



УДК 639.64 (262.5)

Н. В. Миронова, к.б.н., с.н.с., **Н. А. Мильчакова**, к.б.н., зав. лаб., **В. В. Александров**, м.н.с.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

ТЕНДЕНЦИИ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЗАПАСОВ МАКРОФИТОВ В БУХТЕ КАЗАЧЬЯ (СЕВАСТОПОЛЬ, КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Охарактеризованы современное состояние и изменения ресурсов макрофитов в б. Казачья. Общие ресурсы макрофитов в 2007 г. в сравнении с 1984-м увеличились почти вдвое, морских трав *Zostera*, *Ruppia* – в 3 – 10 раз, при снижении таковых у рдеста (*Stuckenia pectinata*) в 2 раза. Запасы агарофитов *Gracilaria gracilis* и *G. dura* снизились с 52.5 до 3.7 т и с 4.5 до 0.9 т соответственно, а *Cystoseira barbata* var. *repens* повысились с 0.6 до 9.2 т. При сохранившемся доминировании морских трав выявлены существенные изменения структуры их сообществ, доли видов в общих запасах и занимаемой ими площади, которые, вероятно, связаны с локальными экологическими условиями, в том числе уменьшением заиления донных осадков.

Ключевые слова: морские травы, агарофиты, бухта Казачья, Чёрное море

От состояния морских макрофитов, как основного продукционного звена, зависит функционирование всех трофических звеньев прибрежных экосистем, при этом особенно важна также их средообразующая функция. Ранее было выявлено, что восточный рукав б. Казачья (регион Севастополя) является единственным районом в бассейне Чёрного моря, где сосредоточены значительные скопления агаро-содержащих водорослей, представленные придонными пластами неприкрепленных видов грацилярии – *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentoft, L.M. Irvine et Farnham. (= *G. verrucosa* (Huds.) Papenf.) и *G. dura* (Ag.) J. Ag. [1]. В других акваториях (Новороссийская бухта, Таманский залив, Керченский пролив, Гудаутская устричная банка) эти виды встречаются редко, или их количественные показатели малы [1]. Освоение и застройка береговой зоны, неконтролируемая рекреационная нагрузка, возрастание объёмов неочищенных хозяйственно-бытовых стоков привели к росту эвтрофикации многих прибрежных акваторий Украины, в том числе Севастопольского взморья. Здесь практически повсеместно зафиксировано ухудшение качества среды, сопровождаемое деградацией сообществ ключевых видов макрофитобентоса [3, 4, 5, 7]. Однако сведения о динамике структуры донной растительности в б. Казачья, где ранее были описаны значительные запасы морских трав и агарофитов, до последнего времени практически отсутствовали.

В связи с этим целью работы заключалась в оценке современного состояния ресурсов макрофитов б. Казачья – резервата черноморских видов грацилярии, выявлении особенностей их распределения по глубинам и межгодовой динамики в изменившихся экологических условиях. Характерной особенностью б. Казачья, как экотопа макрофитов, является преобладание илисто-песчаных, песчаных с примесью мелкой гальки и битой ракушки грунтов [1], для которых свойственная малая сорбционная ёмкость и высокая промываемость [4]. Донные осадки относятся к наиболее чистым в системе севастопольских бухт, со средним уровнем загрязнения ПХБ по классификации ВОЗ [4, 6]. Источники промышленного загрязнения в бухте отсутствуют, застойные явления вод не выявлены, солёность значительно варьирует – от 17.43 до 18.12 ‰ [3].

Материал и методы. Изучение макрофитобентоса проводили в восточном рукаве б. Казачья (общая площадь 46 га) на глубинах от 3 до 10 м в июне – июле 2007 г. На 13 станциях по стандартной гидробиотанической методике собрано и обработано 52 количественные пробы. При их анализе учитывали проективное покрытие видов-доминантов, их биомассу и численность, размерно-массовый состав ценопопуляций. Распределение массовых видов охарактеризовано для пяти участков (рис. 1): вершина бухты – 1 (ст. 6, 7, 26), средняя часть западного – 2 (ст. 16, 15) и восточного побережья – 3 (ст. 29

– 32), вход в бухту у западного – 4 (ст. 10, 8) и восточного берега – 5 (ст. 22, 23). Полученные данные по структуре макрофитобентоса сопоставлены с опубликованными результатами наблюдений [1] на тех же станциях с сохранением их нумерации. Запасы макрофитов (т, сырая масса) и их динамику оце-

нивали для 3 участков бухты (вершина, средняя часть, вход), площадь каждого из которых составляла 5.16 га. Видовая принадлежность макрофитов указана в соответствии с современными номенклатурными изменениями [16].

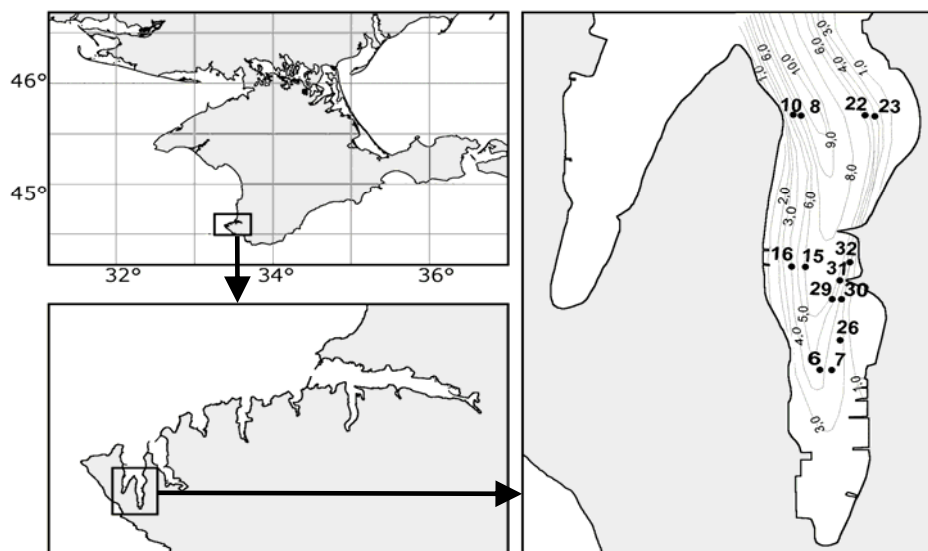


Рис. 1 Схема расположения станций в восточном рукаве б. Казачья
Fig. 1 Scheme of stations in the eastern inlet of Kazachya Bay

Результаты. В растительном покрове восточного рукава б. Казачья доминируют смешанные сообщества *Zostera marina* L., *Z. noltii* Hornem, *Stuckenia pectinata* (L.) Börner (= *Potamogeton pectinatus* L.), видов *Ruppia*; в их составе наиболее часто встречаются *Cystoseira barbata* var. *repens* A. Zin. et Kalug., *Gracilaria gracilis* и *G. dura*, представленные неприкрепленными формами; другие виды макрофитов отмечены единично.

Участок 1 (табл. 1). Биомасса *Z. marina* достигает 1916 г·м⁻² на глубине 4 м (ст. 6), а на глубине 3 м (ст. 7 и 26) колеблется от 96 до 120.7 г·м⁻². *Z. noltii* и *S. pectinata* отмечены лишь на глубине 3 м (245.2 – 628.8 и 46.4 – 106.3 г·м⁻² соответственно), виды руппии распределены равномерно (188 – 291.8 г·м⁻²). Здесь сосредоточены значительные скопления морских трав, среди макроводорослей преобладает *C. barbata* var. *repens* (29.1 – 228.4 г·м⁻²), виды грацилярии не обнаружены.

В 2007 г. по сравнению с 1984 г. общая биомасса макрофитов в вершине бухты возросла (ст. 6 и 7) в 1.8 – 21.5 раза. Вклад *Z. marina* на этих станциях увеличился более чем в 5 раз

(табл. 1), тогда как на ст. 26 выявлено локальное снижение её биомассы. Биомасса *Z. noltii*, напротив, на ст. 6 – 7 снизилась, а на ст. 26 возросла. Вклад рдеста сократился в 2 – 5 раз (ст. 7, 26), иногда он встречался единично (ст. 6), а видов руппии возрос в 2 – 10 раз (ст. 6 и 26) или снизился более чем втрое (ст. 7). Наиболее существенные изменения отмечены для *G. gracilis*, вклад которой снизился с 16 – 21 % до долей процента, а также *C. barbata* var. *repens* – её доля достигает 2 – 9 %, хотя ранее этот вид здесь не регистрировали. *G. dura*, единично встречавшаяся на этом участке, к 2007 г. полностью исчезла (табл. 1).

Участок 2 (табл. 1). Биомасса *Z. marina* составляет 753.4 – 799.6, а *Z. noltii* не превышает 29 – 161.4 г·м⁻². У рдеста и видов руппии её значения колеблются соответственно от 393.5 до 461.7 и от 196.8 до 247.3 г·м⁻².

В растительном покрове преобладает *Z. marina*, скопления *C. barbata* var. *repens* отмечены на глубине 4 м (774.4 г·м⁻², ст. 16), грацилярия не обнаружена.

Табл. 1 Биомасса ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) макрофитов и их вклад (%) в общую биомассу фитоценозов б. Казачья в 1984 и 2007 гг.
Table 1 Biomass ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) of macrophytes and their contribution (%) to the total biomass of phytocenosis in Kazachya Bay in 1984 and 2007

№ стан-ции	Биомасса, $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$	Вклад вида в общую биомассу, %						
		<i>Cystoseira barbata</i> var. <i>repens</i>	<i>Gracilaria dura</i>	<i>Gracilaria gracilis</i>	<i>Ruppia</i> spp.	<i>Stuckenia pectinata</i>	<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera noltii</i>
участок 1								
6	2537.8/1422*	9.0/0.4	-/-	-/21.1	11.5/4.8	-/53.5	75.5/13.9	-/7.7
7	2320.4/108	6.8/-	-/1.3	-/-	8.1/26.8	2.0/10.2	5.2/-	27.1/62.0
26	1714.6/2269	1.7/0.6	-/0.4	-/16.0	13.4/1.4	6.2/11.2	5.6/23.8	14.3/-
участок 2								
16	2522.5/2096	30.7/-	-/0.8	-/30.0	7.8/-	15.6/11.9	31.7/42.9	6.4/-
15	1931.9/815	10.3/0.2	-/0.7	-/8.7	12.8/0.1	23.9/-	39.0/72.2	1.5/-
участок 3								
29	991.4/761	11.9/1.0	-/3.6	9.6/40.9	-/2.0	3.9/27.9	55.0/18.8	-/0.9
30	3059.3/1849	0.8/1.5	-/3.1	0.1/40.1	2.0/-	1.8/43.6	17.7/4.6	36.5/-
31	1273.7/1243	0.5/-	-/1.8	1.0/61.6	-/-	0.9/15.0	84.7/19.7	-/-
32	1226.5/1693	0.9/0.2	-/16.6	-/48.7	4.2/0.5	1.0/29.2	-/2.5	43.7/-
участок 4								
10	2612.7/248	0.3/-	0.4/-	13.7/-	-/46.4	-/0.5	50.7/0.4	0.1/-
8	3680.4/448	0.1/-	4.0/0.2	5.7/65.6	-/-	-/1.2	44.7/23.0	0.1/-
участок 5								
22	1130.7/85	-/-	1.8/4.7	0.5/49.4	1.6/0.5	0.6/-	64.2/-	21.1/42.3
23	2301/1521	0.6/-	-/-	0.3/-	0.1/-	13.4/-	21.3/0.1	18.5/-

Примечание: * перед чертой – данные 2007 г., за чертой – 1984 г., прочерк – отсутствие вида
Note: * before slash – data of 2007, after – data of 1984, dash – absence of the species.

В 2007 г. в сравнении с 1984 г. биомасса макрофитов на этом участке возросла в 1.2 – 2.4 раза при снижении вклада *Z. marina* почти вдвое и почти таком же увеличении у *S. pectinata*. Участие *Z. noltii* и видов руппии в сложении фитоценозов невелико (1.5 – 13 % общей биомассы), а *C. barbata* var. *repens* существенно возросло (до 10 – 31 %), хотя ранее этот вид встречался изредка. Виды грацилярии не обнаружены, хотя в 1984 г. вклад *G. gracilis* достигал 9 – 30 %.

Участок 3 (табл. 1). В растительном покрове доминируют виды *Zostera*. Наибольшее обилие *Z. marina* отмечено на глубине 5 – 6 м (ст. 29, 31), где её биомасса колеблется от 545.3 до 1078.8 $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$. На глубине 3 м *Z. marina* отсутствует или её количественные показатели ниже (ст. 30, 32). Биомасса *Z. noltii* варьирует от 536 до 1116.6 $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$, обилие *S. pectinata* и *Ruppia* spp. не превышает 55.1 и 61.2 $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$, соответственно. Значения биомассы у *G. gracilis* невелики (95.2 $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$, гл. 5 – 6 м), *G. dura* не обнаружена.

За исследуемый период биомасса макрофитов на этом участке бухты на ст. 29 и 30 повысилась в 1.3 – 1.7 раза, на ст. 31 не изменилась, на ст. 32 снизилась в 1.4 раза. На ст. 29 – 31 отмечено увеличение доли *Z. marina* в биомассе фитоценоза в 3 – 5 раз, её повышение у *Z. noltii* до 36 – 44 %, хотя ранее этот вид встречался единично, как и виды руппии (табл. 1). Почти на порядок сократился вклад *S. pectinata*, и сходным образом повысился у *C. barbata* var. *repens*.

В структуре макрофитобентоса выявлено существенное снижение вклада грацилярии. Если ранее у *G. gracilis* он достигал 40 – 62 %, то в настоящее время не превышает 10 % (ст. 29) или этот вид встречается изредка (ст. 30 – 32). В 2007 г. *G. dura* на этом участке не обнаружена, тогда как ранее её доля составляла 2 – 17 % общей биомассы макрофитов.

Участок 4 (табл. 1). В 2007 г. наиболее обширны заросли *Z. marina* (1324.6 – 1645.1 $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$ на гл. 6 – 8 м, ст. 8, 10). При этом биомас-

са *Z. noltii* не превышает 2.6 – 3.7, *C. barbata* var. *repens* – 3.7 – 7.8 г·м⁻²; виды руппии и рдест не обнаружены. Здесь выявлены существенные скопления *G. gracilis* и *G. dura*, их биомасса изменяется соответственно от 209.8 до 357.9 и от 10.4 до 147.2 г·м⁻².

В 2007 г. в сравнении с 1984 г. общая биомасса макрофитов возросла в 8 – 10 раз из-за увеличения вклада *Z. marina* с 0.4 – 23 до 45 – 51 % (табл. 1). За весь период наблюдений *Z. noltii* и *S. pectinata* регистрировались лишь изредка, тогда как встречаемость *C. barbata* var. *repens* возросла. Показательно, что виды руппии практически исчезли, хотя ранее на их долю приходилось свыше 46 % общей биомассы фитоценоза. Существенно снизился вклад *G. gracilis* (от 65 до 6 – 14 %), а у *G. dura* – увеличился почти на два порядка (ст. 8).

Участок 5 (табл. 1). У восточного входа в бухту доминируют фитоценозы зостеры. В диапазоне глубин от 4 до 6 м биомасса *Z. marina* повышается от 490.1 до 725.9 г·м⁻², а у *Z. noltii* снижается с 425.7 до 238.6 г·м⁻² (ст. 22, 23). Наибольшая биомасса рдеста отмечена на глубине 4 м (ст. 23), но с увеличением глубины она существенно уменьшается (с 308.3 до 6.8 г·м⁻²). Виды *Ruppia* распределены мозаично, их обилие невелико (2.3 – 18.1 г·м⁻²). Количественные показатели макроводорослей низки, биомасса грацилярии колеблется от 6.9 – 26.1, а *C. barbata* var. *repens* не превышает 13.8 г·м⁻².

За последние годы в сравнении с 1984 г. на этом участке биомасса макрофитов увеличилась в 1.5 – 13 раз (табл. 1), особенно существенно на глубине 6 м (ст. 22). Если ранее в составе фитоценозов доминировали макроводоросли, то в настоящее время преобладают морские травы, при этом доля *Z. marina* достигает 21 – 64 %, а *Z. noltii* 18.5 – 21 % общей биомассы. Здесь сформировались также микрогруппировки рдеста, его вклад на ст. 22 и 23 составляет 1 – 13 %. Распространение видов грацилярии характеризуется мозаичностью, при этом вклад *G. gracilis* и *G. dura* снизился

соответственно с 49 до 0.5 и от 5 до 2 % (ст. 22), или эти виды встречаются изредка (ст. 23).

В 2007 г. по сравнению с 1984 г. на участке от вершины до средней части западного побережья б. Казачья показатели средней биомассы макрофитов оказались сопоставимы – 2474 и 2371 г·м⁻² соответственно (рис. 2).

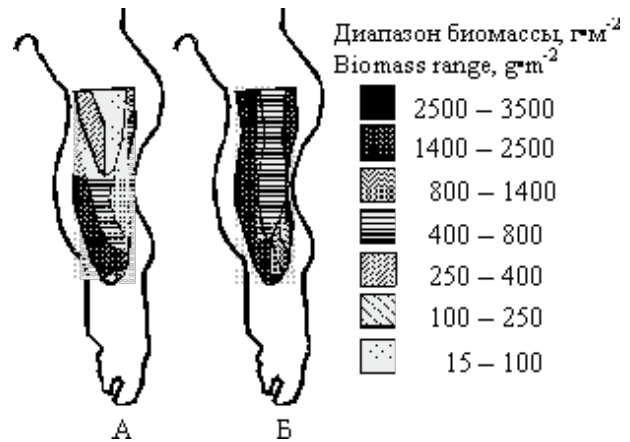


Рис. 2 Распределение общей биомассы (г·м⁻²) макрофитов в б. Казачья: А – 1984 г., Б – 2007 г.
Fig. 2 Distribution of total macrophyte biomass (g·m⁻²) in Kazachya Bay: А – 1984, Б – 2007

У входа в бухту и на восточном побережье средняя биомасса макрофитов возросла с 80 – 1570 до 1156 – 3370 г·м⁻². При этом зафиксированы существенные изменения количественных показателей видов-доминантов. В 1984 г. средняя биомасса *Z. marina* варьировала от 35 до 680 г·м⁻², с минимумом в средней части восточного побережья и максимумом в той же части западного; на остальных участках бухты биомасса *Z. marina* не превышала 140 г·м⁻² (рис. 3). В 2007 г. её биомасса колебалась от 108 – 1491 г·м⁻² с максимумом также у западного берега, где её значения в 2 – 14 раз выше, чем у восточного.

В 1984 г. наибольшие скопления *Z. noltii* (300 г·м⁻²) отмечены в вершине бухты у западного побережья, а наименьшие – вдоль всего восточного берега (20 г·м⁻²) (рис. 3). В настоящее время на этих участках она возросла до 532 г·м⁻², при этом *Z. noltii* обнаружена вдоль западного побережья от средней части до входа бухты, где значения средней биомассы изменяются от 12 до 162 г·м⁻² (рис. 3), где

ранее этот вид встречался единично.

В 1984 г. наибольшее обилие рдеста зафиксировано вблизи вершины бухты и вдоль её восточного берега, где средняя биомасса составляла $415 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$, тогда как на других участках варьировала от 7 до $124 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 4). К 2007 г. биомасса *S. pectinata* в средней части бухты у западного побережья и на её выходе у восточного берега составила $388 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 4),

на других участках рдест отмечен изредка ($14 - 69 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$).

Ранее виды *Ruppia* произрастали повсеместно, их биомасса не превышала $27 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$. В настоящее время в вершине бухты и вдоль западного берега значения биомассы возросли на порядок ($231 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$), а вдоль восточного побережья и на выходе из бухты уменьшились (рис. 4).

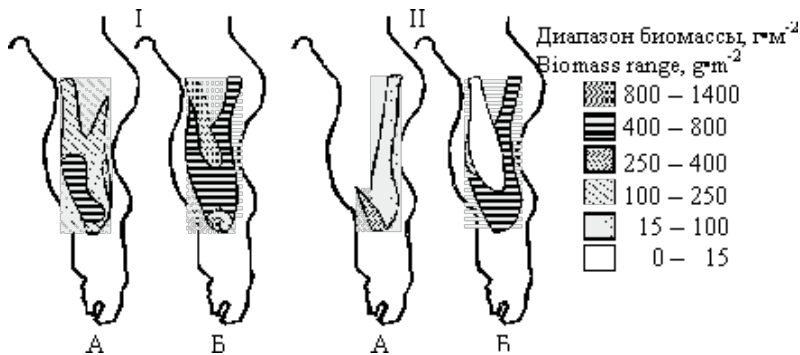


Рис. 3 Распределение биомассы ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) *Zostera marina* (I) и *Z. noltii* (II) в б. Казачья: А – 1984 г., Б – 2007 г.

Fig. 3 Distribution of biomass ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) of *Zostera marina* (I) and *Z. noltii* (II) in Kazachya Bay: А – 1984, Б – 2007.

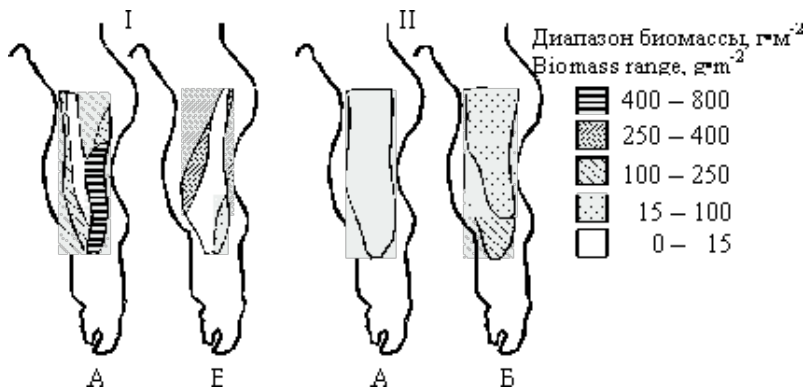


Рис. 4 Распределение биомассы ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) *Stuckenia pectinata* (I) и *Ruppia* spp. (II) в бухте Казачья: А – 1984 г., Б – 2007 г.

Fig. 4 Distribution of biomass ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) of *Stuckenia pectinata* (I) and *Ruppia* spp. (II) in Kazachya Bay: А – 1984, Б – 2007

За исследуемый период зафиксировано значительное сокращение биомассы агарофитов. Так, средняя биомасса *Gracilaria gracilis* в 1984 г. изменялась от 9 до $718 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$, а в 2007 г. – от 18 до $284 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 5). Ранее её основные скопления были сосредоточены вдоль обоих берегов средней части бухты, а в настоящее время они отмечены лишь у западного входа в бухту. В 1984 г. *G. dura* была распространена повсеместно, в средней части восточного побережья биомасса была выше и варьировала от 3 до $281 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$. В настоящее время этот вид встре-

чается только у входа в бухту, его биомасса не превышает $16 - 145 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 5).

Среди макроводорослей наиболее значительны изменения количественных показателей у *C. barbata* var. *repens*. Если в 1984 г. цистозира встречалась лишь вблизи вершины бухты, то в 2007 г. она отмечена на всех участках, при этом её средняя биомасса возросла с 14 до $12 - 774 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ (рис. 6).

Запасы макрофитов и их изменение по годам. Общие запасы макрофитов восточного рукава б. Казачья составляют около 305 т

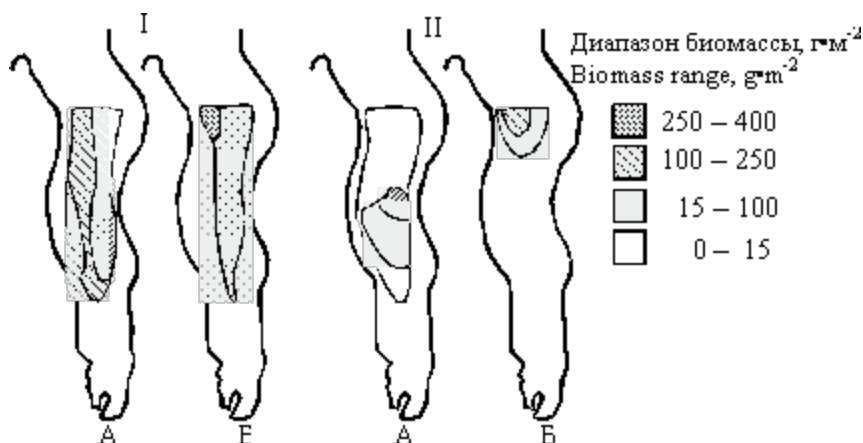


Рис. 5 Распределение биомассы ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) *Gracilaria gracilis* (I) и *G. dura* (II) в б. Казачья: А – 1984 г., Б – 2007 г.
Fig. 5 Distribution of biomass ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) of *Gracilaria gracilis* (I) and *G. dura* (II) in Kazachya Bay: А – 1984, Б – 2007

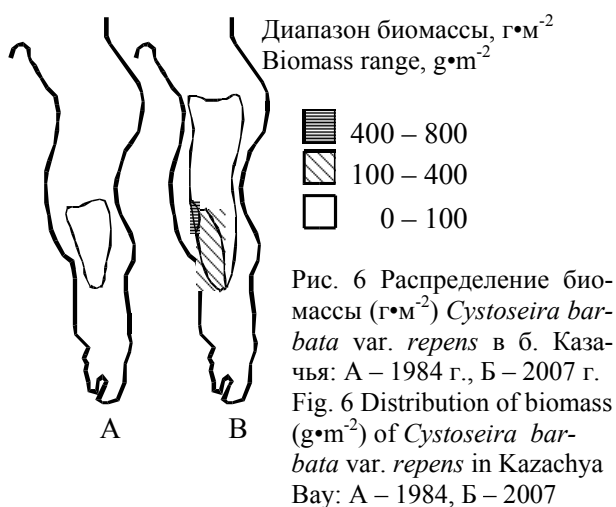


Рис. 6 Распределение биомассы ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) *Cystoseira barbata* var. *repens* в б. Казачья: А – 1984 г., Б – 2007 г.
Fig. 6 Distribution of biomass ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}$) of *Cystoseira barbata* var. *repens* in Kazachya Bay: А – 1984, Б – 2007

(табл. 2), их величина снижается от 117 т в вершине бухты до 89 т у её входа. Доля *Z. marina* в общих запасах составляет 38.7%. Запасы этого вида максимальны в средней части бухты (49 т) и снижаются в её вершине и у входа (34 – 35 т). Площадь, занятая *Z. marina* у входа в бухту вдвое меньше, чем на остальных участках (табл. 2).

Запасы *Z. noltii* не превышают 40 т, по направлению от вершины к входу в бухту их величина снижается почти втрое (с 23 до 8 т). Заросли этого вида равномерно распространены в вершине и средней части, их площадь у входа в бухту в 1,5 раза ниже по сравнению с другими участками (табл. 2). Запасы *S. pectinata* оцениваются в 12.5 т, их величина повышается от вершины к средней части бухты с 4.4 до 7.7 т и снижается у входа до 0.4 т.

Плотные заросли рдеста отмечены в средней части бухты, где их площадь сопоста-

вима с таковой вблизи вершины, у входа она более чем в 1,5 раза меньше. Запасы видов *Ruppia* составляют 15.2 т, их величина также снижается по направлению от вершины к входу в бухту (с 7.3 до 1.6 т). Площадь, занимаемая руппией, сходна на всех участках (табл. 2).

По сравнению с морскими травами запасы макроводорослей существенно ниже. Так, у *C. barbata* var. *repens* они оцениваются в 9.2 т при снижении от вершины к входу в бухту на порядок (с 7 до 0.6 т) при сходной занимаемой площади на разных участках. Общие запасы агарофитов не превышают 4.6 т, из них на *G. gracilis* приходится 3.7 т, а *G. dura* – 0.9 т (табл. 2). Показательно, что от вершины к входу запасы *G. gracilis* увеличиваются более чем в 5 раз (с 0.5 до 2.6 т), а занимаемая ими площадь – от 2.6 до 3.9 га. Скопления *G. dura* находятся лишь у входа в бухту, их площадь не превышает 2 га (табл. 2). В целом, общие запасы макроводорослей более чем в 13 раз ниже, чем морских трав.

В 2007 г. в сравнении с 1984 г. структура запасов макрофитов и их распределение на разных участках существенно изменились (табл. 2). Общие запасы возросли почти вдвое (с 173.8 до 304.6 т), при этом у вершины – в 1.3 раза, в средней части – 1.7 раза и у входа в бухту – 3.4 раза.

В 1984 г. вклад *G. gracilis* и *Z. marina* в общие запасы макрофитов достигал 30 и 22 % соответственно, к 2007 г. он снизился у грацилярии до 1.2 % и повысился у зостеры до 39 %.

Табл. 2 Изменение запасов (т) доминирующих видов, их вклада (%) в общие запасы макрофитов и занимаемой площади (S, га) по районам б. Казачья (1984 и 2007 гг.)

Table 2 Change in stock (t) of dominated species and their contribution (%) to the total macrophytes stock and the occupied area (S, ha) in Kazachya Bay (1984 and 2007)

Вид	Общие запасы, т	S, га	Вклад, %	Район					
				вершина		средняя часть		вход	
				запасы, т	S, га	запасы, т	S, га	запасы, т	S, га
<i>Cystoseira barbata</i>	9.2/0.57*	15.24/4.06	3/0.3	6.98/0.56	5.16/3.97	1.62/0.01	5.16/0.09	0.59/-	4.92/-
<i>Gracilaria dura</i>	0.92/4.52	1.9/14.59	0.3/2.6	-/0.57	-/5.16	-/3.82	-/5.16	0.92/0.13	1.9/4.27
<i>Gracilaria gracilis</i>	3.7/52.54	9.99/14.59	1.2/30.2	0.48/29.64	2.64/5.16	0.62/19.65	3.44/5.16	2.6/3.25	3.91/4.27
<i>Ruppia</i> spp.	15.2/3.94	15.48/14.61	5/2.2	7.34/1.39	5.16/5.16	6.26/1.39	5.16/5.16	1.6/1.16	5.16/4.29
<i>Stuckenia pectinata</i>	12.5/24.47	13.1/12.14	4.1/14.1	4.42/12.94	5.16/5.16	7.66/9.6	4.94/4.48	0.42/1.93	3/2.5
<i>Zostera marina</i>	118.01/38.2	13.08/12.66	38.7/22	34.79/20.95	5.16/4.9	49.33/13.67	5.16/5.16	1633.89/3.58	2.76/2.6
<i>Zostera noltii</i>	40.04/3.89	13.72/7.22	13.1/2.2	22.81/3.12	5.16/3.37	9.02/0.42	5.16/2.1	8.21/0.35	3.4/1.75
Общая	304.61/173.8	15.48/15.48	100/100	117.32/90.49	5.16/5.16	1698.51/57.16	5.16/5.16	1688.78/26.15	5.16/5.16

Примечание: *перед чертой – 2007 г., за чертой – 1984 г.; S – площадь, прочерк – отсутствие вида

Note: *before slash – 2007, after – 1984, S – area, dash – absence of the species

В целом, запасы *Z. marina* у вершины увеличились в 1.7 раза, средней части – 3.6 раза и почти на порядок у входа в бухту, хотя занимаемая площадь почти не изменилась (табл. 2). Запасы *Z. noltii* возросли более чем на порядок, при этом по направлению от вершины к входу они повысились соответственно в 7 – 23.5 раза, а занимаемая этим видом площадь – почти в 2 раза. Для *S. pectinata* выявлено сокращение запасов вдвое, при этом у входа в бухту и в её вершине они снизились соответственно в 4.6 и 2.9 раза, тогда как площадь, занимаемая этим видом, практически не изменилась. Запасы *Ruppia* spp. возросли в среднем в 4 раза, наиболее значительно в вершине и средней части бухты при той же площади (табл. 2).

Наибольшие изменения запасов и занимаемой площади выявлены для неприкрепленных форм цистозеры и грацилярии (табл. 2). Так, запасы и площадь *C. barbata* var. *repens* возросли соответственно в 16 и 4 раза, при этом в вершине бухты и её средней части запасы увеличились на один – два порядка, а площадь – в 1.3 – 50 раз соответственно (табл. 2). Запасы *G. gracilis* и *G. dura* снизились более чем в 14 и 5 раз, занимаемая ими площадь уменьшилась соответственно в 1.5 – 8 раз. В вершине бухты запасы и площадь *G. gracilis*

сократились в 62 и 2 раза, средней части – в 32 и 1.5 раза соответственно, а у входа в бухту не изменились (табл. 2). Спустя более чем два десятилетия *G. dura* не обнаружена в вершине и средней части бухты, хотя ранее её запасы составляли здесь 0.6 и 3.8 т соответственно, площадь сократилась более чем вдвое (табл. 2). Тем не менее, выявлено увеличение запасов *G. dura* у входа в бухту – с 0.13 до 0.92 т.

Таким образом, в 2007 г. в сравнении с 1984 г. плотность зарослей и запасы видов зостеры существенно возросли по направлению от вершины к входу бухты, у агарофитов эти показатели сократились в десятки раз. К настоящему времени незначительные скопления грацилярии отмечены лишь у входа в бухту, а на ранее занимаемой ею площади возросло обилие неприкрепленной формы цистозеры и видов руппии (табл. 2).

Обсуждение. Установлено, что в 2007 г. по сравнению с 1984-м в фитоценозах б. Казачья существенно изменилось количественное соотношение видов. Так, в вершине бухты значительно возросла биомасса макрофитов из-за формирования зарослей зостеры и руппии при существенном снижении биомассы рдеста и исчезновении видов грацилярии. В средней части западного побережья также увеличилась

биомасса макрофитов, здесь сформировались обширные заросли *S. pectinata*. За прошедшие четверть века фитоценозы *Z. marina* с участием *G. gracilis* и *G. dura* сменились смешанным сообществом *Z. noltii* и *Ruppia* spp., где встречается *C. barbata* var. *repens*. В средней части восточного побережья соотношение биомассы макрофитов также изменилось: биомасса *Z. marina* и *Z. noltii* возросла, а *S. pectinata* уменьшилась. На этом участке ранее было сосредоточено основное скопление обоих видов грацилярии, в настоящее время *G. dura* не обнаружена, а *G. gracilis* встречается изредка. Значительное повышение биомассы макрофитов, особенно *Z. marina*, а также *Z. noltii* и *S. pectinata*, зафиксировано у входа в б. Казачья.

На участках с высокой рекреационной нагрузкой (гл. 3 м, ст. 26 и 32) выявлено повышение численности и биомассы *Z. noltii* и *Ruppia* spp. и снижение этих показателей у *Z. marina*. Это косвенно свидетельствует о повышении уровня нарушенности экотопа, поскольку произошла замена вида с конкурентной стратегией на виды-рудералы. С увеличением глубины до 4 – 6 м (ст. 6, 10, 29) zostера морская вытесняет остальные виды морских трав (*Z. noltii*, *S. pectinata*, *Ruppia* spp). Пониженная конкурентоспособность *S. pectinata*, возможно, обусловлена уровнем солёности, близким к верхнему пределу для этого вида (20 ‰) [17]. Увеличение обилия вида-конкурента *Z. marina* в средней сублиторальной зоне указывает на улучшение условий экотопа (снижение волновой активности и другие факторы).

Одной из вероятных причин существенного увеличения биомассы и запасов морских трав в б. Казачья стало возросшее поступление биогенных элементов из-за застройки её береговой зоны. В 1984 г. в прибрежной зоне бухты не было ни одного строения, но к 2007 г. их количество приблизилось к 100. Известно, что береговой сток является значительным источником биогенов в прибрежной зоне: после застройки в акваторию поступает в 3.5 – 6 раз больше неорганических соединений азота, по

сравнению с ненарушенными участками [13, 19]. Соединения азота позитивно влияют на состояние особей и популяций высших водных растений при умеренной гидродинамике вод [12, 14, 21], однако их избыточное содержание приводит к обильному развитию эпифитов и неприкреплённых макроводорослей, что зачастую вызывает гибель морских трав [13, 19, 20].

Из-за возрастания антропогенного воздействия зачастую повышается роль конкурентоспособных видов макрофитов, устойчивых к изменяющимся факторам среды, имеющих высокую интенсивность роста, эффективно ассимилирующих избыток биогенов. Неприкреплённые формы *G. gracilis* и *G. dura* относятся к их числу. Они выдерживают значительные колебания температуры, солёности, освещённости, заражённость илистых грунтов сероводородом [1, 2, 15, 18]. Большинство исследователей считают, что виды грацилярии обладают высокой адаптационной способностью, что позволяет им переносить ухудшение условий среды [11]. Несмотря на высокую конкурентоспособность, адаптацию и толерантность видов грацилярии к экологическим условиям, в б. Казачья отмечено существенное сокращение их биомассы и запасов. Ранее здесь находился единственный резерват черноморских агарофитов, поле неприкреплённых видов грацилярии в виде придонных пластов. В восточном рукаве бухты морские травы не формировали густых зарослей, поскольку пласты грацилярии, очевидно, препятствовали их активному росту. Это предположение вполне обоснованно, поскольку известно, что существенные скопления неприкреплённой *G. vermiculophylla* оказывают вредное воздействие на метаболизм *Z. marina*, ограничивая её распространение [11]. Вероятно, одной из причин уменьшения запасов грацилярии в б. Казачья является снижение волновой деятельности в бухте за счёт повышения плотности зарослей морских трав и увеличения их площади. Показано, что для полей пластообразующих красных водорослей (грацилярии у берегов Чили и Аргентины, анфельции

в водах России) необходима более высокая гидродинамическая активность, чем для их изреженных скоплений [10, 15].

Увеличение численности и биомассы морских трав, занимаемой ими площади у входа в бухту (особенно видов зостеры), где ранее они встречались единично, создало барьер, препятствующий интенсивному водообмену с открытой частью моря (рис. 3). Вероятно, это способствовало разрушению и отмиранию пластов грацилярии, как это произошло ранее с полем пластообразующей анфельдии у дальневосточных берегов России [9, 10]. Отдельные слоевища грацилярии не выдерживают конкуренцию с другими макрофитами, особенно при повышении концентрации биогенов и других элементов минерального питания, поскольку удельная поверхность *Z. noltii*, *Z. marina* и *C. barbata* var. *repens* в 1.3 – 3 раза выше по сравнению с видами грацилярии [8].

В целом за последние годы выявлена замена зостеро-рдестового фитоценоза, приуроченного к илисто-песчаным донным осадкам, на зостеровый фитоценоз, доминантами которого являются *Zostera marina* и *Z. noltii*. Снижение доли *S. pectinata* и увеличение участия видов зостеры свидетельствует об уменьшении степени заиления донных осадков. Помимо этого, сокращение плотности зарослей *Z. marina* и *S. pectinata* на глубине 3 м, где в настоящее время распространились предпочитающие песчаный субстрат *Z. noltii* и *Ruppia* spp. (рис. 3, 4), подтверждает предположение об уменьшении содержания илистых частиц в субстрате.

Таким образом, трансформация структуры макрофитобентоса в б. Казачья выражается в значительном увеличении количественных показателей морских трав и практически полном исчезновении пласта неприкрепленных форм грацилярии. В этих условиях общие запасы макрофитов, особенно видов зостеры, существенно возросли, однако бухта потеряла своё значение единственного резервата черноморских агарофитов.

Выводы. 1. В донной растительности восточного рукава б. Казачья доминируют смешанные фитоценозы морских трав – *Zostera marina*, *Z. noltii*, *Stuckenia pectinata*, видов *Ruppia*, в составе которых встречаются неприкрепленные формы макроводорослей (*Cystoseira barbata* var. *repens*, *Gracilaria gracilis* и *G. dura*). **2.** В 2007 г. в сравнении с 1984 г. выявлено значительное увеличение общей биомассы макрофитов в вершине и средней части бухты, что обусловлено формированием зарослей зостеры и руппии, расширением ареала рдеста, увеличением обилия цистозир. **3.** *G. gracilis* встречается в средней части восточного побережья и на выходе их бухты, *G. dura* – лишь на выходе, тогда как ранее оба вида грацилярии формировали в бухте придонное поле, единственное в Чёрном море. **4.** В структуре макрофитобентоса выявлена замена фитоценоза *Z. marina* с высоким вкладом видов грацилярии (*G. gracilis* и *G. dura*) на смешанное сообщество *Z. marina*, *Z. noltii* и *Ruppia* spp. с участием *C. barbata* var. *repens*. **5.** Общие ресурсы макрофитов б. Казачья возросли с 173.8 до 304.6 т, при этом запасы *Z. marina* и *Z. noltii* увеличились соответственно в 3 – 10 раз, видов *Ruppia* – в 4 раза при сокращении вдвое у *S. pectinata*. Выявленные изменения косвенно свидетельствует о снижении заиления донных осадков. **6.** За последние десятилетия обнаружено увеличение запасов *C. barbata* var. *repens* в 16 раз, их снижение у *G. dura* и *G. gracilis* в 5 – 14 раз соответственно, при этом площадь, занимаемая цистозирой, повысилась в 4 раза, а видов грацилярии сократилась в 1.5 – 8 раз. **7.** Выявленные различия количественных показателей макрофитобентоса б. Казачья за 1984 и 2007 гг. обусловлены, вероятно, изменением локальных гидрологических условий, состава донных осадков, качества вод, что способствовало интенсивному развитию высших растений и снижению роли макроводорослей в структуре фитоценозов.

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта 7-й рамочной программы Европейского Союза (FP7/2007-2013),

проект COCONET "Towards COast to COast NETWORKS of marine protected areas (from the shore to the

high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential" (No. 287844).

1. Калугина-Гутник А. А., Куфтаркова Е. А., Миронова Н. В. Условия произрастания *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Parnf. и запасы макрофитов в бухте Казачья (Чёрное море) // Растит. ресурсы. – 1987. – **23**, № 4. – С. 520 – 531.
2. Козьменко В. Б., Титлянов Э. А., Макарычева А. М. Рост неприкрепленной формы *Gracilaria verrucosa* в лагунах южного Приморья // Биол. моря. – 1994. – **20**, №1. – С. 42 – 48.
3. Куфтаркова Е. А., Родионова Н. Ю., Губанов В. И., Бобко Н. И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья // Тр. ЮгНИРО. Основные результаты комплексных исследований в азово-черноморском бассейне и Мировом океане (юбил. вып.). – Керчь, 2008. – **46**. – С. 110 – 117.
4. Малахова Л. В., Костова С. К., Плотыцына О. В. Химическое загрязнение компонентов экосистемы Казачьей бухты (Чёрное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – Вып. 9. – С. 112 – 116.
5. Мильчакова Н. А. Макрофитобентос // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / Под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гаевской. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 152 – 208.
6. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Алемов С. В. Экологическая характеристика бухты Казачьей (Чёрное море) // Экология моря. – 2002. – Вып. 61. – С. 85 – 89.
7. Миронова Н. В., Мильчакова Н. А., Рябогина В. Г. Ресурсы макрофитов побережья Гераклеянского полуострова и особенности их многолетней динамики (Крым, Чёрное море) // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел: Тр. ВНИРО. – М., 2007. – **147**. – С. 381 – 396.
8. Миничева Г. Г. Прогнозирование структуры фитобентоса с помощью показателей поверхности водорослей // Ботан. журн. – 1990. – **75**, №11. – С. 1611 – 1618.
9. Набивайло Ю. В., Скрипцова А. В., Титлянов Э. А. Взаимное влияние водорослей сообщества *Gracilaria gracilis* (Rhodophyta) // Биология моря – 2005. – **31**, № 5. – С. 338 – 343.
10. Титлянов Э. А., Чербаджи И. И., Чепмен Д. Дж. Обзор биологии, продуктивности и экономического потенциала агаросодержащей водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Makijenko в морях Дальнего Востока России // Альгология. – 1999. – **9**, № 4. – С. 83 – 118.
11. De Casabianca M. L., Rabotin M., Rigault R. Preliminary results on eelgrass regression and red seaweed dominance under increasing eutrophication (Thau Lagoon, France) // Acta Adriatica. – 2003. – **44**, № 1. – P. 33 – 40.
12. Fonseca M. S., Kenworthy W. J. Effects of current on photosynthesis and distribution of seagrass // Aquatic Bot. – 1987. – **27**, №1. – P. 59 – 78.
13. Hauxwell J., Cebrián J., Valiela I. Eelgrass *Zostera marina* loss in temperate estuaries: relationship to land-derived nitrogen loads and effect of light limitation imposed by algae // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2003. – **247**. – P. 59 – 73.
14. Kenworthy W. J., Fonseca M. S. The use of fertilizer to enhance growth of transplanted seagrasses *Zostera marina* L. and *Halodule wrightii* Aschers. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1992. – **163**, № 2. – P. 141 – 161.
15. McLachlan J., Bird C. J. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity // Aquat. Bot. – 1986. – **26**. – P. 27 – 49.
16. Milchakova N.A. Marine plants of the Black sea. An illustrated field guide. Sevastopol, Digit Print. – 2011. – 144 pp.
17. Nies G., Reusch T. B. H. Evolutionary divergence and possible incipient speciation in postglacial populations of a cosmopolitan aquatic plant // J. Evol. Biol. – 2005. – **18**. – P. 19 – 26.
18. Rueness J., Mathisen H. A., Tananger T. Culture and field observations on *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Parnf. (Rhodophyta) from Norway // Bot. Mar. – 1987. – **30**, № 3. – P. 267 – 276.
19. Short F. T., Burdick D. M. Quantifying eelgrass habitat loss in relation to housing development and nitrogen loading in Waquoit Bay, Massachusetts // Estuaries. – 1996. – **19**, № 3. – P. 730 – 739.
20. Short F. T., Burdick D. M., Kaldy J. E. Mesocosm experiment quantify the effects of eutrophication on eelgrass, *Zostera marina* L. // Limnol. Oceanogr. – 1995. – **40**, № 4. – P. 740 – 749.
21. Strand J. A., Weisner S. E. B. Wave exposure related growth of epiphyton: implications for the distribution of submerged macrophytes in eutrophic lakes // Hydrobiologia. – 1996. – **325**, № 2. – P. 113 – 119.

Поступила 30 ноября 2011 г.
После доработки 06 января 2012 г.
Окончательный вариант 25 мая 2012 г.

Тенденції довготривалої зміни запасів макрофітів в бухті Козача (Севастополь, Крим, Чорне море). Н. В. Миронова, Н. П. Мильчакова, В. В. Александров. Виконано оцінку стану ресурсів макрофітів східного рукава б. Козача, охарактеризовано особливості їх розподілу по глибинах та міжрічної динаміки (1984 і 2007 рр.). За більш ніж 20-річний період загальні ресурси макрофітів збільшилися майже вдвічі – з 173.8 до 304.6 т. Запаси *Zostera marina*, *Z. noltii* і *Ruppia* spp. зросли в 3, 10 і 4 рази відповідно, а *Stuckenia pectinata* – зменшилися вдвічі. Хоча в рослинному покриві бухти як і раніше домінують морські трави, склад і структура їх угруповань суттєво змінилися. Подібні зміни виявлені для ресурсів макроводоростей, при цьому запаси агарофітов *Gracilaria gracilis* і *G. dura* знизилися з 52.5 до 3.7 т і з 4.5 до 0.9 т відповідно, а *Cystoseira barbata* var. *repens* підвищилися з 0.6 до 9.2 т. Динаміка макрофітобентосу, запасів і площі, зайнятої морськими травами і макроводоростями, пов'язана, ймовірно, зі зміною локальних екологічних умов, у тому числі зменшенням замулення донних осадків.

Ключові слова: морські трави, агарофіти, запаси, б. Козача, Чорне море

Trends in long-term changes of macrophyte resources in the Kazachya Bay (Sevastopol, Crimea, Black Sea). N. V. Mironova, N. A. Milchakova, V. V. Alexandrov. The state of macrophytes resources of the eastern inlet of Kazachya bay is estimated. The features of their depth distribution and inter-annual dynamics (1984 and 2007) are characterized. For more than 20 years the total resources of macrophytes almost doubled – from 173.8 to 304.6 tons. The stock of *Zostera marina*, *Z. noltii* and *Ruppia* spp. increased 3, 10 and 4 times respectively whereas one of *Stuckenia pectinata* decreased twofold. Although the vegetation of the bay is still dominated by seagrasses, the composition and structure of their communities have changed significantly. Similar changes have been identified for macroalgae resources, while the stock of agarophytes *Gracilaria gracilis* and *G. dura* decreased from 52.5 to 3.7 tons and from 4.5 to 0.9 tons, respectively, and one of *Cystoseira barbata* var. *repens* increased from 0.6 to 9.2 tons. The macrophytobenthos dynamics, resources and area occupied by seagrasses and macroalgae are probably connected to a change in local environmental conditions, including decrease in siltation of bottom sediments.

Keywords: seagrasses, agarophytes, resources, Kazachya Bay, the Black Sea