

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

3.3. Финенко

Исследования первичной продукции в Азовском, Черном и Средиземном морях начаты сравнительно давно, однако до последнего времени они носили эпизодический характер. В этой работе представлены результаты исследований первичной продукции, выполненные радиоуглеродным методом в Черном и Азовском морях в 1961-1965 гг., а также некоторые вопросы, касающиеся процесса фотосинтеза фитопланктона в них.

Наблюдения, проведенные летом в Азовском море, показывают, что первичная продукция под 1 м^2 в различных районах моря сильно различается. Относительно высокие значения $1-2 \text{ гС/м}^2/\text{день}$ наблюдались в северо-западной части и прибрежных районах моря. В центральной части моря, а также в Прикерченском районе, они были в пределах $0,5-1,0 \text{ гС/м}^2/\text{день}$.

Исследования продукции фитопланктона, выполненные в Черном море по всей акватории в августе и октябре 1960 г. Ю.И.Сорокиным [1] и в сентябре 1964 г. нами, позволили составить ориентировочно карту распределения первичной продукции в Черном море за период с августа по октябрь /рис. 1/. Согласно этим данным величины первичной продукции в прибрежных районах моря находятся в пределах $1-2 \text{ гС/м}^2/\text{день}$. Относительно высокая продукция $0,5-1,0 \text{ гС/м}^2/\text{день}$ отмечается в северо-западной части, а также в прибрежных водах у восточных берегов Черного моря. Средние величины $0,2-0,5 \text{ гС/м}^2/\text{день}$ наблюдаются на стыке течений восточных и западных халистатических областей, а также в Прибосфорском районе и водах против Керченского пролива. Низкими величинами первичной продукции характеризуются обширные области халистатических зон и южная часть моря $0,1 - 0,2 \text{ гС/м}^2/\text{день}$ и менее/.

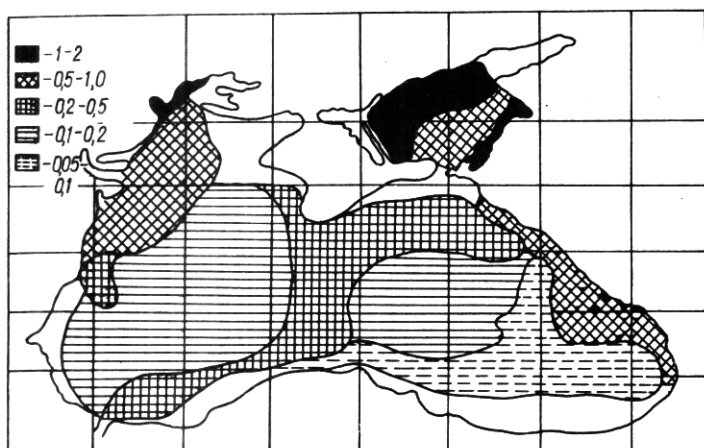


Рис. 1. Первичная продукция в Черном море в августе-октябре и Азовском - в июне-августе.

Сезонный ход изменения первичной продукции был исследован для трех различных зон Черного моря: Севастопольской бухты, прибрежной зоны /10 миль от берега/* и центральной части западной халистатической зоны.

Наиболее низкие величины /0,025-0,061 гС/м²/день/ продукции фитопланктона в Севастопольской бухте и прибрежной зоне, как видно из рис. 2, приходится на декабрь. С января по март первичная продукция начинает медленно увеличиваться. Вместе с ней возрастает плотность популяции планктонных водорослей, главным образом, за счет диатомовых *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitschioides* и *Rhizosolenia alata* в прибрежной части. Весеннее цветение фитопланктона начинается в первой декаде марта, как правило, в поверхностных слоях с последующим проникновением в нижележащие слои. Максимальной величины, продукция фитопланктона в Севастопольской бухте достигла в конце марта - начале апреля, в прибрежной зоне несколько позже /в мае/. В августе-сентябре наблюдалось второе сильное увеличение плот-

* Первичная продукция рассчитана по содержанию хлорофилла "а" на свету по формуле, приведенной ниже.

ности популяции фитопланктонных организмов и первичной продукции, хотя максимум продукции фитопланктона в некоторых случаях может достигаться только в конце октября. На основании полученных данных годовая продукция фитопланктона в Севастопольской бухте и прибрежной зоне составила соответственно 220 и 100 гС/м².

Измерения, проведенные в западной халистатической зоне с мая по ноябрь, не показали резко выраженных сезонных изменений продукции фитопланктона /рис. 2/. Данные наблюдений позволили ориентировочно рассчитать годовую продукцию фитопланктона в этом районе, которая по нашим расчетам составила 40-45 гС/м².

Согласно данным Бруарделя и Ринка [27] годовая продукция фитопланктона в Средиземном море в непосредственной близости от берега составила 40-60 гС/м², а в 10-мильной зоне от него около 37 гС/м², причем в сезонном цикле продукции фитопланктона наблюдался только один максимум, который наблюдался в мае-июне.

Таким образом, из рассмотренных выше водоемов наиболее продуктивным является Азовское море, в котором первичная продукция только за летний период составила 90 гС/м², а за год, очевидно, увеличится до 200-300 гС/м². На втором месте по уровню первичной продукции стоит Черное море, где интенсивность фотосинтеза в центральных халистатических областях и других малопродуктивных районах, занимающих около 60% от общей площади моря, составляет 40-50 гС/м²/год. В прибрежных районах, на стыке течений, а также в районах, подверженных воздействию речного стока и стока вод Азовского моря, уровень первичной продукции в 2-5 раз

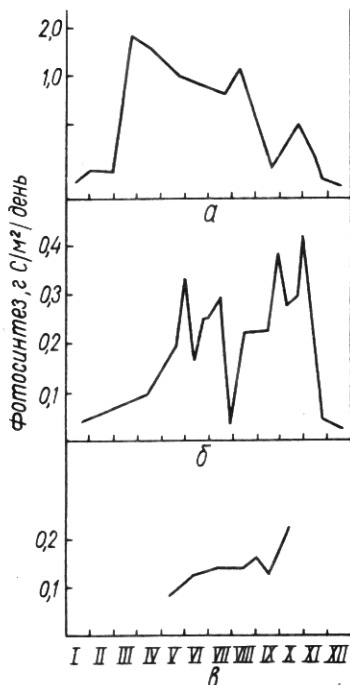


Рис.2 Сезонный ход изменения первичной продукции:
а - Севастопольская бухта;
б - прибрежные воды; в - открытая часть моря.

в 2-5 раз

выше. В Средиземном море отмечены наиболее низкие ее величины, характерные для самых бедных вод Мирового океана.

Уровень первичной продукции в морях и океанах зависит, в основном, от наличия питательных веществ и количества солнечной энергии, которая доступна для популяции фитопланктонных организмов. Опыты, проведенные в Азовском море по зависимости фотосинтеза от подводной освещенности, показали, что эвфотический слой в Азовском море доходит дна. Максимум интенсивности фотосинтеза при прозрачности

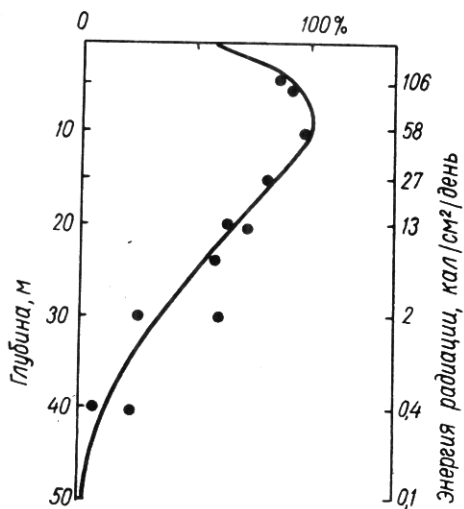


Рис.3. Зависимость фотосинтеза от подводной освещенности.

3-4 м по диску Сэки находится в большинстве случаев на поверхности /10-30 см/; в придонном слое интенсивность фотосинтеза составляет в среднем 9% от интенсивности фотосинтеза у поверхности. В Черном море с мая по октябрь максимум интенсивности фотосинтеза находится на глубинах 5-10 м, куда проникает 50-60 кал/см²/день /рис. 3/. Начиная с глубины, где энергия радиации составляет 15-20 кал/см²/день, скорость фотосинтеза уменьшается пропорционально общей энергии радиации. Полученные данные показывают, что эвфотический слой в Черном море с мая по октябрь колеблется в пределах 50-60 м.

Небезынтересно отметить, что максимум интенсивности фотосинтеза в тропических водах Атлантического океана согласно нашим наблюдениям находится при 60-80 кал/см²/день, в то время как интенсивность солнечной радиации, падающей на поверхность моря, в обоих случаях примерно одинакова и составляет около 500 кал/см²/день.

Параллельно с измерениями продукции фитопланктона проводилось определение ассимиляционных чисел /а.ч./ планктона на глубинах максимального фотосинтеза. В Азовском море в летний период а.ч. планктона в среднем оказалось равным 6,60 мгС/мг-хлорофилла "а"/ч, при колебаниях от 4 до 7. В открытой части Черного моря с мая по октябрь

ассимиляционные числа в среднем составили: в мае - 3,50; в июне - 4,60; в августе-сентябре 6,60 мгС/ч. Систематические измерения ассимиляционных чисел в течение двух лет в Севастопольской бухте показали, что последние имеют четко выраженные сезонные изменения /рис. 4/. Относительно низкие величины наблюдались в весенний период /в среднем 1,70 мгС/ч/; с июня по октябрь а.ч. планктона были значительно выше, чем в весенний период и в среднем составили 5,27 мгС/ч. Максимальные величины /до 7,6/ наблюдались в начале

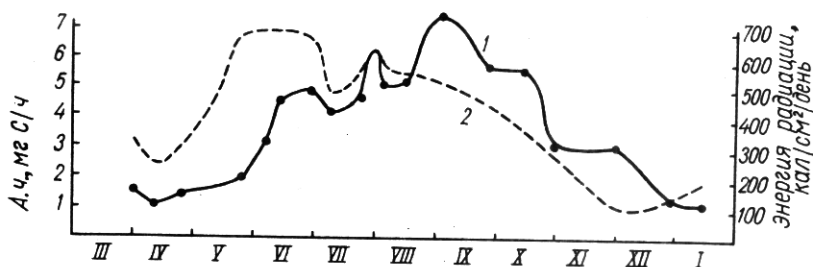


Рис. 4. Сезонный ход изменения ассимиляционных чисел планктона в Севастопольской бухте:

1 - а.ч. мгС/мг.хлорофилла "а"/ч; 2 - общая солнечная радиация, падающая на поверхность Черного моря, кал/см²/день.

октября. В конце декабря и начале января а.ч. планктона выражались величинами 1,35-1,40 мгС/ч. Интересно отметить, что такой же характер носит изменение солнечной радиации, падающей на поверхность Черного моря /рис. 4/.

При расчетах первичной продукции по содержанию хлорофилла "а" и интенсивности света необходимо знать зависимость между а.ч. планктона и освещенностью. На основании опытов, проведенных в Черном море по выявлению связи между интенсивностью освещения и ассимиляционным числом планктона на разных глубинах, получена зависимость, которая выражается уравнениями

для поверхностного планктона

$$A = 2,95 \cdot J \cdot e^{-\frac{J}{5}}.$$

для планктона, находящегося под скачком плотности

$$A = 1,35 \cdot J \cdot e^{-\frac{J}{2}}$$

где A - ассимиляционное число планктона при определенной интенсивности света, мгС/ч; J - интенсивность света, физиологически активной части спектра, кал/см²/ч.

На основании этих уравнений можно рассчитать первичную продукцию по содержанию хлорофилла "а" и интенсивности солнечной радиации. Это равенство имеет следующий вид:

$$P = \int_0^{25} C(z) \cdot 2,95 \cdot J(z) e^{-\frac{J(z)}{5}} dz + \int_{25}^{50} C(z) \cdot 1,35 \cdot J(z) e^{-\frac{J(z)}{2}} dz,$$

где P - средняя дневная величина первичной продукции за час под 1 м², мгС; $C(z)$ - содержание хлорофилла "а" на глубине z , мг/м³; $J(z)$ - средняя величина солнечной энергии на глубине z в течение дня, кал/см²/ч.

Для расчета интенсивности фотосинтеза на разных глубинах по этому уравнению необходимо знать содержание хлорофилла "а" и количество солнечной энергии. Первая часть уравнения относится к расчету величин фотосинтеза на глубинах, расположенных над скачком плотности, вторая - под скачком плотности. При сравнении величин продукции, рассчитанных по этой формуле, с результатами измерений по схеме Ю.И. Сорокина в Черном море наблюдалось хорошее совпадение, но несмотря на это, полученное нами уравнение не является универсальным и в дальнейшем подлежит уточнению.

Л и т е р а т у р а

1. Сорокин Ю.И. - Изв. АН СССР, сер. биол., 1964, 5, 749-758.
2. Brouardel J. et Rinck E. - Ann. Inst. oceanogr. Fondées par S. A.S. Albert 1^{er} Prince de Monaco, 1963, 40, 2, 109-164.