

## ПОТРЕБЛЕНИЕ НИТРАТОВ МИКРОПЛАНКТОНОМ В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В СВЯЗИ С ГИДРОХИМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

В статье представлены результаты первых прямых определений величин новой продукции в прибрежной и открытой частях Черного моря в позднелетний период, полученных на основе измерения скоростей потребления микропланктоном нитратов, меченных тяжелым изотопом азота  $^{15}\text{N}$ . В приповерхностном слое Черного моря абсолютные величины скорости изменялись соответственно уровню пополнения фотической зоны нитратами от 5,6 до 28,2 нг-ат N · л<sup>-1</sup> · ч<sup>-1</sup> и положительно коррелировали с концентрацией хлорофилла *a* и ВОО. При этом удельное потребление на единицу ВОО составляло в среднем  $0,0037 \pm 0,00017 \text{ ч}^{-1}$  во всех рассмотренных районах.

Важнейшей характеристикой первично-продукционного процесса в морских экосистемах является величина потоков основных биогенных элементов — азота и фосфора. Их соединения либо поступают в систему извне, либо регенерируются внутри сообщества. При этом только продукция, синтезированная за счет новых поступлений биогенов, — «новая» продукция — вызывает увеличение биомассы фитопланктона и может быть перенесена на более высокие трофические уровни. В этом состоит ее принципиальное отличие от «регенерированной» продукции, которая базируется на регенерации питательных веществ [8].

Для понимания процессов формирования биологической продуктивности и прогнозирования ее величин в зависимости от гидрохимических условий необходимо оценить долю «новой» и «регенерированной» продукции в общем синтезе органического вещества в экосистеме. Разделение этих процессов возможно только на основе изучения скоростей потребления специфических форм азота, который поступает в фотическую зону извне в основном в виде окисленных соединений, в результате биологических процессов восстанавливается и выводится живыми организмами в виде мочевины, аммиака и в некоторых иных формах.

Широкое изучение процессов ассимиляции неорганических форм азота стало возможным в связи с развитием методов, в основе которых лежит использование различных соединений тяжелого изотопа азота  $^{15}\text{N}$ . Интенсивные исследования в этой области ведутся уже на протяжении ряда лет во многих районах Мирового океана, однако в Черном море подобные работы никогда не проводились.

Цель данного исследования состояла в том, чтобы на основе прямых количественных определений скорости потребления нитратов дать оценку их потока в отличающихся гидрологических условиях районах Черного моря. При этом мы допускаем, что «новая» продукция в основном определяется скоростью потребления нитратов, и хотя источником для ее образования может служить любой вновь поступающий в систему азот, однако по сравнению с потоком нитратов величина азотфиксации [4], а также поступление за счет атмосферных осадков незначительны; в приповерхностном слое регенерация нитратов практически отсутствует.

**Материал и методы.** Работы проводились в 32-м рейсе нис «Профессор Водяницкий» с 22.08 по 9.09.1990 г. на 11 станциях в шельфовой зоне — в северо-западной части Черного моря, и на 6 станциях в глубоководной области моря на разрезе вдоль 43° с. ш. и у южного побережья Крыма (рис. 1).

Для гидрохимических определений пробы воды отбирали кассетой батометров комплекса «Исток» от 0 до 25—100 м с 4—8 горизонтов. Кон-

центрации нитритов и нитратов определяли стандартными методами с использованием реактива Грисса [2, 6] на фотоэлектроколориметре КФК-2 в 100- и 50-миллиметровых кюветах. Восстановительная способность колонок составляла 95—96 %.

Для изучения скорости потребления нитратов в Черном море было выбрано три района, резко различавшиеся гидролого-метеорологическими условиями: мелководная северо-западная часть, район у юго-западного побережья Крыма в зоне шельфового фронта на внешней границе Основного Черноморского течения (ОЧТ), а также глубоководная область в пределах восточного циклонального круговорота и у южной оконечности Крыма.

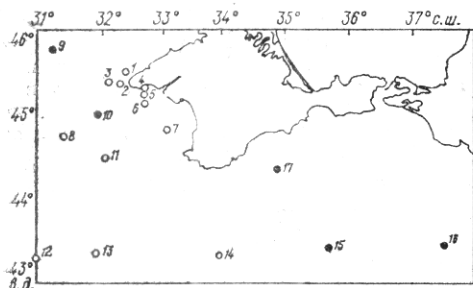


Рис. 1. Схема расположения станций. Темными точками обозначены станции, на которых проводили определения скорости потребления нитратов

При определении скорости потребления нитратов использовали раствор соли тяжелого изотопа  $K^{15}NO_3$  (обогащение 91 ат. %), который готовился непосредственно перед проведением эксперимента. Пробы отбирали одновременно двумя батометрами с поверхности в утренние часы в тщательно вымытые поликарбонатные сосуды, которые заполняли морской водой, фильтрованной через газ № 23 для удаления крупного зоопланктона. Через час в два опытных и один контрольный сосуды вносили добавку изотопа из расчета 0,05—0,1 мкг-ат  $N-NO_3 \cdot л^{-1}$ . Для прекращения процессов потребления нитратов в контрольный сосуд вносили насыщенный раствор сулемы. Все сосуды экспонировали в проточной системе с заборной морской водой для поддержания постоянной температуры, при естественном освещении. Через 5—6 ч пробы отфильтровывали на предварительно прокаленные фильтры типа GF/F с диаметром пор 0,7 мкм при остаточном давлении 0,2—0,4 атм, промывали фильтрованную через «Сарториус» 0,45 мкм морской водой, высушивали при 35 °C и хранили в эксикаторе над хлористым кальцием.

Обогащение азота взвешенного вещества тяжелым изотопом определяли в стационарных условиях в Специализированной научно-исследовательской лаборатории усвоения азота при Нижегородском университете на молекулярном азоте эмиссионно-спектральным методом с использованием прибора NOI-5. Для химического превращения органического азота в молекулярный применялся модифицированный метод Дюма с трехфазным сжиганием в закрытом реакторе. Точность определений  $^{15}N$  в области от 0,3 до 1,0 ат. % составляла 0,01 ат. %.

Для определения содержания взвешенного органического азота отдельно фильтровали по 1 л пробы непосредственно до и после инкубации. При этом исходные концентрации определяли в воде, отобранной из того же объема, что и пробы, использованные для экспозиции, конечные — в одном из опытных сосудов по окончании инкубации. Взвесь собирали на фильтры типа GF/F, промывали 0,01 н. раствором соляной кислоты для удаления карбонатов, высушивали при 35 °C и хранили в эксикаторе над хлористым кальцием. Содержание взвешенного органического азота и углерода определяли на берегу на CHN-анализаторе с точностью до 0,3 % имеющейся массы. Данные о содержании хлорофилла *a* предоставлены З. З. Финенко.

При расчетах скорости потребления нитратов использовали общепринятые уравнения [8]:

$$\rho = V \left( \frac{N_1 + N_2}{2} \right); \quad V = \frac{a}{T} \left( \frac{n_1 + n_2}{n_1 100} \right),$$

где  $\rho$  — абсолютная скорость потребления нитратов, мг-ат  $N \cdot л^{-1} \cdot ч^{-1}$ ;  
 $V$  — удельная скорость потребления нитратов на единицу взвешенного

азота,  $\text{ч}^{-1}$ ;  $a$  — обогащение пробы по  $^{15}\text{N}$ , опытный минус контрольный атомный процент (ат. %);  $n_1$  — величина добавки  $^{15}\text{N}$ ,  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ;  $n_2$  — исходная концентрация субстрата,  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ;  $T$  — время инкубации;  $N_1$  и  $N_2$  — соответственно исходная и конечная концентрации взвешенного органического азота (ВОА),  $\text{нг-ат N} \cdot \text{л}^{-1}$ .

**Результаты исследований.** Содержание нитратного и нитритного азота. Особенности вертикальной структуры вод и пространственного распределения биогенов в шельфовой зоне исследованной части Черного моря определялись типичными для позднелетнего сезона гидрологическими условиями, характеризующимися сложной динамической ситуацией у юго-западного побережья Крыма. И хотя имеющиеся данные недостаточны, чтобы дать целостную картину распределения нитратов и нитритов, однако они отражают важнейшие черты гидрохимической структуры вод этого района.

Средняя концентрация нитратов на различных горизонтах и диапазоны изменения этого параметра представлены в табл. 1. Главной тенденцией изменения содержания нитратной формы азота по вертикали являлось увеличение его концентрации от поверхности ко дну, часто при относительно равномерном распределении нитратного азота в зоне активного фотосинтеза и довольно высоких градиентах его концентрации в нижележащих слоях водной толщи. При этом для приповерхностного слоя было характерно некоторое обогащение нитратным азотом, которое в различной степени наблюдалось на 7 из 11 станций. Концентрация нитратов вновь начинала возрастать под термоклином или в его нижней половине. Подобный вертикальный профиль распределения биогенов определялся главным образом влиянием речного стока, что подтверждается и низкой величиной солености приповерхностного слоя, не превышавшей 16,2 ‰.

Гидрохимическая структура водной толщи на ст. 9, расположенной в центре мелководной северо-западной части Черного моря (рис. 2, а), была непосредственно связана с поступлением речных вод, являющихся главным источником биогенов для данного района. Содержание нитратов в пределах верхнего квазигомогенного слоя (ВКС) уменьшалось с 1,27  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  на поверхности до 0,34 на нижней его границе, в слое термоклина оно вновь начинало возрастать, практически совпадая с пикноклином, и у дна достигало 6,62  $\text{мкг-ат N-NO}_3 \times \text{л}^{-1}$ .

Согласно материалам гидрологических наблюдений, представленных А. А. Субботиным, в районе Каламитского залива у юго-западного побережья Крыма в пределах ВКС существовал изолированный антициклонический вихрь, образованный меандром распресненных северо-западных вод. В зоне меандра происходили накопление и заглубление обогащен-

Таблица 1. Содержание нитратов ( $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ) на различных горизонтах водной толщи в шельфовой зоне северо-западной части Черного моря

| Горизонт, м | $n$ | Среднее содержание | Предел колебаний |
|-------------|-----|--------------------|------------------|
| 0           | 10  | 0,46               | 0,10—1,27        |
| 10—15       | 5   | 0,28               | 0,13—0,58        |
| 20          | 5   | 0,20               | 0,06—0,42        |
| 25—30       | 5   | 2,56               | 0,18—6,62        |
| 35—40       | 8   | 2,71               | 0,20—7,55        |
| 50—55       | 3   | 4,19               | 1,79—8,04        |
| 70—75       | 4   | 5,29               | 3,14—6,45        |

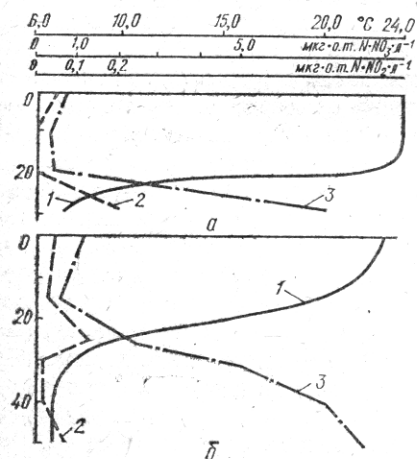


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры (1,  $^{\circ}\text{C}$ ), нитритов (2,  $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ) и нитратов (3,  $\text{мкг-ат N-NO}_3 \times \text{л}^{-1}$ ) в водной толще на двух станциях в северо-западной части Черного моря:

$a$  — ст. 9,  $б$  — ст. 10

режья Крыма в пределах ВКС существовал изолированный антициклонический вихрь, образованный меандром распресненных северо-западных вод. В зоне меандра происходили накопление и заглубление обогащен-

ных биогенами вод. Именно этим объясняется повышенное содержание нитратов в приповерхностном слое (до  $1,19 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ) на ст. 10, соответствующей центральной части антициклонического вихря, по сравнению с  $0,33 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  на ст. 11, расположенной на южной периферии вихря. В верхней части термоклина концентрация уменьшалась до  $0,58\text{—}0,18 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  с той же закономерностью и начинала возрастать непосредственно под сезонным галоклином, достигая максимальных величин у дна.

Содержание нитритов в рассмотренный период в основной массе водной толщи было близко к аналитическому нулю. Присутствие нитритов в концентрации  $0,06\text{—}0,11 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  отмечалось в приповерхностном слое

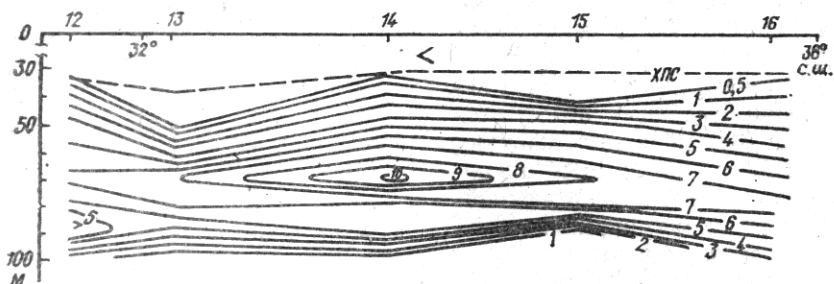


Рис. 3. Пространственное распределение нитратов ( $\text{мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ ) в верхнем 100-метровом слое водной толщи в глубоководной области Черного моря на разрезе вдоль  $43^\circ$  с. ш.

в северо-западной части моря. Глубже нитриты появлялись только у дна, где их концентрация изменялась от  $0,05$  до  $0,23 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ . Исключение составляла ст. 10, где на горизонте  $25 \text{ м}$  отмечен небольшой максимум —  $0,13 \text{ мкг-ат} \text{ N—NO}_2 \cdot \text{л}^{-1}$ , выше и ниже которого концентрация нитритов не превышала  $0,05 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$ . Причем глубина залегания максимума совпадала с верхней границей слоя максимальных градиентов нитратов (рис. 2, б), и он мог быть связан как с процессами активной нитрификации [3], так и с выделением нитритов фитопланктоном в условиях низкой освещенности и высокой обеспеченности азотом [5].

Как отмечалось выше, гидрохимические наблюдения в глубоководной области Черного моря проводили на 5 станциях разреза, пересекавшего центральную часть моря с запада на восток вдоль  $43^\circ$  с. ш. Пространственное распределение нитратов в верхнем 100-метровом слое водной толщи представлено на рис. 3, из которого видно, что для открытой части Черного моря была характерна ярко выраженная слоистость вертикального распределения данной формы азота, типичная для теплого периода года [3]. В пределах деятельного слоя наблюдалось равномерное распределение концентраций нитратов. Непосредственно над холодным промежуточным слоем (ХПС) или в его верхней части концентрация начинала возрастать и достигала максимальной величины у нижней границы холодной прослойки. Глубже отмечалось резкое уменьшение содержания нитратов с градиентами до  $0,636 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ .

Среднее содержание нитратов в ВКС изменялось от  $0,08$  на ст. 13 и  $0,16 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  на ст. 14. Слой максимальных концентраций нитратов залегал на глубине  $70 \text{ м}$ , заглубляясь до  $80 \text{ м}$  только у Кавказского побережья. Содержание нитратов в данном слое достигало  $10,12 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  в центральной части разреза, постепенно уменьшаясь до  $6,26$  и  $7,67 \text{ мкг-ат} \cdot \text{л}^{-1}$  соответственно на западной и восточной его оконечностях.

Глубина залегания слоя минимальных концентраций нитратов, по-видимому, соответствовала динамике верхней границы слоя сосуществования кислорода и сероводорода, так как причиной образования данного экстремума являются восстановительные процессы, протекающие на границе редокс-зоны.

Нитриты в поверхностных водах открытой части Черного моря присутствовали в основном в следовых количествах — от 0,00 до 0,03 мкг-ат · л<sup>-1</sup>. Однако на ст. 12, 13, 15 у нижней границы окислительной зоны были зафиксированы нитриты в концентрациях 0,09—0,19 мкг-ат × л<sup>-1</sup>. Кроме того, на ст. 15 отмечено небольшое увеличение содержания нитритов (0,11 мкг-ат N—NO<sub>2</sub> · л<sup>-1</sup>) непосредственно над слоем максимальных положительных градиентов нитратов у верхней границы ХПС.

Потребление нитратов в приповерхностном слое Черного моря. Величины абсолютных и удельных скоростей потребления нитратов микропланктоном, а также содержание взвешенного

Таблица 2. Абсолютная ( $\rho$ , нг-ат N · л<sup>-1</sup> · ч<sup>-1</sup>) и удельная на единицу ВOA, ( $V$ , ч<sup>-1</sup>) и единицу хлорофилла  $a$  ( $\rho$ /хл, нг-ат N · мкг хл.  $a$ <sup>-1</sup> · ч<sup>-1</sup>) скорости потребления нитратов, содержание взвешенного органического углерода (ВОС, мкг-ат С · л<sup>-1</sup>), азота (BOA, мкг-ат N · л<sup>-1</sup>) и концентрации хлорофилла  $a$  (хл.  $a$ , мкг · л<sup>-1</sup>) и нитратов (мкг-ат · л<sup>-1</sup>) в приповерхностном слое Черного моря в позднелетний период

| Станция | $\rho$ | $V$    | $\rho$ /хл. | хл. $a$ | ВОС   | BOA  | [N—NO <sub>3</sub> ] |
|---------|--------|--------|-------------|---------|-------|------|----------------------|
| 9       | 11,4   | 0,0034 | 5,6         | 2,04    | 30,25 | 3,35 | 1,27                 |
| 10      | 26,0   | 0,0041 | 4,4         | 5,87    | 57,49 | 6,26 | 1,19                 |
|         | 31,0   | 0,0049 | 5,3         | 5,87    | 57,49 | 6,26 | 1,19                 |
| 15      | 6,5    | 0,0044 | 21,0        | 0,31    | 10,96 | 1,38 | 0,11                 |
| 16      | 5,7    | 0,0031 | 23,7        | 0,24    | 11,77 | 1,72 | 0,05                 |
| 17      | 8,9    | 0,0043 | 10,8        | 0,82    | 17,72 | 2,09 | 0,14                 |

органического углерода (ВОС) и азота (BOA), хлорофилла  $a$  и концентрации нитратов в приповерхностном слое на 5 станциях, где были проведены эксперименты по потреблению, представлены в табл. 2

В рассмотренный период в приповерхностных водах Черного моря скорость потребления нитратов изменялась от 5,6 до 28,2 нг-ат N · л<sup>-1</sup> × ч<sup>-1</sup>. При этом максимальное значение отмечено в зоне шельфового фронта, минимальное — в пределах восточного циклонального круговорота. Значения удельной скорости потребления нитратов на единицу взвешенного азота достоверно не отличались и составляли в среднем для всех рассмотренных районов  $0,0037 \pm 0,00017$  ч<sup>-1</sup>. Мы полагаем, что данная величина близка к максимальной скорости потребления. Точная количественная оценка всех кинетических параметров процесса потребления возможна только на основе построения зависимости скорости потребления биогена от его концентрации в среде. Однако проведенный на ст. 17 эксперимент не установил повышения скорости потребления нитратов с увеличением их концентрации с 0,19 до 0,83 мкг-ат · л<sup>-1</sup> при исходной величине 0,14 мкг-ат × л<sup>-1</sup>.

Из изложенного выше следует, что различные уровни потребления нитратов в рассмотренных системах объясняются разным содержанием BOA, т. е. основным фактором является изменение биомассы микропланктона, так как при расчете величины  $\rho$  влияние детритной составляющей BOA элиминируется.

Важнейшим показателем процессов поглощения нитратов микропланктоном, происходящих главным образом в результате автотрофного потребления водорослями, является величина интенсивности потребления нитратов на единицу хлорофилла  $a$ . Характер изменения данного параметра по акватории Черного моря в позднелетний период может быть оценен на основе полученной нами зависимости скорости потребления нитратов  $\rho$  от концентрации хлорофилла  $a$  как показателя биомассы фитопланктона (рис. 4,  $a$ ). Зависимость носит линейный характер (коэффициент корреляции 0,988) и описывается уравнением

$$y \text{ (нг-ат N · л}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}\text{)} = 4,8 + 4,0x \text{ (мкг хл. } a \cdot \text{л}^{-1}\text{)}.$$

Следовательно, в приповерхностных водах Черного моря скорость потребления нитратов фитопланктоном прямо пропорциональна биомассе последнего, или, иначе говоря, величина «новой» продукции в различных продукционных зонах контролируется изменением массы фитопланктона соответственно уровню пополнения фотической зоны нитратами.

Соответствующая нулевому значению концентрации хлорофилла величина  $\rho$  скорее всего отражает потребление меченого субстрата бесхлорофильной фракцией микропланктона, задерживаемой фильтрами. В пользу этого свидетельствует и характер зависимости величины  $\rho$  от концентрации ВОС (рис. 4, б), которая также описывается уравнением первого порядка

$$y \text{ (нг-ат N} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}) = -0,15 + 0,49x \text{ (мкг-ат C} \cdot \text{л}^{-1}).$$

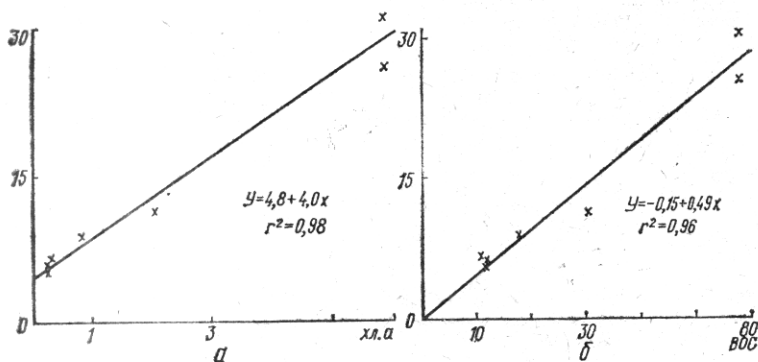


Рис. 4. Зависимость скорости потребления нитратов ( $\rho$ , нг-ат  $\cdot$  л $^{-1}$   $\cdot$  ч $^{-1}$ ) в приповерхностном слое Черного моря от концентрации хлорофилла  $a$  (а; хл.  $a$ , мкг  $\cdot$  л $^{-1}$ ) и содержания взвешенного органического углерода (б; ВОС, мкг-ат C  $\cdot$  л $^{-1}$ )

Полученные нами величины скоростей потребления нитратов в приповерхностном слое трех районов Черного моря, различающихся по гидрохимическим условиям, соответствуют представлениям о том, что объем «новой» продукции, выражаемой скоростью потребления нитратов фитопланктоном, в первую очередь зависит от условий поступления окисленных соединений азота в зону фотосинтеза [7, 9]. Гидрохимическая структура водной толщи дает представление о качественных различиях в интенсивности пополнения фотической зоны биогенами и объясняет количественные различия в уровнях «новой» продукции: максимальные величины последней отмечены в районе шельфового фронта, что соответствовало общей динамической ситуации и повышенному уровню поступления нитратов в поверхностные воды; тогда как минимальные значения скоростей потребления получены в центральной глубоководной области Черного моря, где процессы вертикального водообмена, являющегося основным источником пополнения фотической зоны нитратами, затруднены типичной для данного района и сезона устойчивой стратификацией поверхностных вод [1].

Уровни «новой» продукции в данных системах отличались в 4,5 раза только за счет увеличения поддерживаемой биомассы микропланктона и не были связаны с изменением интенсивности потребления в расчете на единицу ВОА. Однако удельная скорость потребления на единицу хлорофилла  $a$  (табл. 2) изменялась обратно пропорционально величине  $\rho$  и крайние значения различались в 4,9 раза. Но вопрос об интерпретации данных величин требует дополнительного рассмотрения.

Как отмечалось выше, мы полагаем, что соответствующее нулевому значению концентрации хлорофилла  $a$  потребление нитратов микропланктоном, вероятно, связано с гетеротрофным потреблением данной формы азота [11]. Таким образом, при расчете интенсивности потребления эта величина должна вычитаться из общего потребления нитратов фитопланктоном. В этом случае интенсивность потребления нитратов фитопланктоном



остается величиной постоянной, равной  $4,0 \text{ нг-ат N} \cdot \text{мкг хл. а} \cdot \text{ч}^{-1}$ , что соответствует постоянству удельного потребления на единицу ВОО.

В то же время нельзя, по-видимому, однозначно связывать полученное несоответствие с гетеротрофным потреблением. Так, не исключено, что гетеротрофное потребление метки опосредуется автотрофными процессами ассимиляции нитратов, последующей экскрецией новосинтезированного вещества водорослями и переводом метки во фракцию растворенного органического вещества [10]. Последняя с высокой эффективностью утилизируется гетеротрофами [11].

1. Блатов А. С., Булгаков Н. П., Иванов В. А. и др. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — С. 81—89.
2. Коннов В. А. Определение нитритов с реактивом Грисса // Методы гидрохимических исследований океана. — М.: Наука, 1978. — С. 191—193.
3. Лукашев Ю. Ф., Гусарова А. Н., Налбандов Ю. Р. и др. Гидролого-гидрохимическая структура вод 200-метрового слоя Черного моря // Современное состояние экосистемы Черного моря. — М.: Наука, 1987. — С. 13—28.
4. Мельникова И. В. Биологическая  $\text{N}_2$ -фиксация в приповерхностных прибрежных водах Черного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1988. — 17 с.
5. Раймонт Дж. Планктон и продуктивность океана. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — Т. 1: Фитопланктон. — С. 340—342.
6. Сапожников В. В., Гусарова А. Н., Лукашев Ю. Ф. Определение нитратов в морской воде // Методы гидрохимических исследований океана. — М.: Наука, 1978. — С. 194—202.
7. Dugdale R. C. Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance // Limnol. and Oceanogr. — 1967. — 12, N 3. — P. 685—695.
8. Dugdale R. C., Goering J. J. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity // Ibid. — N 1. — P. 196—206.
9. Kanda J., Saino T., Hattori A. Nitrogen uptake by natural populations of phytoplankton and primary production in the Pacific Ocean: regional variability of uptake capacity // Ibid. — 1985. — 30, N 5. — P. 987—1000.
10. Ward B. B., Kilpatrick K. A., Renger E. H., Eppley R. W. Biological nitrogen cycling in the nitracline // Ibid. — 1989. — 34, N 3. — P. 493—514.
11. Wheller P. A., Kirchman D. L. Utilization of inorganic and organic nitrogen by bacteria in marine systems // Ibid. — 1986. — 31, N 5. — P. 998—1010.

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

Получено 28.02.92

O. V. KRIVENKO

#### NITRATES CONSUMPTION BY MICROPLANKTON IN THE SURFACE LAYER OF THE BLACK SEA IN CONNECTION WITH HYDROCHEMICAL CONDITIONS

##### Summary

The amounts of «new» production in the surface layer of the Black Sea in late summer have been estimated on the basis of direct quantitative determination of nitrate consumption rate made during the 32d voyage of the research ship «Professor Vodyanitsky» in the coastal and open parts of the Black Sea. Absolute values of nitrate consumption rates varied according to the level of nitrates replenishment in the photic zone from  $5.6 \text{ нг-ат N/(1} \cdot \text{h)}$  within the limits of the east stationary circulation to  $28.2 \text{ нг-ат N/(1} \cdot \text{h)}$  in the shelf front zone in the region of the Kalamitsky Bay. A direct dependence of the nitrate consumption rate on chlorophyll *a* and BOC concentration has been obtained. Specific consumption per BOA unit was at an average  $0.0037 \pm 0.00017 \text{ h}^{-1}$  in all the considered regions. It is concluded that the amount of «new» production in various production zones is controlled by the change of phytoplankton mass according to arrival of nitrates into the photosynthesis zone.