

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ISSN 0203—4646

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ



31

1989

MORPHO-ECOLOGICAL STRUCTURAL PECULIARITIES OF HIND LIMBS IN WATERFOWL

Summary

On the basis of collected morphologic material qualitative and quantitative peculiarities of hind limbs have been analyzed in 16 species of waterfowl with different extent of adaptation to swimming and diving. Intensification of the birds' ecologic relations with water environment in the series gulls — anseriformes — shelducks — loons is found to result in relative growth of the shin length and the third finger as well as the index of limb rowing area (S/S_m and S/S_{kp}) and in shortening of the hip and spindle. The spindle gets gradually flattened and it is a bit longer in shelducks and loons than in anseriformes and cormorants. This is connected with peculiarities of the leg work in swimming.

УДК 574:579.2(26)

И. И. КРЫШЕВ, Ю. А. ГОРБЕНКО, Ю. Л. КОВАЛЬЧУК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЗНАКА СЕЗОННЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ БИО- И АБИОТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В БИОСИСТЕМЕ С ПРОТИВООБРАСТАЕМОЙ КРАСКОЙ

При исследовании структуры взаимосвязей в экологических биосистемах исследователи часто сталкиваются со своего рода парадоксом: несмотря на очевидность взаимодействия между параметрами, коэффициент взаимной корреляции, как правило, оказывается незначительным или же весьма небольшим по величине. Это затрудняет количественное изучение и интерпретацию причинно-следственных отношений в системе. По мере появления новых данных, а следовательно, и увеличения объема выборки, иногда стараются повторить анализ по всем имеющимся данным в надежде на повышение статистической достоверности, однако далеко не всегда увеличение объема используемой информации приводит к обнадеживающим результатам. На наш взгляд, причина описанного выше парадокса состоит в том, что взаимодействие параметров экосистемы в различные сезоны характеризуется сменой знака взаимных корреляционных функций (что обнаруживалось и при вычислении обычных парных корреляций), а также включением новых или исключением старых корреляционных связей [2].

Так, например, ранней весной складываются условия, благоприятные для развития многих видов диатомовых водорослей планктона, жизнедеятельность которых в это время определяется, главным образом, освещенностью [3]. Численность остальных микро- и макроорганизмов планктона в это время невелика, и их метаболиты либо хищничество зоопланктонных организмов не препятствуют развитию диатомей. Связь диатомовых с освещенностью в этот период положительна, что и подтверждается положительной корреляцией между ними.

Летнее повышение температуры воды влечет за собой развитие теплолюбивых форм, в частности мелких жгутиковых водорослей-динофлагеллят, метаболиты которых токсичны и угнетают, например, развитие диатомовых планктона [2]. Освещенность, постепенно возрастая, к лету становится значительно выше, чем ранней весной. Несмотря на это, численность планктонных диатомей по другим причинам, из которых главная, по-видимому, динофлагелляты, резко снижается, иногда до нуля. Связь диатомовых с освещенностью становится отрицательной, что подтверждается отрицательным коэффициентом этой корреляции.

В данном случае наблюдалось переключение связи элементов изучаемой системы с положительной на отрицательную. Поэтому, рассматривая все вместе корреляции, у которых разный знак в различные

сезоны года, мы в целом получим их коэффициенты, достоверно не отличающиеся от нуля.

В то же время если взаимосвязи анализируются по отдельным сезонам, то величина коэффициентов корреляции в эти периоды может быть настолько значимой, что она будет выявлена без труда даже при небольшом объеме выборки (12—15 значений).

Поэтому цель настоящей работы — разработка методологии количественного исследования эффекта переключения взаимных корреляций на примере взаимодействия параметров фактора термопластичных противобрастаемых красок (ТПК) [3] с параметрами изучаемой биосистемы в различные сезоны года. Особо рассмотрен вопрос об исследовании стабильности взаимосвязей на основе предлагаемого в работе количественного интегрального критерия — показателя сходства взаимных корреляций параметров системы.

Материалы и методы. Объектом исследования служила ТПК типа ЯН-7А5, в состав которой входят: канифоль, парафин, закись или окись меди и наполнитель. Краску наносили на стеклянные пластины, погружавшиеся в море у подводного стенда в Севастопольской бухте. Примерно каждые 10 сут их извлекали из воды и исследовали в лаборатории. Наблюдения проводили в течение 1978—1980 гг.

Для того чтобы понять «поведение» краски в море, ее изучали во взаимодействии с живыми и неживыми элементами морской среды, влияющими на нее, в составе биосистемы, включающей биотическую и абиотическую подсистемы.

К биоподсистеме относили следующие 3 фактора:

1. Фактор ТПК с параметрами: скорость выщелачивания меди, число гетеротрофных бактерий, развивающихся на поверхности ТПК, карбонаты, осаждаемые бактериями на ТПК.

2. Фактор сообщества микроорганизмов планктона (СМП) с параметрами: живые и мертвые диатомовые водоросли, гетеротрофные бактерии.

3. Фактор сообщества перифитонных микроорганизмов (СПМ) на неокрашенных стеклянных пластинах с параметрами: диатомовые водоросли (живые и мертвые); палочковидные, кокковидные и гетеротрофные бактерии; растворенное органическое вещество (РОВ) СПМ и рН СПМ (определяемые после 2-часового взаимодействия с живым СПМ на пластинах обрастания); сухая масса слизистой пленки СПМ; карбонаты СПМ (всего 15 биопараметров).

К абиоподсистеме относили также 3 фактора:

1. Фактор солнца с параметром: активность солнца.

2. Фактор морской среды с параметрами: температура, рН, РОВ, CO_2 , кислород, фосфор минеральный и общий; нитраты и нитриты, соленость.

3. Фактор загрязнения с параметрами: нефтепродукты (всего 12 параметров).

В итоге была исследована морская биосистема, состоящая из 2 подсистем, 6 факторов, 26 морских параметров и 1 — солнечного. Подробно методика измерения параметров описана в работах [1, 2]. Статистический анализ экспериментальных данных производился при помощи методов теории временных рядов.

Результаты и обсуждение. Для выделения сезонов в динамике параметров системы был выбран анализ Фурье, результаты которого для компонент ТПК представлены в табл. 1. На основании этого анализа можно сделать следующие выводы:

— В динамике параметров фактора ТПК наблюдается сезонность. Наибольший вклад в дисперсию соответствующих рядов наблюдений вносят, по данным 1979 г., гармоники с периодами 6, 4 и 3 мес, по данным 1980 г., — гармоники с периодами 12 и 6 мес.

— Из анализа фазовых соотношений следует, что в первом приближении могут быть выделены 3 сезона, характеризующиеся максималь-

Т а б л и ц а 1. Результаты анализа Фурье динамики параметров ТПК (1979—1980 гг.)

Параметр	Доминирующие гармоники				Среднее значение параметра
	Период (месц)	Фаза (месц)	Амплитуда		
			R_k	$\rho_k^2 (\%)$	
	T_k	Φ_k			

1979 г.					
Медь ТПК	6	0,4	0,82	10,6	23,0 мкг·см ⁻² ·сут ⁻¹
	4	0,6	1,24	24,4	
	3	0,7	1,13	20,3	
Гетеротрофные бактерии	6	2,8	3,38	11,6	15,6 тыс. экз·см ⁻²
	4	2,5	4,67	22,2	
	3	2,4	4,99	25,3	
Карбонаты	6	2,7	1,42	17,5	7,5 %
	4	2,4	1,63	22,9	
	3	2,3	1,70	25,0	

1980 г.					
Медь ТПК	12	5,3	0,42	48,4	22,2 мкг·см ⁻² ·сут ⁻¹
	6	2,5	0,26	18,3	
Гетеротрофные бактерии	12	9,2	0,57	52,2	19,1 тыс. экз·см ⁻²
	6	5,1	0,38	22,5	
Карбонаты	12	10,0	0,19	11,2	8,7 %
	6	5,0	0,36	37,7	

Примечание. Величины периодов и фаз доминирующих гармоник, значимых на уровне $\alpha=0,01$, указаны в месяцах. Величины амплитуд R_k имеют размерность соответствующего среднего значения параметра. Количество карбонатов указано в % по отношению к массе соскоба.

ными значениями параметров ТПК: а) зима, ранняя весна (январь — апрель); б) поздняя весна, лето — (апрель — июль); в) осень — зима (сентябрь — декабрь).

— Изменение концентрации меди происходит в противофазе с изменениями численности гетеротрофных бактерий и осаждаемых ими карбонатов.

— Средний уровень концентрации меди в 1979 и 1980 гг. примерно одинаков, тогда как среднее значение числа гетеротрофных бактерий и количества карбонатов, по сравнению с 1979 г., выше в 1980 г.

— Динамика параметров ТПК в 1979 г. отличается от данных 1980 г., в частности амплитуда изменений в 1980 г. заметно ниже, чем в 1979 г. Это свидетельствует о постепенном установлении за ряд лет равновесного режима в динамике компонент ТПК.

В качестве меры корреляции между рядами наблюдений использовались максимальные значения взаимных корреляционных функций. Оценка значимости взаимных корреляций производилась по критерию Бартлетта с достоверностью $P=95\%$. Вычисления взаимных корреляционных функций производились на ЭВМ для 3 выделенных нами сезонов: январь — апрель (а), апрель — июль (б), август — декабрь (в) и всего года в целом (г) для 2 лет наблюдений (1979—1980 гг.). Всего было рассчитано 600 взаимных корреляционных функций. Из них значимыми оказались максимальные по абсолютной величине значения 246 корреляционных функций, или около 40% общего числа взаимных корреляций. Примерно половина из них имела нулевое запаздывание, т. е. коррелировали одновременные значения рядов наблюдений. Другая половина значимых взаимных корреляций имела задержки во времени от 10 до 30 сут. По величине коэффициента корреляции r большинство связей можно отнести к умеренным корреляциям ($0,5 \leq r < 0,7$). Взаимосвязей с $r \geq 0,7$ было определено 72, или около 12% общего числа взаимных корреляций. Общая структура взаимосвязей между компонентами ТПК и параметрами экосистемы представлена в табл. 2. На осно-

Таблица 2. Структура взаимных корреляций между компонентами ТПК и параметрами морской экосистемы

Параметр системы	Медь, выделяемая ТПК		Гетеротрофные бактерии ТПК		Карбонаты ТПК	
	1979 г.	1980 г.	1979 г.	1980 г.	1979 г.	1980 г.
	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г	а б в г
Выщелачивание меди ТПК	х х х х	х х х х	— — — —	+ о — —	— — — —	+ о — —
Гетеротрофные бактерии ТПК	— — — —	+ о — —	х х х х	х х х х	+++ +	+ — + +
Карбонаты ТПК	— — — —	+ о — —	+++ +	+ — + +	х х х х	х х х х
Диатомовые живые СПМ	о о о о	о о + +	о о о о	о о — о	о + о о	о о — —
Диатомовые мертвые СПМ	— + о	о о о о	о + — о	о о о о	о + — о	о о о о
Гетеротрофные бактерии СПМ	о о о о	— о — —	о о о о	+ о +	о о о о	— о о о
Кокковидные бактерии СПМ	о — о о	+ + о о	о + — о	+ о о о	о + — о	+ о о о
Палочковидные бактерии СПМ	о о о о	— — о о	о о о о	— о — о	о о о о	о о о о
Сухая масса	+ — + о	— — о о	— + — о	— о о о	— о — о	о — о о
Карбонаты СПМ	+ — + о	— — о о	— + — о	о о о о	— о — о	о — о о
РОВ СПМ	о о + о	+ — о о	о о — о	+ о о о	о — — о	о — о о
рН СПМ	— о о о	+ о о о	— о о о	+ о о о	+ о о о	+ + о о
Диатомовые живые СМП	— + о о	+ + + +	+ — + о	+ — — —	+ — о о	о + о о
Диатомовые мертвые СМП	о о о о	о о + о	о о — о	о о — —	о о — о	о о — о
Гетеротрофные бактерии СМП	о о о о	о + — —	о о + о	о о + о	о о о о	о о о о
рН	+ о о о	+ о + +	— о — о	— + — —	— о о о	+ о — —
СО ₂	+ о — о	— о — о	о о + о	— — + —	о о + о	— о + о
РОВ	о о о о	+ о о о	о о — о	+ + — о	о о о о	о — о о
Нефтепродукты	— о о о	— — о о	+ о — о	— + о о	+ о о о	о — о о
Нитриты	+ о о о	— о о о	— — о о	— — о о	— о о о	— о о о
Нитраты	+ о — о	— о — о	— о + о	— — + о	— о + о	— о + о
Фосфор минеральный	+ о о о	— — — —	— о — о	— о + о	— о о о	— о + о
Фосфор общий	+ — о о	о о о о	+ — о о	+ о о о	+ — о о	о — о о
Кислород	— + — о	+ + — о	+ — + о	+ — + —	+ — + о	+ + + +
Температура	о — + о	о — + о	+ + — о	+ + + +	+ + — о	+ — — —
Соленость	— + + —	— о — —	+ — — —	+ + + +	+ — — —	о — + о
Солнечная активность	о о + о	— о о о	— о — о	о о о о	— + о о	о о о о

Примечание. Знаком «+» отмечены взаимосвязи с положительным значением коэффициента корреляции, знаком «—» — взаимосвязи с отрицательными коэффициентами корреляции, символом «о» — взаимосвязи с незначительными коэффициентами корреляций (достоверно не отличающихся от нуля), «х» — корреляции одноименных параметров ТПК между собой. Здесь и в табл. 3 взаимные корреляции рассчитывали в следующие сезоны: а — январь—апрель; б — апрель—июль; в — август—декабрь; г — весь год.

вании результатов корреляционного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее тесные связи характерны для параметров ТПК. Эти связи проявляются практически во все сезоны наблюдений 1979 и 1980 гг. и, как правило, имеют величину $r \geq 0,7$.

При этом количество меди, выщелачиваемой ТПК, отрицательно коррелирует с числом гетеротрофных бактерий, развивающихся на ТПК, и количеством карбонатов, осаждаемых бактериями на краске.

2. Из взаимосвязей с факторами морской среды наибольшее число корреляций (12 связей на 1 параметр) имеют компоненты ТПК с абиотическими параметрами, особенно соленостью, кислородом и температурой воды в море, а также рН, нитритами, а затем минеральным фосфором и СО₂. Это свидетельствует о том, что работа ТПК в морской среде в основном зависит от данных параметров. С РОВ, нефтепродуктами, общим фосфором, нитратами, солнечной активностью связи проявляются эпизодически.

3. Несколько меньшее число корреляций характерно для взаимодействия компонентов ТПК с биотическими параметрами СПМ и СМП (8 связей на 1 параметр). При этом максимальное число корреляций с компонентами ТПК имеют сухая масса и карбонаты СПМ, а также диатомовые живые СМП.

4. Число корреляций следующим образом распределено по сезонам. На сезон «а» (зима — ранняя весна) приходится около 35%, на сезон «б» (весна — раннее лето) — 27, на сезон «с» (позднее лето — осень) — 30% значимых корреляций.

5. Большинство взаимосвязей компонентов ТПК с параметрами морской среды характеризуется изменением знака коэффициента корреляции в зависимости от того, в течение какого сезона исследуется взаимосвязь. Так, например, взаимосвязь гетеротрофных бактерий ТПК с температурой воды в море зимой и весной является положительной, а осенью — отрицательной, корреляционная взаимосвязь между медью, выделяемой поверхностью ТПК, и температурой морской воды летом отрицательная, а осенью — положительная и т. д. Важным следствием смены знака взаимных корреляций является то, что при вычислении коэффициентов между параметрами экосистемы за достаточно большой промежуток времени (например, за год в целом) большинство взаимосвязей становится незначимыми, а оставшиеся значимыми заметно уменьшаются по величине.

Так, по данным табл. 2, на долю годовых корреляций (вычисленных по данным наблюдений за год в целом) приходится только 8% значимых взаимосвязей, что на порядок меньше по сравнению с числом сезонных корреляций (вычисленных по данным наблюдений в течение одного из сезонов). При этом только 3 годовых корреляции имели величину $r \leq 0,7$, тогда как сезонных корреляций с $r \leq 0,7$ насчитывалось 69.

Об эффекте переключения корреляций. Согласно современным представлениям, на разных уровнях биологической организации существуют определенные гомеостатические механизмы, поддерживающие динамическое равновесие в системах путем взаимодействия положительных и отрицательных обратных связей [4]. При этом положительные связи, «усиливающие» отклонения от равновесия, сбалансированы с отрицательными обратными связями, «уменьшающими» отклонения от состояния равновесия. В этом плане смена знаков взаимных корреляций между параметрами экосистемы в различные периоды сезонной сукцессии является эффективным способом поддержания динамического (экологического) равновесия в системе.

В целом можно сделать вывод о том, что учитывая динамический характер процессов в экосистемах, методически более правильно определение взаимных корреляций между параметрами не по всем имеющимся в распоряжении исследователя данным (увеличивая объем анализируемых выборок), а с обязательным разбиением интервала наблюдений на характерные сезоны. Выделение типичных сезонов в динамике экосистемы может быть выполнено на необходимом уровне достоверности на основе аппарата теории временных рядов (например, метода Фурье) [3].

Критерий сходства взаимных корреляций. Важной характеристикой динамического равновесия в системе является устойчивость взаимных корреляций во взаимодействии параметров в различные интервалы времени. В качестве интегральной меры устойчивости (стабильности) взаимосвязей может быть использован показатель сходства взаимных

корреляций между двумя состояниями системы: $R = \frac{2C}{A+B}$, где A — число значимых корреляций системы в состоянии A (интервала времени A или местообитания A); B — число значимых корреляций системы в состоянии B ; C — число значимых корреляций, общих для обоих состояний.

Показатель сходства взаимных корреляций, являющийся мерой пересечения двух множеств A и B , введен нами по аналогии с индексом сходства видового состава между двумя пробами [4].

Анализ величины показателя R , проведенный на основе результатов табл. 2, показывает следующее:

Таблица 3. Максимальные значения взаимных корреляционных функций

Параметры системы	Выделение меди ТПК			
	а	б	в	г

1979 г.				
Выщелачивание меди ТПК	х	х	х	х
Гетеротрофные бактерии ТПК	<u>-0,77</u> 0	<u>-0,97</u> 0	<u>-0,59</u> -30	<u>-0,74</u> 0
Карбонаты ТПК	<u>-0,81</u> 0	<u>-0,86</u> 0	<u>-0,63</u> -20	<u>-0,68</u> 0
Кислород	<u>-0,83</u> 0	<u>0,83</u> 0	<u>-0,50</u> 0	<u>-0,28</u> 0
Температура воды	<u>-0,43</u> 0	<u>-0,87</u> 0	<u>0,71</u> -10	<u>-0,26</u> 0
Соленость	<u>-0,79</u> 30	<u>-0,76</u> 0	<u>0,74</u> 0	<u>-0,41</u> 0

1980 г.				
Медь ТПК	х	х	х	х
Гетеротрофные бактерии ТПК	<u>0,66</u> 0	<u>-0,38</u> -10	<u>-0,91</u> 0	<u>-0,62</u> 0
Карбонаты ТПК	<u>0,68</u> 0	<u>0,43</u> 0	<u>-0,98</u> 0	<u>-0,63</u> 0
Кислород	<u>0,76</u> 0	<u>0,48</u> -10	<u>-0,67</u> 0	<u>0,21</u> 0
Температура воды	<u>0,57</u> 10	<u>-0,41</u> 0	<u>0,81</u> 0	<u>0,24</u> 0
Соленость	<u>-0,58</u> -10	<u>-0,07</u> 0	<u>-0,55</u> -20	<u>-0,56</u> -30

Примечание. Над чертой указано максимальное значение взаимной корреляционной

— индекс сходства взаимных корреляций между компонентами ТПК по сезонам 1979 и 1980 гг. составляет $R=0,91$;

— индекс сходства взаимосвязей между компонентами ТПК и биотическими параметрами СПМ и СМП в 1979 и 1980 гг. существенно ниже и составляет соответственно $R=0,28$ и $R=0,67$;

— индекс сходства взаимосвязей между компонентами ТПК и гидрохимическими параметрами морской воды, (рН, CO_2 , нитриты, фосфор минеральный, кислород, температура воды, соленость) в различные сезоны 1979 и 1980 гг. весьма высок и составляет в среднем $R=0,86$.

Таким образом, компоненты ТПК наиболее тесно связаны между собой и с гидрохимическими параметрами морской среды, особенно кислородом, соленостью и температурой воды в море (табл. 3). Взаимодействие указанных параметров устойчиво повторяется в различные сезоны наблюдений. При этом для взаимосвязи компонентов ТПК между собой характерна тенденция к постоянным по знакам связям, тогда как взаимодействие компонентов ТПК с факторами (параметрами) морской среды характеризуется переключением знака корреляций в сезонной сукцессии экосистемы.

параметров ТПК и остальных параметров морской системы за 2 года наблюдений

Гетеротрофные бактерии ТПК				Карбонаты ТПК			
а	б	в	г	а	б	в	г
<u>-0,77</u>	<u>-0,97</u>	<u>-0,59</u>	<u>-0,74</u>	<u>-0,81</u>	<u>-0,86</u>	<u>-0,63</u>	<u>-0,68</u>
0	0	30	0	0	0	20	0
х	х	х	х	<u>0,95</u>	<u>0,88</u>	<u>0,85</u>	<u>0,92</u>
				0	0	0	0
<u>0,95</u>	<u>0,88</u>	<u>0,85</u>	<u>0,92</u>	х	х	х	х
0	0	0	0				
<u>0,64</u>	<u>-0,84</u>	<u>0,77</u>	<u>0,23</u>	<u>0,58</u>	<u>-0,76</u>	<u>0,65</u>	<u>0,32</u>
0	0	10	0	0	0	10	0
<u>0,65</u>	<u>0,87</u>	<u>-0,75</u>	<u>0,01</u>	<u>0,62</u>	<u>0,81</u>	<u>-0,93</u>	<u>-0,25</u>
30	0	0	0	30	0	0	0
<u>0,50</u>	<u>-0,81</u>	<u>-0,63</u>	<u>-0,53</u>	<u>0,55</u>	<u>-0,70</u>	<u>-0,70</u>	<u>-0,57</u>
0	0	20	-30	30	0	-10	-30
<u>0,66</u>	<u>-0,38</u>	<u>-0,91</u>	<u>-0,68</u>	<u>0,68</u>	<u>0,43</u>	<u>-0,98</u>	<u>-0,63</u>
0	10	0	0	0	0	0	0
х	х	х	х	<u>0,83</u>	<u>-0,79</u>	<u>0,88</u>	<u>0,38</u>
				0	-30	0	
<u>0,83</u>	<u>-0,79</u>	<u>0,88</u>	<u>0,38</u>	х	х	х	х
0	30	0	0				
<u>0,55</u>	<u>-0,73</u>	<u>0,82</u>	<u>-0,55</u>	<u>0,64</u>	<u>0,80</u>	<u>0,66</u>	<u>0,35</u>
0	30	0	0	0	0	0	0
<u>0,70</u>	<u>-0,76</u>	<u>-0,93</u>	<u>0,44</u>	<u>0,67</u>	<u>-0,75</u>	<u>-0,79</u>	<u>-0,30</u>
10	0	0	0	0	0	0	0
<u>-0,47</u>	<u>0,90</u>	<u>0,70</u>	<u>0,87</u>	<u>-0,21</u>	<u>-0,86</u>	<u>0,56</u>	<u>0,06</u>
-20	0	-20	0	0	-20	-40	0

функции, под чертой — величина временной задержки между рядами наблюдений в сутках.

Возможно, дальнейшие исследования эффекта переключения сезонных корреляций будут способствовать решению важной экологической проблемы — выяснению механизмов поддержания в экосистемах динамического равновесия.

1. Горбенко Ю. А., Ковальчук Ю. Л. Влияние морских бактерий на работу термопластичных противообрастаемых красок (ТПК) в море // Экология моря. — 1982. — Вып. 9. — С. 84—88.
2. Горбенко Ю. А. Экология морских микроорганизмов перифитона. — Киев: Наук. думка, 1977. — 256 с.
3. Горбенко Ю. А., Крышев И. И. Статистический анализ динамики морской экосистемы микроорганизмов. — Киев: Наук. думка, 1985. — 144 с.
4. Одум Ю. Основы экологии. — М.: Мир. 1975. — 740 с.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Севастополь

Получено 13.07.87

CHANGE OF THE SIGN OF SEASONAL CORRELATIONS OF BIO- AND ABIOPARAMETERS IN THE BIOSYSTEM WITH ANTIGROWTH PAINT

Summary

A fact of reversal (change of a sign) of seasonal correlations in the marine biosystem for a year or a number of years is discussed using the interaction of bioparameters connected with TAP, with marine environment parameters. Therefore an increase in the evidence sampling promotes a decrease in correlation closeness sometimes reaching zero. To find out the truth of relations it is necessary to divide the observation series into separate seasons. A method is suggested to quantitatively describe the correlation stability on the basis of a simple integral criterion, the index of time correlation similarity.

УДК 574.5:62—757.7:591.05(262.5)

В. А. ТАМОЖНЯЯ

МЕТАБОЛИЗМ СООБЩЕСТВА ОБРАСТАНИЙ. СООБЩЕНИЕ II. РЕДОКС-СОСТОЯНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА

В основе всех жизненных превращений в организме лежат окислительные и восстановительные процессы, определяющиеся интенсивностью передвижения электронов. С этой точки зрения природная морская вода представляет собой окислительно-восстановительную систему открытого типа, в которой одни вещества окисляются, другие — восстанавливаются. Процессы, сопровождающиеся присоединением кислорода (превращение нитритов в нитраты), отщеплением водорода (дегидрирование в биологических системах) и электронов ($\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$), определяют окислительные условия в водной среде. Механизм действия восстановительных процессов противоположен окислению ($\text{H}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{H}^0$), и доминирование их свидетельствует о восстановительной способности морской воды.

В создании окислительных условий водной среды ведущая роль отводится пероксиду водорода — продукту двухэлектронного восстановления кислорода: $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$. Установлено, что переход природной воды от окислительного состояния к восстановительному сопровождается гибелью личинок рыб [4]. Токсическое действие этого фактора гораздо сильнее, чем влияние хлорорганических соединений типа ДДТ, полихлорбифенилов, ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и других токсинов, присутствующих в воде.

Наиболее распространенными окислительно-восстановительными системами в водоемах являются 6 редокс-систем: $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$, $\text{NO}_2^-/\text{NH}_4^+$, $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, S_0/HS^- , $\text{S}_0/\text{H}_2\text{S}$, $\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{Fe}^{2+}$ [9]. В зависимости от физико-химических условий одна из систем оказывается доминирующей и определяет величину редокс-потенциала, а значит, и степень аэробности среды. Редокс-состояние — одно из ведущих условий внешней среды, обуславливающее направленность метаболизма у гидробионтов. Изменяя эту величину, можно воздействовать на обменные процессы, т. е. в определенной мере управлять ими.

В связи с вышеизложенным интересно выяснить степень участия сообщества обрастаний в модификации редокс-состояния морской воды.

Материал и методика. Сообщество обрастателей выращивали в Севастопольской бухте на стеклянных пластинах (детально методика изложена в сообщении I) в течение 1984—1985 гг. Каждый месяц извлекали из моря по 4 пластины, при осмотре которых определяли структуру сообщества, последовательное формирование стадий и развитие доминирующих популяций. Для изучения метаболизма сообщества разного возраста пластины с ним помещали в экспериментальные сосуды емкостью 1 л (4 повторности), которые размещали в проточ-