

ПРОСВЕЩЕНИЕ

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

ИМ. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

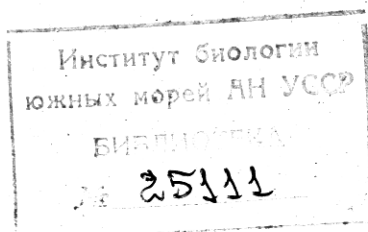
Ковалев

**МАТЕРИАЛЫ
ВСЕСОЮЗНОГО СИМПОЗИУМА
ПО ИЗУЧЕННОСТИ
ЧЕРНОГО И СРЕДИЗЕМНОГО МОРЕЙ,
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ
ИХ РЕСУРСОВ**

(Севастополь, октябрь 1973 г.)

Часть III

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ
И ПУТИ ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ—1973

Л.Н.Пшенин

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОЦЕССА АЗОТФИКСАЦИИ В ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Институт биологии южных морей АН УССР,
Севастополь

В проблеме биологической продуктивности водоемов предусматривается сравнительное изучение интенсивности жизненных процессов (Водяницкий, 1954). В Институте биологии южных морей АН УССР такие исследования ведут с января 1969 г. после освоения метода масс-спектрометрического определения интенсивности азотфиксации в морской воде *in situ* с применением тяжелого изотопа азота N^{15} в качестве меченого атома. Этот метод был разработан Ниссом и соавторами (Neess et al., 1962) и несколько модифицирован нами в той части, которая касается обработки биологического азота в пробах морской воды перед масс-спектрометрическим измерением изотопного состава этого азота.

Цель настоящего сообщения — краткое изложение осредненных результатов трехлетних исследований процесса азотфиксации в морской воде одного из прибрежных районов Черного моря (Севастопольской бухты) во все сезоны 1969–1971 гг.

Приповерхностную воду отбирали в объеме от 14 до 30 л стерильными 10-литровыми стеклянными бутылками всегда в одном и том же месте над наибольшей глубиной бухты в утренние часы. Литровые пробы воды в 8–24-кратной повторности освобождали в аппарате Нисса и соавторов (1962) от природных газообразных форм азота пропусканием в течение 15 мин при неглубоком вакууме, равном 0,2 атм. (остаточное давление 0,8 атм.) смеси газов (14–16% O_2

86-84% He и следов CO_2), распыляемой до мелких пузырьков стеклянными диффузорами с величиной пор 40-50 мк. При этом не происходит серьезного нарушения кислородного режима и состава микробного сообщества. Замкнутый объем системы дополняли (до давления, слегка превышающего 1 атм.) молекулярным азотом, обогащенным на 12-35% тяжелым изотопом азота N^{15} . Пробы морской воды с N^{15} экспонировали 24 часа *in situ*, в морском протоке при температуре, близкой к природной и освещенности 3,5-19 тыс.лк. После экспозиции в пробах определяли общий азот по Кьельдалю и измеряли его изотопный состав на масс-спектрометре. Контрольные литровые пробы морской воды использовали в 4-6-кратной повторности для определения в общем (кьельдалевском) азоте природного содержания N^{15} . Интенсивность азотфиксации вычисляли по формуле, приводимой Ниссом и соавторами (1962), используя величину обогащения азотом-15 молекулярного азота, задаваемого в начале опыта в качестве меченого материала, количество общего (кьельдалевского) азота в морской воде и величину обогащения этого общего азота азотом-15 сверх природного содержания в конце опыта.

В табл. 1 приведены сравнительные результаты определения сезонных изменений средних величин интенсивности процесса азотфиксации и среднего количества общего (кьельдалевского) азота в приповерхностных водах Севастопольской бухты в течение 1969-1971 гг. Всего за три года было анализировано 552 литровых пробы морской воды, в том числе 400 опытных и 152 контрольных: в 1969 г. соответственно - 130 и 39, в 1970 г. - 160 и 46 и в 1971 г. - 110 и 67 проб. Для 1969 г. отсутствуют данные за два зимних и два весенних месяца; для 1970 г. - за два зимних и один весенний месяц; а для 1971 г. имеются результаты за все месяцы. Для всех трех лет имеются данные за наиболее продуктивный летне-осенний период вегетации. Таким образом, впервые для морей и океанов были получены многолетние данные,

Таблица 1

Сравнительные данные о сезонных трехлетних колебаниях уровня интенсивности процесса азотфиксации и количества общего (кьельдалевского) азота в Севастопольской бухте

Месяц	1969 г.			1970 г.			1971 г.		
	Общий (кьельда- левский) азот, мг в 1 м ³ морской воды	Фиксированный азот		Общий (кьельда- левский) азот, мг в 1 м ³ морской воды	Фиксированный азот		Общий (кьельда- левский) азот, мг в 1 м ³ морской воды	Фиксированный азот	
		мг в 1 м ³ морской воды	в % от кол-ва общего азота		мг в 1 м ³ морской воды	в % от кол-ва общего азота		мг в 1 м ³ морской воды	в % от кол-ва общего азота
		сутки			в сутки			в сутки	
I	488	0,619	0,129	-	-	-	550	0,510	0,093
II	-	-	-	-	-	-	715	0,448	0,063
III	-	-	-	-	-	-	736	0,390	0,053
IV	-	-	-	515	0,283	0,055	715	0,301	0,042
V	374	0,803	0,215	689	0,582	0,084	606	0,410	0,068
VI	510	1,013	0,199	556	0,436	0,078	712	0,510	0,072
VII	540	1,262	0,234	643	0,328	0,051	690	1,273	0,184
VIII	465	1,442	0,310	773	0,657	0,085	810	1,541	0,190
IX	625	4,524	0,724	554	1,455	0,263	705	1,061	0,150

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	476	0,704	0,148	585	1,351	0,231	671	0,966	0,144
X1	604	1,123	0,186	456	1,352	0,296	783	0,655	0,084
ХП	-	-	-	571	3,550	0,622	695	0,393	0,057
В среднем 510		1,436	0,282	594	1,110	0,187	699	0,705	0,101

характеризующие динамику интенсивности процесса азотфиксации в одном и том же районе. В табл. 1, кроме того, приведены данные, показывающие процент фиксированного в течение суток азота, по сравнению с количеством общего органического азота, присутствующего в морской воде в каждый месяц года, а также средние за каждый год результаты по трем показателям. Как можно видеть из табл. 1, интенсивность процесса азотфиксации в прибрежном районе Черного моря закономерно возрастает в летне-осенний период и достигает максимума, как правило, осенью. Исключением является 1970 г., в котором в декабре наблюдался второй более высокий, чем осенью, максимум азотфиксации. Это можно, вероятно, объяснить необычно сильным зимним цветением азотфиксирующих синезеленых водорослей. Среднесуточная величина азотфиксации в 1969 г. достигала 1,436 мг N в 1 м^3 морской воды, что составляет 0,282% от 510 мг общего органического (кьельдалевского) азота, т.е. от среднегодового наличного его содержания. Аналогичные показатели за 1970 и 1971 гг. составляют соответственно 1,11 мг фиксированного N в 1 м^3 морской воды или 0,187% от 594 мг общего азота и 0,705 мг фиксированного N в 1 м^3 морской воды или 0,101% от 699 мг общего азота.

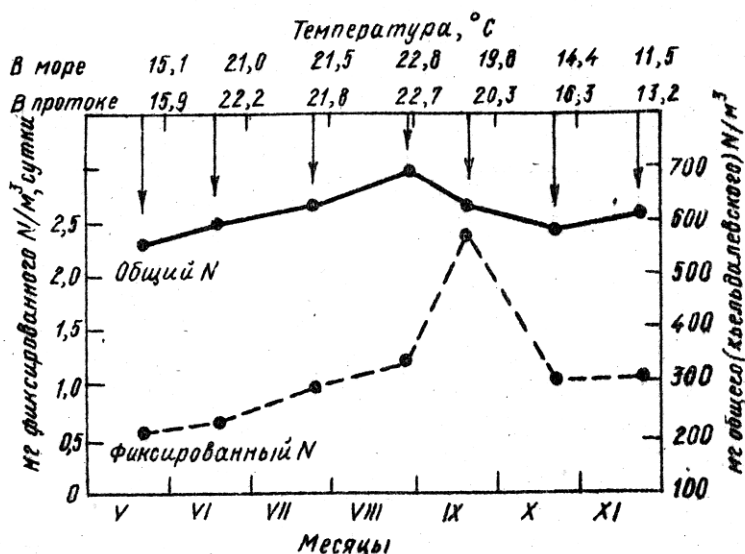
В более четком виде общую тенденцию сезонного изменения величины интенсивности процесса азотфиксации и количества органического (кьельдалевского) азота в приповерхностных водах Черного моря (на примере Севастопольской бухты) можно представить, если и далее усреднить величины этих показателей по каждому месяцу, но на сей раз за все три года и изобразить их графически. В табл. 2 и на рисунке помещены такие результаты за три года. При этом для каждого года были взяты данные, полученные в одно и то же время, ежемесячно с конца мая по ноябрь включительно, т.е. в наиболее продуктивный летне-осенний период.

Таблица 2

Данные, характеризующие общую тенденцию изменения количества кьельдалевского азота и величины интенсивности процесса азотфиксации в приповерхностных водах в районе Севастопольской бухты в летне-осеннее время

Месяц	Общий (кьельда- левский) азот, мг в 1 м ³ морской воды	Фиксированный азот	
		мг на 1 м ³ морской воды в сутки	в % от коли- чества общего азота
У	556	0,598	0,108
У1	593	0,653	0,110
УП	624	0,954	0,153
УШ	683	1,213	0,178
1Х	628	2,347	0,374
Х	577	1,007	0,175
Х1	614	1,043	0,170

Из табл. 2 и рисунка видно, что средняя величина интенсивности азотфиксации, колеблющаяся от 0,6 до 2,3 мг *N* на 1 м³, и среднее количество общего органического азота, изменяющееся за этот период от 556 до 683 мг в 1 м³ приповерхностной морской воды, возрастают одновременно с мая до конца августа. При этом содержание в морской воде органического азота достигает в августе своего летнего максимума, после чего оно падает до минимального значения в октябре. Падение содержания общего органического азота в приповерхностных водах совпадает с понижением температуры последних, завершением вегетации и отмиранием теплолюбивых форм планктона, появлением в воде остатков организмов и крупных частиц детрита. Разложение тех и других, как известно, сопровождается потерей связанного азота. В результате содержание в морской воде



Средние за три года (1968-1971) величины содержания общего (кьельдалевского) и фиксированного в течение суток азота в приповерхностных водах в районе Севастопольской бухты в летне-осеннее время.

органического материала, бедного связанным азотом, резко возрастает в сентябре. Так как такой органический субстрат доступен, главным образом олигонитрофильным и азотфиксирующим микроорганизмам, то именно их массовым развитием в органических остатках и детрите можно объяснить характерное и, как правило, максимальное повышение интенсивности процесса азотфиксации в сентябре каждого года. В это время температура морской воды еще достаточно высока (20° C) для массового развития сапрофитных азотфиксирующих микроорганизмов. Процент фиксирован-

ного в течение суток азота от количества общего органического азота в прибрежных приповерхностных водах Черного моря достигает максимума в сентябре (2,347 мг или 0,374% от 628 мг органического азота в 1 м³). Средняя же за три года суточная азотфиксация составляет 1,083 мг /л или 0,18% от 601 мг, т.е. от среднего (за три года измерений) наличного количества общего органического азота в 1 м³. Поэтому в течение года в этих водах микроорганизмы фиксируют в среднем 395 мг /л или 65,7% от 601 мг органического азота. Полностью этот азот морской воды восполняется процессом азотфиксации приблизительно за 18,5 месяцев. Ориентировочно на 1 га сходных прибрежных акваторий Черного моря в верхнем однометровом слое воды в течение года микроорганизмы фиксируют в среднем около 4 кг азота.