

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 2010

ПРИБ. 1221

ПРОВ 98

БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 48

ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА
И МОРСКИЕ ОБРАСТАНИЯ

Институт биологии
южных морей ДНУ СССР
БИБЛИОТЕКА
№ Зек

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1979

Ю. В. Подвинцев, В. Э. Новиков

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С БИООБРАСТАНИЕМ

В данной статье приводится статистический анализ процессов микро- и макрообрастания, протекающих на погруженных в море предметах в Севастопольской бухте. Как и в работе [1], в качестве экспериментальных данных была взята матрица из 55 наблюдений за 25 параметрами. Было выдвинуто предположение, что все параметры можно сгруппировать по их однородности с точки зрения биохимических критериев, а затем представить факторами: $F_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ — фактор макроорганизмов (x_1 — баянусы, x_2 — мидии, x_3 — мшанки, x_4 — ботриллы, x_5 — гидроиды); $F_2(x_8, x_9, x_{11})$ — фактор бактерий (x_8, x_9 и x_{11} — гетеротрофные бактерии соответственно планктона, перифитона и детрита); $F_3(x_{10}, x_{18}, x_{25})$ — фактор мертвых диатомовых морской воды, детрита и сообщества перифитонных микроорганизмов; $F_4(x_{16}, x_{17}, x_{24})$ — фактор живых диатомовых морской воды, детрита и сообщества перифитонных микроорганизмов; $F_5(x_6, x_7, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15})$ — гидрохимический фактор (x_6 — растворенное органическое вещество (РОВ), x_7 — pH, x_{12} — щелочность, x_{13} — фосфор, x_{14} — O_2 , x_{15} — NO_2-N); $F_6(x_{19}, x_{20})$ — фактор загрязнения (нефть и фенол); $F_7(x_{21}, x_{22}, x_{23})$ — фактор карбонатного равновесия (x_{21} — CO_2 , x_{22} — HCO_3^- , x_{23} — CO_3).

Ставится задача статистического анализа взаимосвязи каждого из выбранных факторов с остальными. Таким образом, задачу можно разбить на 7 проверок степени связи двух групп параметров.

Для решения вопроса о степени связи двух групп параметров в работе применяется метод проверки статистических гипотез с использованием информационной меры Кульбака [2]. При условии нормальности распределения выборки выдвигаются две простые гипотезы — нулевая H_2 и альтернативная H_1 . Нулевая H_2 утверждает, что две группы параметров взаимно независимы, а альтернативная H_1 определяет, что все множество параметров не является независимым. Математические гипотезы H_1 и H_2 строятся в следующем виде:

$$H_1: \Sigma = \| \sigma_{ij} \|, \quad i, j = \overline{1, k}$$

$$H_2: \Sigma = \begin{vmatrix} \Sigma_{11} & 0 \\ 0 & \Sigma_{22} \end{vmatrix}.$$

Здесь Σ — ковариационная матрица всей системы параметров, Σ_{11} , Σ_{22} — ковариационные матрицы соответственно первой и второй групп параметров.

Для принятия той или иной гипотезы вычисляется оценка $2\hat{I}(H_1: H_2)$ информационной меры направленного расхождения [2] между ними

$$2\hat{I}(H_1: H_2) = N \ln \frac{|S_{11}| \cdot |S_{22}|}{|S|},$$

где N — число наблюдений ($N = 55$), S , S_{11} , S_{22} — наилучшие несмещенные оценки ковариационных матриц Σ , Σ_{11} и Σ_{22} .

Величина $2\hat{I}(H_1: H_2)$ является случайной. В соответствии с общей асимптотической теорией информационной меры направленного расхожде-

ния при справедливости нулевой гипотезы эта величина асимптотически распределена по закону χ^2 с $\frac{k(k+1)}{2} - \frac{k_1(k_1+1)}{2} - \frac{k_2(k_2+1)}{2}$ степенями свободы.

Это позволяет проверить справедливость нулевой гипотезы.

На ЭВМ ЕС-1020 по данному алгоритму были проверены гипотезы о независимости каждого из 7 факторов. Результаты обработки представлены в таблице.

Характеристика факторов

Характеристика	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7
$2\hat{I}(H_1:H_2)$	290,7	317,3	390,3	521,0	724,2	101,5	622,1
Число степеней свободы	100	66	66	66	114	46	66
$\chi^2_{\text{табл}}$ *	149,4	107,3	107,3	107,3	151,4	81,4	107,3
Ранги	6	5	4	3	1	7	2

* Значение $\chi^2_{\text{табл}}$ взято для уровня значимости 0,999 [3].

Анализируя таблицу, приходим к выводу, что для всех групп параметров характерно неравенство

$$2\hat{I}(H_1:H_2) > \chi^2_{\text{табл}}.$$

Это означает, что ни в одном случае мы не можем принять гипотезу о независимости какой-либо группы параметров. Кроме того, по величине $2\hat{I}(H_1:H_2)$ можно отранжировать группы по степени их связи с системой. В последней строке таблицы приведены ранги факторов. Чем меньше ранг, тем теснее связан фактор с остальными параметрами системы.

В порядке уменьшения связи с системой параметров, описывающих процесс обрастания, факторы ранжируются следующим образом: 1) гидрoхимический фактор; 2) фактор карбонатного равновесия; 3) фактор живых диатомовых; 4) фактор мертвых диатомовых; 5) фактор бактерий; 6) фактор макроорганизмов; 7) фактор загрязнений.

В заключение следует отметить, что все факторы связаны в единую систему с вероятностью $P > 0,999$ и, следовательно, ни один из них нельзя выделить для упрощенного рассмотрения процессов обрастания в Севастопольской бухте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбенко Ю. А., Подвицнев Ю. В. Анализ взаимодействия элементов в системе: микро- и макроорганизмы обрастаний — био- и абиотические факторы среды (математический эксперимент). — Настоящий сборник, с. 28—41.
2. Кульбак С. Теория информации и статистика. М., Наука, 1967. 408 с.
3. Ван дер Варлен. Математическая статистика. М., Изд-во иностр. лит., 1960. 434 с.

Севастопольский приборостроительный институт МВССО УССР

Поступила в редколлегия
13.11.77

Ju. V. Podvintsev, V. E. Novikov
ANALYSIS OF INTERACTION OF FACTORS
CONNECTED WITH BIOFOULING

Summary

The processes of micro- and macrofouling on objects submerged into the sea are statistically analyzed. Hypotheses on independence of factors are checked up using Kulbak's information measure.

It is noted that all the factors are connected into a single system and neither of them could be distinguished for a simplified consideration of the fouling processes.

УДК 594.124:591.5(262.5)

Н. А. Валова

**О ФОРМИРОВАНИИ ПОСЕЛЕНИЙ MYTILASTER
LINEATUS В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ
ЧЕРНОГО МОРЯ**

Mytilaster lineatus (Gmelin, 1790) — массовая форма на небольших глубинах в Черном море. Моллюски живут, прикрепившись биссусом к подводным предметам — камням, скалам, раковинам других моллюсков, иногда образуют густые «щеточки». По данным Н. Ю. Миловидовой [10], плотность митилястеров в таких «щетках» в зоне зарослей цистозеры достигает 1850 экз/м², биомасса — 85 г/м²; по И. В. Шаронову [11], эти величины еще выше — 6783,5 экз/м² и 277,1 г/м² (что составляет 70,4—75,1 % общей биомассы животных). Митилястер встречается и на других грунтах — песке, иле, ракушечнике в биоценозах *Mytilus galloprovincialis*, *Gouldia minima*, *Gouldia* — *Modiolus adriaticus*, *Caecum trachea* — *Gouldia*, но единично и не является характерным [9, 10]. В. П. Воробьев [3] считает, что *M. lineatus* стеноэдафический вид, требующий для своего развития твердого и неподвижного субстрата. В Азовском море наиболее подходящим субстратом для митилястера является плотный песчаный ил с битой ракушей.

Выбор моллюском субстрата связан не только с состоянием грунта (подвижностью, твердостью), но и с его положением в море. В Каспийском море митилястеры, живущие возле уреза воды, предпочитают селиться на шероховатых поверхностях. Г. Б. Зевина [5] полагает, что на шероховатой поверхности этим моллюскам легче удерживаться при волнении, чем на гладкой поверхности. С увеличением глубины влияние характера поверхности сказывается меньше.

Данных о размножении *M. lineatus* в Черном море в литературе нет. В работе К. А. Захваткиной [4] есть сведения о сроках нахождения в планктоне личинок этого моллюска. Личинки встречаются в планктоне в августе — сентябре.

В отношении выбора субстрата оседающими личинками *M. lineatus* есть экспериментальные данные [7], свидетельствующие о том, что личинки активно выбирают субстрат — живую цистозеру, а если не находят его, то их метаморфоз задерживается. Стимулирующими факторами для оседания являются не механические свойства поверхности, а химические вещества, выделяемые в воду живыми макрофитами и бактериально-водорослевой пленкой.