

# ЭКОЛОГИЯ МОРЯ

1871



21  

---

1985

4. Маккавеева Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1979. — 228 с.
5. Парчевский В. П., Бурлакова З. П., Крупаткина Д. К., Кирикова М. В. Многомерный анализ взаимоотношений фитопланктон—среда в Севастопольской бухте. — Экология моря, 1980, вып. 1, с. 21—27.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского  
АН УССР, Севастополь

Получено 20.12.82

Е. В. МАККАВЕЕВА, Ю. Г. АРТЕМОВ

# ANALYSIS OF THE EPIPHYTON ECOSYSTEM BY THE METHOD OF BASIC COMPONENTS

## Summary

Complicated interrelations between seven parameters in ecosystems of the *Zostera*, *Cystozeira* and *Phyllofora* thickets are revealed by the method of basic components. The total epiphyton biomass-temperature dependence in the *Zostera* and *Phyllofora* thickets is found to be inverse. In the *Cystozeira* and *Phyllofora* thickets the macrobenthos biomass is found to increase with the substrate-macrophyte surface. The depth affects negatively the macrobenthos biomass in the *Zostera* thickets, microfouling biomass in the *Cystozeira* thickets as well as the meiobenthos biomass in the *phyllofora* thickets. Microfouling biomass in the *Zostera* thickets and sestonophage biomass in the *Cystozeira* thickets grow with the depth.

УДК 634.948

Л. Л. КРУГЛЯКОВА, В. Н. СТЕПАНОВ

# ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ФОНДА В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ СУША—МОРЕ

Экологическое и социальное значение генетического фонда (генофонда) морей и океанов, береговой зоны и суши связано с решением проблем воспроизводства биоресурсов как источника пищевых продуктов, промышленного и лекарственного сырья, а также других материальных ценностей и удовлетворения научных и культурных потребностей. Исчезновение любого вида флоры и фауны может оказаться губительным для саморегулирующей способности экосистемы. Потеря элементов генофонда равносильна исключению из памяти живой материи важнейшей информации [7].

В связи с нарастанием темпов вымирания отдельных видов флоры и фауны морской среды и суши Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) на XIV Генеральной ассамблее в 1978 г. принял проект программы «Всемирная стратегия охраны природы», важнейшей задачей которой является оздоровление и сохранение генетического разнообразия всего живого на планете. По данным МСОП, с 1600 г. из 4226 видов млекопитающих 36 видов исчезли совсем, 120 видов находятся в состоянии исчезновения; из 8664 видов птиц 94 вида исчезли и около 187 видов могут исчезнуть в ближайшем будущем; из 250 тыс. видов высших растений под угрозой деградации находятся 20—25 тыс. видов. По оценке Н. Майерса [8], в настоящее время на Земле ежедневно в среднем исчезает один вид, к концу 80-х годов будет исчезать один вид ежегодно, а к 2000 г., возможно, исчезнет 1 млн. видов из современных 5—10 млн. Представленная нами динамика исчезновения видов в ретроспективе и перспективе (см. рисунок) характеризует угрожающий экспоненциальный рост разрушающего воздействия на генофонд демографического и экономического развития человечества.

К понятию «деградация генофонда» следует относить не только исчезновение видов и подвидов животных и растений, но и сокращение популяций выше предела нормальных воспроизводственных возможно-

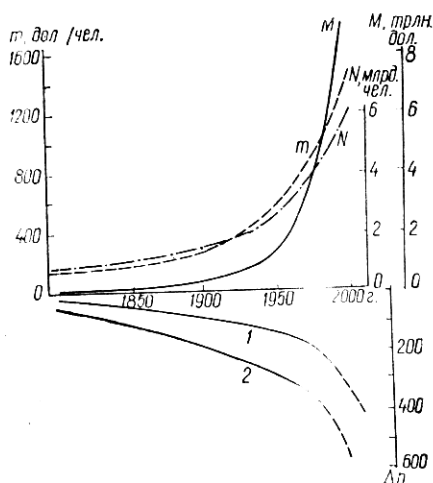
стей экосистемы. В Мировом океане общее сокращение воспроизводства живых организмов за последние 20 лет достигло 40%. Особенно большой урон нанесен генофонду по классу млекопитающих (киты, тюлени, каланы, морские львы). В XIII в. были истреблены стеллеровы коровы, в XIX в. уничтожены миллионы особей ушастых тюленей. С 1914 г. количество синих китов-блуждалов сократилось с 200 тыс. до немногим более 1 тыс. особей, такая же участь постигла китов-финвалов, сейвалов, горбачей, кашалотов [6]. Усилия стран по регулированию китобойного промысла, активная деятельность Международной китобойной комиссии не обеспечили восстановления популяционных запасов китов. В настоящее время 5 из 10 видов усатых китов занесены в Красную книгу МСОП, 16 из 25 видов китообразных, встречающихся у наших берегов, занесены в Красную книгу СССР.

Результатом неуправляемой эксплуатации рыбных ресурсов, загрязнения океана и разрушения среды обитания явилось исчезновение около 30 наиболее ценных промысловых видов — сельди, трески, скумбрии, калифорнийской сардины, перуанских анчоусов, пикши, лосося, многих видов морского окуня. Под угрозой исчезновения находятся дальневосточный анчоус, мраморник, альбула, кефаль, атерина, тотуава, многие реликтовые и эндемичные виды островных и эстуарных систем. Статистика уловов не дает представления о масштабах антропогенного вмешательства в жизнь обитателей морей и океанов. Цифры указывают лишь вес улова без учета того, сколько при этом погибает других живых организмов и какие нарушения произошли в инфраструктуре морских экосистем. Множество «сорной» рыбы, не используемой в пищу, выбрасывается обратно в море. Подсчитано, что американские траулеры, как правило, выбрасывают до 80% улова. В общей сложности количество вылавливаемой рыбы, выбрасываемой обратно в море, приближается к 7 млн. т в год, что составляет 10% мирового улова, доставляемого на берег.

Урон генофонду в контактной зоне суша—море наносит неуправляемое (фактически хищническое) рыболовство, в условиях которого ежегодно «попутно» уничтожается 250 тыс. особей различных видов дельфинов, около 1 млн. морских птиц, большое количество морских черепах и других животных [9]. По оценке американских экономистов ухудшение генофонда прибрежной зоны привело к убыткам рыбного хозяйства США в размере 86 млн. дол. в год [9].

На грани полного истребления находятся наиболее уникальные виды черепах, в частности черепаха-биссе, стоимость панциря которой на мировом рынке исключительно велика (свыше 130 дол. за 1 кг). Несмотря на запрет добычи и торговли черепахами этого вида, установленный конвенцией о международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения, мировой экспорт панцирями биссе в 1978 г. составил 402 259 кг [8].

Возрастающее загрязнение морских акваторий и усиливающееся разрушение прибрежной среды обитания представляют серьезную угрозу существованию многих промысловых видов рыб, моллюсков и ракообразных, поскольку 2/3 всех морских организмов экологически свя-



Взаимосвязь сокращения генофонда Земли  $\Delta n$  с ростом населения  $N$ , мировым национальным продуктом  $M$  и удельным продуктом  $n$ :

1 — млекопитающие (виды); 2 — млекопитающие и птицы (виды и подвиды).

зано с организмами, размножающимися в прибрежных районах. Дегра-  
дация морских экосистем начинается с прибрежной зоны, основное ее  
проявление — уменьшение многообразия жизни. Причина разрушения  
генофонда прибрежных экосистем, — загрязнение, сокращение речного  
стока, гидротехническое строительство и другие виды хозяйственной  
деятельности. Подобные процессы имеют место и в Азово-Черномор-  
ском бассейне. В частности, в северо-западной части Черного моря за  
последние 20—25 лет отмечается снижение разнообразия водной флоры  
и фауны, изменение видового состава, структуры, биомассы, замена  
одних сообществ другими [3]. В Дунайско-Днестровском, Одесско-Дне-  
стровском и Одесском районах произошло снижение промысловых за-  
пасов мидий, составляющих в начале 60-х годов по этим районам соот-  
ветственно 33, 47 и 66% общих, а в 1978 г. — 7,5; 5,4 и 12,3%. Под  
угрозой сокращения находится филлофорное поле Зернова, не только  
являющееся единственным по скоплению филлофоры в Мировом океа-  
не, но и имеющее большое значение для стабилизации экологических  
условий в северо-западной части моря. В настоящее время на поле  
Зернова осталось 28% запасов филлофоры, серьезно пострадали все  
его обитатели [2]. В Красную книгу СССР занесены тюлень-монах, еще  
встречавшийся в начале 60-х годов в районе, прилегающем к дельте  
Дуная, и черноморская афалина — один из трех видов дельфинов,  
встречающихся в Черном море. Происходит уменьшение запасов как  
пресноводных, так и некоторых морских рыб, снизилась рыбопродук-  
тивность, особенно низовий рек и лиманов. Отдельные виды ценных  
промысловых рыб исчезли из состава ихтиофауны ряда акваторий  
(осетр атлантический и черноморско-азовский), резко сократились  
ареалы обитания усача днепровского, вырезуба, более редкими стали  
шемая, чоп обыкновенный и малый, ерш полосатый, берш, стерлядь,  
судак морской; уменьшились численность и размеры особей таких мор-  
ских видов, как султанка, промысловые бычки, морской петух, кам-  
бала-калкан [5].

Ежегодные потери рыбного хозяйства Азово-Черноморского бас-  
сейна, связанные в первую очередь со снижением уловов ценных про-  
мысловых рыб, изменением структуры уловов (возрастанием доли хам-  
сы и шпрота), оцениваются в несколько миллионов рублей.

Разрушение генофонда имеет не только социально-экономические,  
но и экологические негативные последствия. Исходя из теории эколо-  
гического равновесия требуется определенное число видов, чтобы эколо-  
гическая система сохраняла саморегулирующие способности. Место исчезну-  
вшего вида занимает другой, близкий по экологическим характери-  
стикам, однако при снижении видового разнообразия возникает дефицит  
видов, надежность системы снижается. Негативными последствиями  
разрушения генофонда являются не только нарушение равновесия,  
воспроизводственных процессов, способностей к саморегуляции, но и  
утрата определенного набора специфических, уникальных в смысле при-  
надлежности только данному виду свойств, которые могли бы служить  
удовлетворению потребностей человеческого общества. С точки зрения  
теории информации разнообразие системы соответствует высокой сту-  
пени ее развития; напротив, потеря многообразия способствует дегра-  
дации системы. Дегградация генофонда нарушает равновесие экосисте-  
мы, сужает будущее генетики, фармакологии, медицины, марикульту-  
ры, техники. Рассматривая негативные последствия антропогенного воз-  
действия на механизмы устойчивости экосистем, следует учитывать  
наибольшую уязвимость информационных механизмов (крауд-эффект,  
экологический метаболизм) как более «тонких» по сравнению с энерге-  
тическими [8].

В связи с необходимостью прогнозирования экологических и соци-  
ально-экономических последствий изменения генофонда возникает по-  
требность введения различных качественных и количественных показа-

телей. По нашему мнению, для этих целей можно использовать следующие показатели.

1. Скорость изменения численности видов, которую можно выразить в виде дифференциального уравнения 1-го порядка:

$$\frac{dn}{dt} = -\beta n(t), \quad (1)$$

где  $\beta$  — коэффициент деградации.

Если за исходное число видов, за которыми идет слежение, принять  $n=n_0$  и интерпретировать его как постоянную интегрирования, то решение уравнения (1) примет вид

$$n(t) = n_0 e^{-\beta t}. \quad (2)$$

Поскольку за время  $\Delta t$  исчезает  $\Delta n$  видов, то выполняется соотношение

$$\left(1 - \frac{\Delta n}{n_0}\right) n_0 = n_0 e^{-\beta \Delta t}, \text{ откуда получаем}$$

$$\beta = -\frac{1}{\Delta t} \ln \left(1 - \frac{\Delta n}{n_0}\right). \quad (3)$$

2. Показатель общего разнообразия в виде функции Шеннона

$$H = - \sum_{i=1}^m \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right), \quad (4)$$

где  $n_i$  — численность  $i$ -го вида сообщества;  $N = \sum_{i=1}^m n_i$ ;  $m$  — число видов.

3. Условная потенциальная стоимость биологического вида

$$P_b = P_b' + P_b'', \quad (5)$$

где  $P_b'$  — оценка биологического вида, определяемая возможностями получения различной продукции для удовлетворения потребностей общества в настоящее время или ближайшей перспективе с учетом современных достижений науки и техники;  $P_b''$  — оценка вида, определяемая возможностями использования его для генетики, селекции, науки и т. д. в будущем, при дальнейшем развитии научно-технического прогресса.

Поскольку на данном этапе исследований величина  $P_b''$  не поддается стоимостной оценке, можно подсчитать только часть стоимости биологического вида, например, с помощью выражения

$$P_b' = \frac{M_t}{k_0} (1 + \beta)^{\Delta t}, \quad (6)$$

где  $M_t$  — национальный продукт в  $t$ -м году;  $\Delta t$  — число лет с момента наблюдения;  $k_0 \approx 0,3$  млн. — критическое число видов, определяемое исходя из теории поддержания экологического равновесия, т. е. правила смещения энергетических показателей не более чем на 10–20% существующей нормы [7]. По нашему мнению, расчет величины  $P_b'$  можно производить относительно как мировых значений  $M_t$  и  $k_0$ , так и региональных (в пределах государства или республики) и локальных (в пределах крупных природных объектов). В частности, в качестве  $M_t$  можно взять стоимость продукции, получаемой из добытых рыбы, морского зверя и нерыбных объектов,  $k_0$  — число видов (критическое), обитающих (добываемых) в прибрежной зоне морей или в пределах конкретного морского региона.

Такая дифференциация стоимости видов позволяет более гибко оценивать стратегические и тактические цели использования природных ресурсов и планирования природоохранной деятельности.

Таблица 1. Изменение показателя общего разнообразия для некоторых биоценозов Черного моря \*

| Район                            | Преобладающий антропогенный фактор | Показатель разнообразия $H$ |           |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------|
|                                  |                                    | 60-е годы                   | 70-е годы |
| Одесский залив                   | Гидротехническое строительство     | 1,87                        | 1,32      |
| Дунайско-Днестровское междуречье | Органическое загрязнение           | 1,2                         | 0,87      |
| Новороссийская бухта             | Нефтяное загрязнение               | 1,69                        | 1,52**    |

\* Табл. 1 рассчитана по данным [3, 4].

\*\* В 1966 г.  $H=1,34$ ; в 1975 г. наметилась тенденция к восстановлению донных биоценозов,  $H=1,52$ .

Выполненные по формулам (2), (3) оценки ухудшения генофонда в связи с ускорением темпов вымирания видов показывают, что если скорость вымирания видов на Земле останется на современном уровне, т. е. ежедневно будет исчезать в среднем один вид, то период, в течение которого останется 1/5 часть видов (критическое число), составит 1609 лет ( $\beta=0,001$ ). Если же до 2000 г. не предотвратить прогнозируемое ускорение вымирания видов, то критическое число видов будет «достигнуто» уже к 2050 г. ( $\beta=0,03$ ). Оценка ухудшения состояния ихтиофауны северо-западной части Черного моря за 20 лет (формулы (1), (2)) показала, что каждый год опасность исчезновения угрожает одному виду.

Применение для оценки антропогенного воздействия на некоторые сообщества Черного моря функции Шеннона (4) свидетельствует о снижении разнообразия, редукционной сукцессии сообществ (табл. 1). Оценка условной потенциальной стоимости биологического вида относительно мирового национального продукта ( $P_b$  в долларах), выполненная по формуле (6), показывает стремительное возрастание стоимости вида (табл. 2). Учитывая, что на современном уровне потенциальная стоимость вида превышает в международной валюте 140 млн. дол., безвозвратная потеря только 18 промысловых видов рыб северо-западной части Черного моря составит около 2,5 млрд. дол.

С развитием производительных сил на побережье наших морей трудно полностью предотвратить влияние антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы. Однако уменьшить такое воздействие и способствовать их восстановлению можно путем проведения многоцелевых природоохранных мероприятий (предотвращение загрязнения акваторий, гидробиомелиорация, марикультура, создание заповедников, морских парков и т. д.).

На практике решение экологических проблем в бассейнах морей СССР заключается главным образом в борьбе с загрязнением. Однако, наряду с широким проведением водоохраных мероприятий, в бассейнах морей для поддержания долговременного экологического равновесия прибрежных экосистем должна быть определена оптимальная структура природопользования. Это предполагает некоторую «акваториальную» регуляцию, предусматривающую создание системы охраняемых акваторий различного режима охраны. Формирование такой системы может быть эффективным средством предотвращения деградации экосистем. Охраняемые акватории будут не только способствовать сохранению естественных ресурсов и их воспроизводству, но одновременно являться естественными биофильтрами. Затраты на строительство очистных сооружений мощности, равной фильтрационным способностям мидий с 1 га, составили бы от 44 до 650 млн. руб. (в зависимости от плотности поселения). Стоимость же работ по сохранению и восстановлению 1 га ценных природных комплексов составляет

Таблица 2. Показатели изменения генофонда и потенциальной стоимости биологического вида \*

| Показатель                                               | Год                 |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                                          | 1800                | 1850                | 1900                | 1950                | 1970                | 1980                | 1990                | 2000                |
| Скорость изменения генофонда $\frac{\Delta n}{\Delta t}$ | 0,31                | 0,44                | 2,0                 | 1,8                 | 15,3                | 43                  | 365                 | 8760                |
| Коэффициент деградации генофонда $\beta$                 | $4,1 \cdot 10^{-6}$ | $1,8 \cdot 10^{-5}$ | $1,7 \cdot 10^{-5}$ | $1,7 \cdot 10^{-5}$ | $9,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | $3,0 \cdot 10^{-2}$ |
| Потенциальная стоимость вида $P'_g$ , млн. дол.          | 0,126               | 0,225               | 0,900               | 2,63                | 35,0                | 143,0               | 262,0               | 487,0               |

\* Таблица рассчитана по формулам (1)–(6) с учетом данных [1, 8].

1,0–2,5 тыс. руб. Приведенные оценки указывают на экономическую целесообразность расширения природно-заповедного фонда в контактной зоне суша — море.

В настоящее время на побережьях морей СССР имеется 26 заповедников, два заповедно-охотничьих хозяйства, площадь которых составляет около 1 % площади прибрежных районов суши, что гораздо ниже среднесоюзного уровня (8 %). Не удовлетворяет требованиям охраны генофонда морских экосистем и функциональное назначение этих заповедников. Ведомственная разобщенность, несоответствие должностных прав учреждений, которым переданы под охрану заповедники, их должностным обязанностям препятствуют комплексному решению проблемы сохранения генофонда.

Не разработаны в настоящее время и научные основы создания морских заповедников, охраны генофонда морей. Узконаправленность морской гидробиологии, отсутствие комплексного системного подхода к решаемым проблемам затрудняют прогнозирование последствий изменения генофонда и разработку эффективных природоохранных мероприятий по предотвращению этих изменений.

По нашему мнению, формирование системы природоохранных объектов в прибрежной зоне морей с целью поддержания экологического равновесия, сохранения генетического разнообразия морской флоры и фауны должно предусматривать: 1) обеспечение определенного соотношения между экстенсивно и интенсивно используемыми акваториями (1:2—1:1); 2) включение в систему природоохранных объектов охраняемых акваторий различного целевого назначения: резерватов, заказников (зоны воспроизводства), морских парков, дополняемых охраняемыми (буферными) зонами. В первую очередь охране подлежат: а) «экологически неустойчивые» зоны (морские заливы, лиманы, дельты рек, прибрежные зоны, моря со слабым водообменом и т. д.); б) «ключевые», или узловые, биотопы с точки зрения важности для продуктивности моря, т. е. участки, жизненно необходимые для видов, связанных с морем постоянно или на отдельных стадиях их жизненного цикла, имеющих экологическую или экономическую ценность и требующих неотложных мер по охране, если даже эти виды не находятся под угрозой исчезновения, но численность их начала падать; 3) законодательное резервирование территорий и акваторий прибрежной зоны, подлежащих в перспективе превращению в заповедники; 4) организация мониторинга охраны морских экосистем и научно-исследовательской деятельности в морях СССР под эгидой АН СССР и академий наук союзных республик.

Сохранение генофонда всегда должно быть основополагающей диалектической установкой экономико-экологического взаимодействия. Создание «эталонов природы», обеспечивающее сохранность генофонда, является неотъемлемым условием дальнейшего прогресса в социально-экономическом развитии общества. Поэтому крупные капитальные затраты, которые необходимо вложить в создание «эталонов природы», полностью себя оправдают.

1. *Будущее мировой экономики*: Докл. группы экспертов ООН во главе с В. Леонтьевым. — М.: Междунар. отношения, 1979. — 216 с.
2. *Калугина-Гутник А. А.* Состояние и перспективы охраны и рационального использования растительных ресурсов морей СССР. — Ботан. журн., 1981, **66**, № 6 с. 894—901.
3. *Биология моря*, 1977, вып. 43.
4. *Миловидова Н. Ю., Смоляр Р. И., Арабкин Н. М.* Изменение морских экосистем под влиянием антропогенного фактора. — Газовая пром-сть. Сер. Освоение ресурсов нефти и газа. Мор. месторождения, 1981, вып. 2, с. 9—13.
5. *Мовчан Ю. В., Щербуха А. Я., Смирнов А. И.* Редкие и исчезающие виды рыб северо-западной части Черного моря. — В кн.: 50 лет Черноморского государственному заповеднику. Киев: Наук. думка, 1980, с. 88—92.
6. *Рамад Ф.* Основы прикладной экологии: Пер. с фр. — Л.: Гидрометеиздат, 1981, — 543 с.
7. *Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р.* Особо охраняемые природные территории. — М.: Мысль, 1978, — 295 с.
8. *Myers N.* The problem of disappearing species: what can be done. — AMBJO, 1980, **9**, N 5, p. 229—235.
9. *Randall J.* Conserving marine fishers. — Oryx, 1980, **15**, N 3, p. 287—191.

Отд. экономики и экологии Мирового океана Мор.  
гидрофиз. ин-та АН УССР, Одесса

Получено 21.02.83.

L. L. KRUGLYAKOVA, V. N. STEPANOV

#### ECOLOGICAL AND ECONOMICAL PROBLEMS OF RETAINING GENE POOL IN THE „LAND-SEA“ CONTACT ZONE

##### Summary

Ecological situation in the „land-sea“ contact zone associated with deterioration of the gene pool is discussed. Quantitative and qualitative indices for estimating the consequences of gene pool changes as well as a method for estimating the potential value of the biological species are suggested. Recommendations are given for the environmental conservation measures in the „land-sea“ contact zone.