

ПРОВ 68

ПРОВ 1580

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

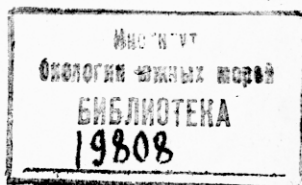
СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

ТРУДЫ
СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ
СТАНЦИИ

Том IX



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА. 1957

Н. В. МОРОЗОВА-ВОДЯНИЦКАЯ

ФИТОПЛАНКТОН В ЧЕРНОМ МОРЕ И ЕГО КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ

Доклад на совещании по промысловым ресурсам Черного моря, Керчь, 1953

Существовавшее до последних лет представление о качественной и количественной бедности фитопланктона в Черном море было вызвано тем, что до 1938 г., т. е. до начала исследований фитопланктона Севастопольской биологической станцией, в большинстве случаев изучались только относительно крупные и относительно малочисленные микропланктонные формы водорослей, улавливаемые планктонными сетями. Систематический состав и численность фитопланктона определялись преимущественно по сетным ловам. В результате материалы, опубликованные некоторыми авторами, давали ложное представление о количественном развитии фитопланктона в Черном море. По данным В. Н. Никитина, в 1933—1934 гг. среднегодовое количество фитопланктона в районе Батуми составляет 39 784 экз. в 1 м³, причем среднегодовое количество диатомовых — 36 355 экз., а перидиниевых — 3429 экз. в 1 м³, т. е. при переводе на литр среднегодовая численность диатомовых определяется 36 клетками, а перидиниевых — 3 клетками в литре (Никитин, 1939).

Наши исследования, проведенные в 1939 г. в том же районе, показали, что численность фитопланктона в районе Батуми определяется не единичными экземплярами, а десятками тысяч особей в литре (Морозова-Водяницкая, 1940).

Подобные же заниженные показатели численности фитопланктона приведены В. Г. Стройкиной для района Карадага. По данным автора, в районе Карадага в 1938—1939 гг. в среднем за год на 1 м³ воды приходится 37 700 экз. фитопланктеров (Стройкина, 1950), т. е. 37 клеток в литре, что совершенно неправдоподобно. В работе Стройкиной явно допущена какая-то ошибка в пересчетах числового материала, так как приводимые автором показатели численности фитопланктона никак не согласуются с картиной массового развития *Skeletonema costatum* весной в районе Карадага, описанной автором. По словам Стройкиной, «в короткий срок *Skel. costatum* заполнила всю толщу воды от дна до поверхности моря; наиболее интенсивно «цветение» скелетонемы протекало в марте вблизи берега» (Стройкина, 1950, стр. 44).

По нашим исследованиям, у берегов Кавказа, Крыма и в северо-западном районе численность *Skeletonema costatum* весной, вблизи берега, достигает двух миллионов клеток в литре.

Севастопольская биологическая станция, приступив в 1938 г. к исследованию фитопланктона Черного моря, особое внимание уделила изучению наннопланктонных форм, численное преобладание которых в

См. Никитин 1939
и Морозова-Водяницкая 1940
Народно-государственный музей
Освободительной войны
в Сев. Чер. Море
Никитина
в 1923-24 гг.
и в Севастополе

планктоне впервые было отмечено профессором В. М. Арнольди (устное сообщение) в период работы в Черном море Азовско-Черноморской научно-промысловой экспедиции в 1922—1923 гг.

Широко используя при количественных исследованиях фитопланктона осадочный метод, мы первоначально изучили систематический состав, численность и распределение в море относительно крупных форм наннопланктона, в результате чего внесли существенные поправки в представление о растительной продуктивности Черного моря.

Материалы, опубликованные нами в 1940, 1948 и 1950 гг., показали, что фитопланктон, и особенно его наннопланктонные формы, насчитываются в открытых частях моря десятками тысяч в литре, а вблизи берегов сотнями тысяч и миллионами клеток в литре.

В течение последних лет, с 1948 г. по настоящее время, мы сосредоточили свое внимание на группе мельчайших форм наннопланктона, размеры которых колеблются от 5 до 15 микрон и которые можно назвать ультрананнопланктоном.

В результате последних экспедиционных исследований нами обнаружены в открытых частях Черного моря громадные количества мельчайших растительных организмов, численность которых в открытом море определяется сотнями тысяч до миллиона особей в литре.

Ультрананнопланктон вместе с типичными наннопланктонными формами и микропланктоном создают в Черном море, в его открытых частях, значительно более высокую кормовую базу для развития зоопланктона и мальков рыб, чем предполагалось ранее.

При изучении мельчайших форм фитопланктона обнаружилось много новых, ранее не указанных для Черного моря, видов, родов и семейств планктонных водорослей. С 1948 г. по настоящее время нами обнаружено 150 новых для Черного моря видов, что вдвое увеличивает число зарегистрированных до 1948 г. в Черном море видов фитопланктона.

Основную часть новых для Черного моря видов фитопланктона составляют представители *Dinoflagellatae* — 60 видов, *Chlorophyceae* — 11 видов, *Coccolithineae* — 7 видов, *Pterospermaceae* — 5 видов, *Diatomeae* — 5 видов, *Silicoflagellatae* — 3 вида, *Euglenaceae* — 3 вида и др. Большинство новых для Черного моря видов относится к наннопланктону.

Новые находки изменили ранее существовавшее представление о фитогеографическом положении Черного моря, а именно о большой близости Черного моря по составу фитопланктона к Северному морю (Морозова-Водяницкая, 1940 и 1948).

В настоящем исследовании установлено, что Черное море в открытых частях в наибольшей степени приближается к Средиземному морю по процентному соотношению числа видов основных систематических групп фитопланктона (с учетом новых находок).

В Черном море по числу видов *Dinoflagellatae* составляют 51 %, *Diatomeae* — 32 %, *Coccolithineae* и пр. — 17 %.

В Средиземном море *Dinoflagellatae* составляют 50 %, *Diatomeae* — 30 %, *Coccolithineae* и пр. — 20 %.

Черное море и в настоящее время заселяется новыми видами фитопланктона из смежных морей, в наибольшей степени из Средиземного моря. Некоторые из новых для Черного моря видов, зарегистрированных в течение последних лет, развиваются в Черном море в массовом количестве. Можно предполагать, что они относятся к новым вселенцам, основываясь на том, что они не могли остаться незамеченными предыдущими исследователями, вследствие их крупных размеров, широкого распространения и большого численного развития.

Во всех районах моря, от поверхностных слоев до глубины 300 м, нами обнаружено в планктоне большое количество грибов в виде мицелиев, отдельных гиф, спорангиев и спор. Грибам принадлежит, по-видимому, немалая роль в круговороте веществ в Черном море, особенно в удержании органического вещества в окислительной зоне.

Грибы, наряду с наннопланктонными динофлагеллятами, кокколито-форидами и бесцветными жгутиковыми, значительно повышают кормовую базу для зоопланктеров и мальков рыб. Г. Н. Миронов (1941), изучая питание ракообразных Черного моря, неоднократно обнаруживал в желудках планктонных рачков комки из сплетений гиф и спор грибов.

В фитопланктоне открытого моря мы различаем три биологические группы водорослей, различных по размерам клетки, по темпу размножения, по количественному развитию в море и по экологическим свойствам. При количественных исследованиях каждая группа требует применения различной методики.

К первой биологической группе относятся представители типичного микропланктона, размер клетки которых превышает 50 микрон; большинство измеряется сотнями микрон, до миллиметра. Биомасса отдельных особей относительно велика, а численность мала. Вес одной особи определяется десятитысячными или сотысячными долями миллиграмма. Численность определяется десятками или сотнями, реже тысячами особей в литре. Деление клетки очень медленное, с промежутками в 40—50 часов. Присутствие в море незначительного числа крупных форм может значительно повысить величину биомассы всего фитопланктона и маскировать во много раз преобладающее количество наннопланктонных форм. Вес одной клетки *Rhizosolenia calcar avis* и *Ceratium tripos* превышает вес одной клетки *Pontosphaera Huxleyi* в 1500 раз. Представители первой группы присутствуют в планктоне в течение круглого года, сезонность в их развитии выражена очень слабо; несколько большее количественное развитие наблюдается летом и осенью. Для многих характерна сосредоточенность в нижних слоях зоны фотосинтеза, на глубинах 30—50 м.

Главные представители первой группы из диатомовых: *Rhizosolenia calcar avis*, *Rhizosolenia alata*, многие виды рода *Coscinodiscus* и большинство видов рода *Chaetoceros*; из перидиниевых: *Ceratium tripos*, *Cerat. fusus*, *Cerat. inflatus*, *Cerat. furca*, *Peridinium crassipes*, *Perid. divergens*, *Dinophysis caudata*, *Dinophysis acuta*, *Pyrophacus horologicum* и др. Многие из крупных форм фитопланктона обнаруживаются нередко только в сетяных ловах. Количественный учет следует производить в пробах, взятых или планктоночерпачком, или двухлитровыми батометрами, при сильном сгущении осадка (до 10—15 см³).

Вторую биологическую группу составляют относительно крупные формы наннопланктона, размер которых колеблется от 20 до 50 микрон. Количественное развитие их в море значительно большее, чем предыдущих: численность в открытом море определяется тысячами и десятками тысяч в литре; вес одной особи определяется сотысячными или миллионными долями миллиграмма; встречаются во всех слоях зоны фотосинтеза, некоторые отмечены на глубинах 50—150 м; многие формы бесцветны, но большинство имеет окрашенные хроматофоры. Деление клетки у массовых форм наблюдалось один раз в сутки. Приуроченность к какому-либо сезону года очень слабо выражена; в большинстве случаев в открытом море они встречаются в течение всего года, но несколько большее количественное развитие наблюдается летом и осенью.

Ко второй группе относятся в основном представители *Dinoflagellatae*, среди которых наиболее заметны, по широкому распространению и по

численности, *Exuviaella cordata*, в меньшей степени *Exuviaella compressa*, *Protoceratium reticulatum*, *Peridinium trochoideum*, *Peridinium steinii*, *Goniaulax spinifera*. Из диатомовых ко второй группе относятся *Cyclotella caspia* и отчасти *Thalassionema nitzschioides*, возможно также и мелко-клеточные формы *Chaetoceros*; из силикофлагеллят — *Distephanus speculum* и *Hermesinum adriaticum*.

Перечисленные формы вследствие малых размеров улавливаются планктонными сетями только частично; многие, как *Exuviaella cordata*, *Cyclotella caspia*, *Distephanus speculum* и др., проскакивают через поры шелкового сита. Для количественного учета батометрические пробы после фиксации отстаиваются и сгущаются. Просчет организмов в пробах, взятых с различных глубин, производится при различной степени сгущения. В верхних горизонтах (в зоне фотосинтеза) количественный учет производится при сгущении осадка до 50—100 см³ воды; в пробах с глубин 50—75 м осадок сгущается до 25 см³; в более глубоких горизонтах (100 м и глубже) организмы можно обнаружить и подсчитать только при сгущении литровой пробы до 5—10 см³.

К третьей биологической группе относятся мельчайшие ультра-наннопланктонные формы, измеряемые 5—15 микронами и численно преобладающие над всеми прочими представителями планктона в открытом море. Численность их определяется сотнями тысяч особей, до миллиона в литре. Вес одной особи определяется миллионными или десятиллионными долями миллиграмма. Многие из них относятся к гетеротрофным и миксотрофным организмам, некоторые встречаются на глубинах более 200 м. Массовое их развитие приурочено к определенному сезону года, большей частью к весне и в меньшей степени к осени.

В вертикальном и горизонтальном распределении мельчайших представителей наннопланктона заметно выражена микрозональность и очаговость, характерные для бактерий, выявляющиеся в кучевом скоплении в различных горизонтах и в различном отдалении от берега, без определенных закономерностей. Однако особенно высокого количественного развития они достигают в зоне фотосинтеза и вблизи берегов.

Наиболее типичные и многочисленные представители третьей группы: *Pontosphaera Huxleyi* (Coccolithineae), *Meringosphaera mediterranea* (Heterococcales), *Massartia rotundata* и мельчайшие представители родов *Glenodinium*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium* (Dinoflagellatae), также многие наннопланктонные формы зеленых водорослей (Chlorophyceae), а именно представители родов *Carteria*, *Chloromonas*, *Pyramidomonas*, *Chlamydo-blefaris* и др.

Весеннее «цветение» кокколитофорид (*Pontosphaera Huxleyi*), впервые отмеченное нами в Черном море в 1948 и 1949 гг., в Севастопольской бухте, у берегов Крыма и в восточной части Черного моря, в апреле 1952 г., наблюдалось по всему морю (Морозова-Водяницкая и Белогорская в этом сборнике). Число особей *Pontosphaera Huxleyi* в некоторых участках открытого моря, по данным Е. В. Белогорской, достигает миллиона в литре.

Растительные организмы третьей биологической группы не улавливаются планктонными сетями; при фиксации они часто меняют свои очертания и окраску, теряют жгутики и щетинки; некоторые при умирании и при накрывании препарата покровным стеклышком лопаются, оставляя на месте клетки рассеянную кучку зернышек. Поэтому количественный учет их можно производить только в живом состоянии. Громадное их развитие в море позволяет подсчитывать число особей непосредственно в капле воды из моря, в живом материале, до фиксации проб. Наиболее

массовая форма *Pontosphaera Huxleyi* из кокколитофорид, в период весеннего «цветения» в открытом море, вблизи берегов и в бухтах, повышает биомассу фитопланктона на 200—250 мг/м³, причем не только в верхних слоях, но и на всех прочих глубинах, населенных фитопланктоном.

До настоящего времени при определении биомассы фитопланктона в Черном море представители ультрамикропланктона не учитывались, откуда следует, что величины биомассы, приведенные в опубликованных до настоящего времени работах, очень сильно занижены, в том числе и в работах Севастопольской биологической станции.

Таким образом, примененная нами несколько более совершенная методика количественного учета фитопланктона, а именно: 1) количественный учет ультра- и наннопланктонных форм в живом виде, до фиксации и осаждения организмов в батометрических пробах; 2) двух-трехкратный подсчет организмов при различной степени сгущения фиксированных проб; 3) количественный учет в капле воды, не покрытой покровным стеклышком и пр., позволил установить следующее:

а) систематический состав фитопланктона значительно богаче, чем предполагалось ранее; П. И. Усачев в работе 1947 г. приводит для северо-западной части Черного моря 144 вида, а для центрального района восточной половины — 123 вида. Сейчас мы насчитываем в планктоне Черного моря 288 видов типично планктонных форм, а вместе с бентопланктонными формами — 350 видов;

б) количество фитопланктонных организмов в открытых частях Черного моря значительно больше, чем предполагалось до настоящего времени. Среднегодовая численность микро- и наннопланктонных форм в открытом море определяется десятками тысяч в литре, а ультрамикропланктонных форм — сотнями тысяч в литре;

в) численность фитопланктона в открытом море определяется величинами того же порядка, что и вблизи берегов. Последнее несколько сглаживает предполагавшуюся ранее резкую разницу в продуктивности открытых вод и прибрежных районов.

Все приведенные факты подтверждают, что не только берег с его материковым стоком и не только прибрежная полоса открытого моря с его близким дном, но и глубинные воды открытого моря являются постоянным и неистощимым источником поступления в верхние слои питательных веществ, обеспечивающих интенсивное развитие фитопланктона в открытых частях моря на протяжении всего года.

Сезонные изменения в систематическом составе, а также сезонные колебания численности и биомассы фитопланктона в открытом море значительно меньше выражены, чем вблизи берегов.

Основная часть фитопланктона в открытом море сосредоточена в верхних слоях моря — в зоне фотосинтеза. По нашим данным, в слое 0—50 м заключено от 56 до 89% всего количества фитопланктонных организмов. Наибольшее скопление фитопланктона в зоне фотосинтеза отмечено летом и ранней осенью: в сентябре до 88% всей численности и до 77% всей биомассы. Наиболее равномерное вертикальное распределение фитопланктона наблюдается в холодное время года: в феврале слой 0—50 м содержит 56% всего количества фитопланктона, зарегистрированного под 1 м² поверхности моря.

Более равномерное распределение фитопланктона в холодное время года объясняется гидрологическими условиями, а именно более равномерным распределением температур и плотности воды, обусловленным более интенсивным перемешиванием верхних слоев моря.

Ведущее значение в фитопланктоне на протяжении года имеют различные систематические группы планктонных водорослей или отдельные их представители.

Весной в открытом море по численности и по биомассе преобладают кокколитофориды; в прочее время года — динофлагеллы. Диатомовые по численности в открытом море представлены очень бедно, обычно не более 10% всего количества фитопланктона в столбе воды под 1 м² поверхности моря.

Значение диатомовых в планктоне открытого моря возрастает от зимы к лету и далее к осени. Динофлагеллы в течение года представлены в значительных количествах, но их первенствующая роль в планктоне периодически затушевывается: весной численным преобладанием кокколитофорида, а осенью значительной биомассой крупных, но сравнительно малочисленных форм диатомовых водорослей — ризосолений.

Горизонтальное распределение фитопланктона неравномерно, что в значительной степени объясняется очаговостью в развитии фитопланктона и особенно его наннопланктонных форм; тем не менее и в горизонтальном распределении фитопланктона намечаются некоторые закономерности.

В центральных районах западной и восточной половины Черного моря фитопланктон по систематическому составу и по количественному развитию однотипен.

В прибрежной неритической области к типичным формам открытого моря в большей или меньшей степени примешиваются прибрежные формы, массовое развитие которых характерно для бухт и заливов. Больший или меньший процент прибрежных форм, а также большая или меньшая ширина неритической области в различных районах моря неодинакова, на протяжении года колеблется и зависит от величины берегового стока и от силы и направления преобладающих ветров.

Северо-западный мелководный район Черного моря по своему систематическому составу и по количественному развитию фитопланктона близок Севастопольской и Новороссийским бухтам.

Прибрежная область в районе впадения в Черное море многоводного Дуная близка прибрежной области в районе Сухуми — Батуми, особенно в период весеннего половодья кавказских рек.

Численность и биомасса фитопланктона в большинстве случаев от берега к открытому морю уменьшается, но во многих случаях, обычно против берегов Крыма, приходится наблюдать максимум численности фитопланктона в некотором отдалении от берега; последнее, возможно, связано с бедностью берегового стока в районе Южного берега Крыма.

Сезонность в развитии фитопланктона как в сезонной смене форм, так и в сезонных колебаниях численности и биомассы более резко выражена в неритической области (особенно в пределах бухт и заливов), чем в открытом море.

В прибрежных районах в сезонной смене форм отчетливо выявляются шесть биологических сезонов: зима, ранняя весна, поздняя весна, лето, ранняя осень и поздняя осень.

В открытом море более или менее отчетливо выделяются только три сезонных периода: 1) период повышения интенсивности солнечной радиации (весна) с характерным для весны массовым развитием в открытом море кокколитофорида; 2) период максимальной напряженности светлого времени суток (лето) с характерным для этого времени года массовым развитием крупных форм перидиней; 3) период убывания числа солнечных часов и умень-

шения напряженности солнечного света (осень) с характерным для этого периода расцветом во всех районах моря крупных диатомей — ризосолений. Биологическая зима, в полном ее понимании, в открытых частях моря отсутствует.

Вегетация планктонных водорослей в период метеорологической и календарной зимы в открытом море не прекращается, а для многих форм, по-видимому, и не замедляется.

Основными факторами, определяющими сезонные смены форм и сезонные колебания численности и биомассы фитопланктона, являются свет и годовые колебания количества питательных веществ в верхних слоях моря в зоне фотосинтеза.

Многолетние колебания в растительной продуктивности моря зависят от многолетних колебаний в количественном развитии не всего фитопланктона в целом, а отдельных массовых его форм.

Нижняя граница распространения фитопланктона в большинстве случаев совпадает с верхней границей сероводородной зоны; вблизи берегов и в области круговых течений граница растительной жизни проходит глубже, чем в центральных частях моря.

Положение нижней границы распространения фитопланктона непостоянно, изменяется периодически, на протяжении года, в зависимости от сезонных изменений гидрологических условий, и аperiodически, в зависимости от состояния моря, от местных и временных течений, от сгонных и нагонных ветров.

Фитопланктонные организмы, обнаруженные на глубинах ниже компенсационной точки, которая в открытых частях моря расположена на глубине 40—50 м, нельзя рассматривать как мертвые клетки, механически опустившиеся из верхних слоев.

Нами обнаружена теневая группа водорослей, которая летом и ранней осенью встречается только в определенном слое 75—100 м (до 150 м); в состав этой группы, помимо бесцветных и слабо окрашенных жгутиковых, входят некоторые представители диатомовых водорослей: различные виды рода *Nitzschia* (*N. pungens*, *N. longissima*, *N. delicatissima*) и близкая последним *Thalassionema nitzschioides*.

Всем перечисленным формам, по-видимому, свойственно миксотрофное питание. Неоднократно отмеченные нами случаи нахождения на глубинах 200—250 м фитопланктонных организмов, характерных для зоны фотосинтеза, объясняются, по-видимому, существующим в Черном море вертикальным перемещением верхних слоев моря от 0 до 300 м. В послештормовые периоды верхняя граница сероводородной зоны изменяет иногда характерное для халистатики положение, образуя вместо куполообразной выпуклости чашевидную вогнутость. В течение нескольких последующих после шторма дней куполообразное положение верхней границы сероводородной зоны в центральных частях моря вновь восстанавливается.

Таким образом, можно предполагать, что в описанных случаях мощного вертикального передвижения водных масс весь комплекс планктонных организмов в течение нескольких дней опускается на глубины до 300 м и вновь поднимается к поверхности моря вместе со всей толщей воды, т. е. не отрываясь от собственной ему среды.

Условия среды при таких пассивных вертикальных передвижениях планктона изменяются главным образом в отношении условий освещения: организмы в течение нескольких дней оказываются лишенными или почти лишенными света, что едва ли может служить причиной их массового умирания.

В центре внимания работ Севастопольской биологической станции по биологической продуктивности Черного моря стоит вопрос о динамике биологических процессов в море, в частности, определение суточной продукции и суточной оборачиваемости биомассы фитопланктона в различные сезоны года.

Во время экспедиционных работ по разрезу Ялта — Батуми в 1948 г. нами впервые было отмечено большое колебание численности фитопланктона на протяжении суток (Морозова-Водяницкая, 1950). К настоящему моменту нами количественно обработаны материалы по семи суточным станциям в открытом море, по трем суточным станциям у берегов открытого моря и по четырем суточным станциям в Севастопольской бухте, взятые в различное время года.

В колебаниях численности и биомассы фитопланктона наблюдается суточная периодичность: период нарастания численности, приуроченный в основном к светлоте суток, сменяется периодом убывания количества фитопланктона в море, приуроченным к темноте суток. В дневные часы численность и биомасса наличного в море фитопланктона в полтора-два раза больше, чем в ночные часы.

Основной причиной суточного колебания численности и биомассы фитопланктона в открытом море, по-видимому, являются суточные миграции зоопланктона и выедание им растительного планктона в ночные часы.

Вблизи берегов и в бухте суточные колебания численности и биомассы фитопланктона, возможно, определяются также приуроченностью питания у немигрирующих форм зоопланктона к ночному времени суток; заметное влияние на суточные изменения количества фитопланктона вблизи берегов оказывают также местные гидрологические условия, в том числе ночные сгонные и дневные нагонные ветры.

Период убывания в море фитопланктона более кратковременный, чем период нарастания его численности; последнее объясняется кратковременным пребыванием в верхних слоях моря мигрирующих форм зоопланктона, поедающих в ночные часы фитопланктонные организмы.

Большее или меньшее убывание за ночь представителей тех или иных видов характеризует их большую или меньшую кормовую ценность.

Растительная пища зоопланктона в открытом море на 50—80% состоит из наннопланктонных динофлагеллят и кокколитофорид.

Разница между величинами дневного максимума и ночного минимума численности и биомассы планктонных водорослей характеризует суточные колебания наличного в море фитопланктона, но не дает полного представления о динамике биологических процессов, происходящих в море, в частности, о подлинной суточной оборачиваемости растительного вещества.

Основываясь на том, что увеличение численности фитопланктона путем деления клеток и убывание их от естественной смерти и от выедания зоопланктонными организмами происходит на протяжении всех суток и неодновременно для всех видов, суточную продукцию и суточный расход мы определяли не для всего фитопланктона в целом, а для каждого вида в отдельности, суммируя затем все числовые показатели суточной продукции и отдельно суточного расхода. Когда мы пытались определять суточную продукцию по разнице между максимальным дневным и минимальным ночным количеством наличного в море фитопланктона, то нашли, что ежедневный прирост фитопланктона, так же как и его суточный расход, составляет половину среднесуточной биомассы.

При определении продукции и расхода фитопланктона по суточному приросту и суточной убыли для каждого вида в отдельности мы получили, что величина суточной продукции всего фитопланктона превышает его среднесуточную биомассу в среднем в полтора раза и равна в большинстве случаев его суточному расходу. Таким образом, можно предполагать, что суточной оборачиваемости подвергается весь наличный в море фитопланктон и что суточный расход его (на питание зоопланктона и естественную смерть) в течение суток же полностью компенсируется не менее интенсивной суточной продукцией.

Периодически наблюдающееся в море сезонное уменьшение или сезонное увеличение численности фитопланктона обуславливается в первом случае превышением суточного расхода над суточным новообразованием биомассы; во втором случае имеет место обратное явление.

Численность и биомасса, суточный прирост и суточная убыль фитопланктона в различное время года и в различных районах моря неодинаковы.

В открытых частях моря, вдали от берегов, биомасса фитопланктона колеблется от 5 до 20 г под 1 м² поверхности моря (до нижней границы распространения фитопланктона). Максимальная среднесуточная биомасса в открытом море (11 г) отмечена в конце лета и ранней осенью при относительно малой численности фитопланктона (десятки тысяч клеток в литре). Высокая биомасса определяется большим развитием в летнее время года относительно крупных форм диатомовых водорослей (*Rhizosolenia calcar avis*) и перидиней (виды *Ceratium* и *Peridinium*), кормовая ценность которых значительно ниже наннопланктона. Минимальная среднесуточная биомасса 5—7 г отмечена зимой и весной.

Максимальная численность фитопланктона в открытом море — сотни тысяч клеток, до миллиона в литре, при относительно малой биомассе (5—7 г под 1 м²) отмечена весной. Весенний максимум численности фитопланктона в открытом море определяется массовым развитием наннопланктонных форм, кокколитофорид, динофлагеллят, хризомонад и зеленых водорослей, объем и вес которых очень мал.

Суточная оборачиваемость биомассы фитопланктона в открытом море на протяжении года изменяется. Сезонные колебания отмечены не только в величине среднесуточной биомассы, но и суточной продукции и суточного расхода фитопланктона.

Суточная продукция фитопланктона в открытом море осенью и зимой определяется одной и той же величиной — 9,5 г, в начале лета (в июне) в открытом море суточная продукция — 11,3 г под 1 м² поверхности моря.

Суточный расход биомассы наиболее интенсивен в конце лета и осенью — 9,6 г, наименее интенсивен зимой и весной (8,6—8,9 г под 1 м²).

Отношение суточной продукции к среднесуточной биомассе или коэффициент П/Б, выражающий интенсивность суточной оборачиваемости живого растительного вещества, в частности, темп суточного прироста биомассы, в июне почти в два раза больше, чем осенью и зимой (в июне П/Б=2,2, в сентябре П/Б=1,2, в феврале П/Б=1,7).

Отношение суточного расхода к среднесуточной биомассе, которое можно обозначить как Р/Б, на протяжении года мало изменяется, колеблясь в пределах 1,2—1,7.

Отношение суточной продукции к суточному расходу, или коэффициент П/Р, весной и ранним летом равен 1—1,2, т. е. в это время года суточный расход фитопланктона полностью компенсируется его суточным приростом; в конце лета и осенью, в период наиболее интенсивной

животной жизни в море и в то же время в период большого развития в планктоне крупных форм диатомовых и перидиней, отличающихся очень медленным темпом деления клеток, суточная убыль фитопланктона несколько превышает его суточный прирост, вследствие чего коэффициент П/Р определяется величинами меньше единицы (в сентябре и в ноябре $P/R=0,9$).

Для различных видов фитопланктона отношение суточной продукции к среднесуточной биомассе различно, причем отмечена обратно пропорциональная зависимость между величиной клетки и величиной П/Б, а именно: чем меньше размер планктонной водоросли, тем быстрее происходит деление ее клетки, тем больше ее продукция и тем больше величина П/Б.

Исследования планктонных водорослей в условиях культур, проводимые на Севастопольской биологической станции с 1952 г. Л. А. Ланской и Н. В. Морозовой-Водяницкой, показали, что темп деления клетки для одного и того же вида на протяжении года колеблется. Круглогодичными наблюдениями над культурами массовых форм фитопланктона установлено:

1) диатомовые водоросли, большое развитие которых служит причиной «цветения» моря вблизи берегов, отличаются более быстрым темпом деления клеток, чем прочие формы;

2) темп деления у массовых форм фитопланктона достигает своего максимума в культурах в период максимальной численности данного вида в море;

3) наиболее быстрый темп деления клетки (два-четыре раза в сутки) отмечен для диатомовых водорослей, определяющий весенний и осенний максимум в количественном развитии фитопланктона вблизи берегов и в бухтах: *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis*, *Leptocylindrus danicus* и др.;

4) темп деления клеток у динофлагеллят значительно медленнее, чем у диатомовых.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Растительная продуктивность моря зависит не столько от «большого» годового круга оборачиваемости живого вещества, сколько от «малых» кругов суточной оборачиваемости, т. е. от суточного расхода и суточного увеличения количества фитопланктона в море, изменяющихся на протяжении года.

Фитопланктон в открытом море в среднем ежедневно воспроизводит свою численность, восстанавливая ущерб от выедания его зоопланктонными организмами.

Общее количественное развитие фитопланктона в Черном море нормальное для глубоких морей средних широт.

ЛИТЕРАТУРА

- М и р о н о в Г. Н. О питании некоторых планктонных организмов Черного моря. Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1941, т. 7, вып. 2.
М о р о з о в а - В о д я н и ц к а я Н. В. Некоторые результаты количественных исследований фитопланктона в Черном море. Тр. Новоросс. биол. ст., 1940, т. 2, вып. 3.
М о р о з о в а - В о д я н и ц к а я Н. В. Фитопланктон Черного моря, ч. I. Фитопланктон в районе Севастополя и общий обзор фитопланктона Черного моря. Тр. СБС, 1948, т. VI.

- Морозова-Водяницкая Н. В. Численность и биомасса фитопланктона в Черном море. ДАН СССР, 1950, т. 73, № 4.
- Морозова-Водяницкая Н. В. Фитопланктон Черного моря, ч. II. Тр. СБС, 1954, т. VIII.
- Никитин В. Н. Планктон Батумской бухты и его годовичные изменения. Сб., посв. Н. М. Книповичу, 1939.
- Стройкина В. Г. Фитопланктон Черного моря в районе Карадага и его сезонная динамика. Тр. Карадагской биол. ст., 1950, вып. 10.
- Усачев П. И. Общая характеристика фитопланктона морей СССР. Усп. совр. биол., 1947, т. 23, вып. 2.
-