. 2).

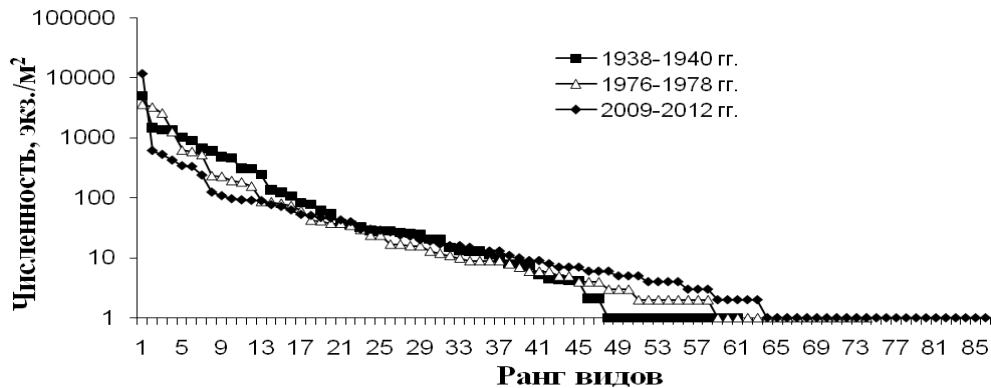


Рис. 2. Кривые рангового распределения видов макрозообентоса на скалах Карадага в разные годы исследований

В 1938-40 гг. доминирует один вид – *M. lineatus* (39 % общей численности), содоминантами являются три вида ракообразных – *Erichthonius difformis* M. - Edwards, 1830, *Ampithoe ramondi* Audouin, 1826, *Hyale pontica* (Rathke, 1837) (по 11 %). В 1976-78 гг. среди представителей макрозообентоса скал можно выделить три вида заметно доминирующих по численности: амфипода *Stenothoe monoculoides* (Montagu, 1815) (24 % общей численности), а также моллюски – *M. lineatus* (21 %) и *M. galloprovincialis* (17 %) [7]. В 2009-12 гг. явно преобладал один вид – *M. lineatus* (75 %). Остальные существенно уступают ему по обилию (на графике кривая резко падает, а затем выравнивается). Выравненность видов в целом низкая, а доминирование, соответственно, высокое. Протяженность кривых доминирования – разнообразия для сообщества во все исследуемые периоды относительно велика, что говорит о большом количестве видов в составе сообщества. Однако присутствие нескольких видов-доминантов в 1938-40 гг. и особенно в 1976-78 гг. делает кривые для сообщества в эти годы

более выравненными, чем у сообщества в 2009-12 гг. Чем выше проходит кривая и чем более она уплощена, тем больше при данном числе видов общее разнообразие. В стрессовых ситуациях независимо от того, вызваны ли они естественными причинами или антропогенным воздействием, кривая становится более вогнутой. Отсюда мы можем заключить, что в 2009-12 гг. сообщество на скалах находилось в менее благоприятных условиях, чем в предыдущие годы.

Для определения изменений, произошедших в биотопе под влиянием внешних воздействий, построены К-доминантные кривые пропорций численности и биомассы каждого вида в биотопе для всех периодов исследований (рис. 3). По взаимному расположению этих кривых можно сделать выводы о наличии изменений во взаимоотношении К- и г-стратегов в сообществе. Графически наличие доминирующих К-стратегов (видов с относительно большой биомассой) в сообществе проявляется в том, что кривая биомассы располагается выше кривой численности. В первые два периода в сообществе не наблюдалось преобладания г-стратегов.

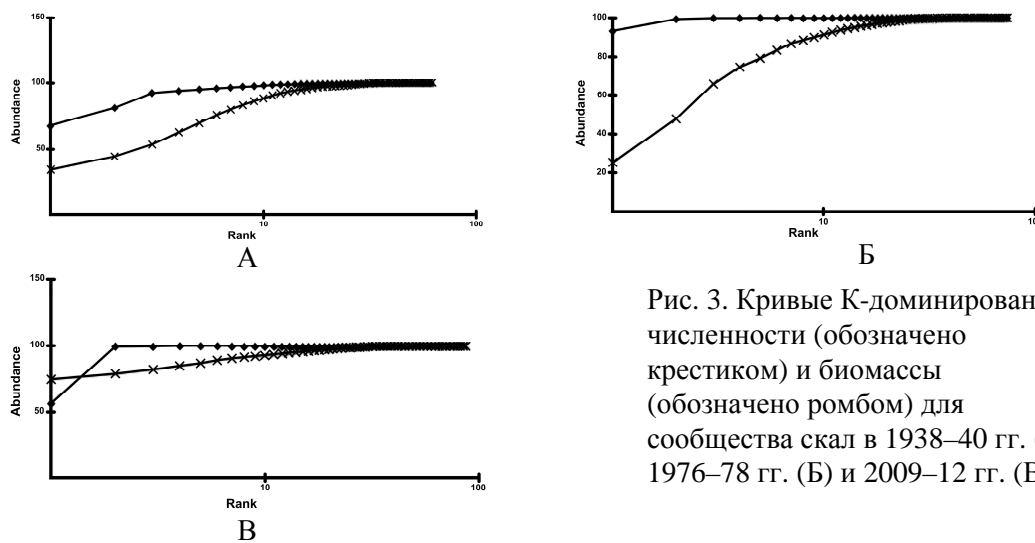


Рис. 3. Кривые К-доминирования численности (обозначено крестиком) и биомассы (обозначено ромбом) для сообщества скал в 1938–40 гг. (А), 1976–78 гг. (Б) и 2009–12 гг. (В)

Расположение графиков К-доминирования в эти периоды соответствует классической картине чистого биотопа. Однако расположение графиков в 2009–12 гг. соответствует переходным условиям, а в биотопе наблюдается состояние, характерное для среднего уровня загрязнения. Можно предположить, что в это время в целом ухудшились условия обитания сообщества.

Выводы

Таким образом, на протяжении трёх исследованных периодов на скалах акватории Карадага мы наблюдали три различных сообщества макрозообентоса. В 1938–40 гг. и 2009–12 гг. доминирующим видом был митилястер, в 1976–78 гг. – мидия. Однако, условия, в которых находились сообщества в первый и второй периоды оказались более сходными, чем в третий период исследований. В 2009–12 гг. отмечено снижение уровня разнообразия и исчезновение ряда видов. Возможной причиной этого являются изменения в фитоценозах макрофитов на скалах [5] и повышение общего уровня загрязнения среды.

Авторы благодарны В. А. Тимофееву и Т. П. Гетьману за помощь в сборе материала.

1. Воробьёв В. П. Бентос Азовского моря / В. П. Воробьёв // Тр. Азово-Черномор. научно-исследоват. института морского рыбного хозяйства и океанографии. – Симферополь: Крымиздат, 1949. – Вып. 13. – С. 5–195.
2. Ковалёва М. А. Многолетняя динамика состояния поселений Mytilidae на скалах Карадага / М. А. Ковалёва, Н. А. Болтачева, Н. С. Костенко // Мор. экол. журнал. – 2012. – Вып. 11, № 2. – С. 39–44.

3. Ковалёва М. А. Обрастания естественных твёрдых субстратов (скал) акватории Карадагского природного заповедника (Чёрное море) / М. А. Ковалёва, Н. А. Болтачева, М. В. Макаров, Л. В. Бондаренко // Экосистемы: их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 10. – С. 77–81.
4. Ковалёва М. А. Макрозообентос скал акватории Карадагского природного заповедника (юго-восточный Крым) / М. А. Ковалёва // Мат. II межд. науч.-практ. конф. «Биоразнообразия и устойчивое развитие», посвящ. 200-летию Никитского бот. сада. – Симферополь, 2012. – 476 с.
5. Костенко Н. С. Тенденции многолетних изменений фитоценозов «цистозирового пояса» Карадагского природного заповедника (Крым, Чёрное море) / Н. С. Костенко, Е. А. Дикий, А. А. Заклецкий // Мор. экол. журнал. – 2008. – Т. 7, № 3. – С. 25–36.
6. Одум Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
7. Синегуб И. А. Макрофауна зоны верхней сублиторали скал в Чёрном море у Карадага / И. А. Синегуб // Карадаг. Гидробиологические исследования. Сб. науч. трудов, посвящ. 90-летию Карадагской науч. станции им. Т. И. Вяземского и 25-летию Карадагского прир. заповедника НАН Украины. – Симферополь: СОНАТ. 2004. – Кн. 2. – С. 121–133.
8. Шаронов И. В. Фауна скал и каменистых россыпей у Карадага / И. В. Шаронов // Труды Карадагской биол. Станции. – 1952. – Вып. 12. – С. 68–77.
9. Warwick R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities / R. M. Warwick // Mar. Biol. – 1986. – Vol. 92 – P. 557–562.
10. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities / R. H. Whittaker // Science. – 1965. – Vol. 147. – P. 250–260.

М.О. Ковальова, М.В. Макаров, Н.О. Болтачова, Л.В. Бондаренко

Институт біології південних морів ім. О. О. Ковалевського, Севастополь

БАГАТОРІЧНІ ЗМІНИ МАКРОФАУНИ СКЕЛЬ У АКВАТОРІЇ КАРАДАГУ (ЧОРНЕ МОРЕ)

Отримані дані про видовий склад, чисельність та біомасу макрофауни на скелях акваторії Карадагу (південний схід Криму) в 2009-2012 рр. З використанням індексного підходу проведений порівняльний аналіз розвитку макрозообентосу за періоди 1938-1940, 1976-1978 і 2009-2012 рр. Виявлено значні зміни кількісних показників угруповання та рівня його біорізноманіття, що сталися протягом цього часу.

Ключові слова: угруповання скель, Mytilus galloprovincialis, Mytilaster lineatus, багаторічна динаміка, біорізноманіття, Чорне море, Карадаг.

M.A. Kovaleva, M.V. Makarov, N.A. Boltachova, L.V. Bondarenko

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol

THE LONG-TERM CHANGES OF MACROFAUNA IN KARADAG (BLACK SEA)

The data of the investigations of the qualitative and quantitative composition of the macrofauna in 2009-2012 for the Karadag (south-east of Crimea) are presented. The comparative analysis of the development of macrozoobenthos in this biotope for the periods of 1938-1940, 1976-1978 and 2009-2012 with helping indexes was made. The considerable changes of quantitative indexes of development of community and level of biodiversity for this time are exposed.

Keywords: community of rocks, Mytilus galloprovincialis, Mytilaster lineatus, long-term changes, biodiversity, the Black sea, Karadag