

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Экология моря

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 1

Институт биологии
южных морей АН УССР
БИБЛИОТЕКА
№ 3 с/к

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1980

6. Кондратьева Т. М. Определение суточной продукции фитопланктона в Севастопольской бухте. — В кн.: Первичная продукция морей и внутренних вод. Минск: М-во высш. и средн. спец. образования БССР, 1961, с. 77—82.
7. Кондратьева Т. М. Продукция и суточные изменения фитопланктона в южных морях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1967 — 370 с.
8. Михайлова Н. Ф., Ланская Л. А. Некоторые сведения о мелких жгутиковых Черного моря. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1960, 13, с. 11—16.
9. Морозова-Водяницкая Н. В. Фитопланктон Черного моря. Ч. 1. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1948, 6, с. 39—172.
10. Морозова-Водяницкая Н. В. Фитопланктон Черного моря. Ч. 2. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1954, 8, с. 11—99.
11. Переяславцева С. М. Protozoa Черного моря. — Зап. Новорос. о-ва естествоиспытателей. Одесса, 1886, с. 79—114.
12. Роухийнен М. И. О количественном развитии мелких жгутиковых водорослей в южных морях. — Океанология, 1970, 10, № 6, с. 1066—1069.
13. Роухийнен М. И. О сезонной динамике фитопланктона Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1975, 34, с. 3—14.
14. Роухийнен М. И., Сеничева М. И. Суточная динамика и продукция мелких жгутиковых водорослей в Севастопольской бухте. — Гидробиол. журн., 1977, 13, вып. 5, с. 82—87.
15. Strathmann R. R. Estimation the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. — Limnol. and Oceanogr., 1967, N 12, p. 411—418.

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

Поступила в редколлегия
16. 01. 79

М. И. SENICHEVA

SEASONAL DYNAMICS OF THE PHYTOPLANKTON NUMBER, BIOMASS AND PRODUCTION IN THE SEVASTOPOL BAY

Summary

The development of phytoplankton in the Sevastopol bay was regularly observed during three years. 153 species were registered, with diatoms prevailing as to the number of species almost in all the seasons of the year. The greatest number of species was marked in spring and autumn, the least one in winter.

Maximum development of phytoplankton (19000—33000 mill. cells, 5.9—23 g/m³) was observed in spring. The quantity of phytoplankton decreased with an increase in the temperature of water and deterioration of conditions of mineral nutrition. The second, less significant as to the value, maximum was observed in August or in September. Splashes of one-two species of diatoms were sometimes registered in winter (December).

The bulk production in the bay was formed by 10 species, mainly by diatoms and *Euxiviaella cordata*. The maximum production value (515.5 mg C/m³ day⁻¹) was marked in spring, in summer it dropped to 356.5 in autumn to 182 and the minimum production value (2.5 mgC/m³ day⁻¹) was obtained in winter.

УДК 581.526.326

М. И. СЕНИЧЕВА

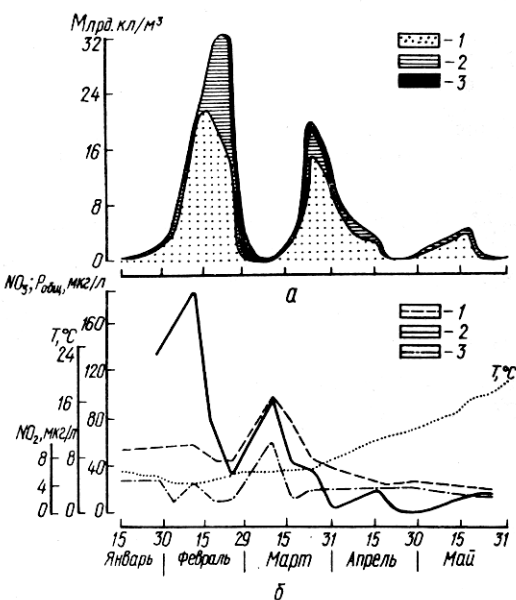
ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ *SCELETONEMA COSTATUM* (GREV.) В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ

Круглогодичные стационарные наблюдения за динамикой развития фитопланктона в Севастопольской бухте в 1976 г. сопровождались определением физиологического состояния водорослей методом люминесцентной микроскопии [1]. Соотношение живых, отмирающих и мертвых клеток водорослей позволило оценить продолжительность периодов интенсивного размножения в жизни популяций, обуславливающих в разные сезоны года вспыхи в развитии их численности.

Чтобы определить физиологическое состояние водорослей, отбирали пробы от 4 до 20 раз в месяц с поверхности у входа в бухту. Всего собрано и обработано 133 пробы. Определение проводили в сине-фиолетовых лучах при помощи люминесцентного микроскопа МЛ-2. Метод люминесцентной микроскопии основан на способности липоидно-растворимой фракции хлорофилла к аутолюминесценции. Под воздействием лучей синей, сине-фиолетовой и ультрафиолетовой частей спектра хроматофоры живых клеток флуоресцируют огненно-красным светом. При наступлении начальных стадий автолиза, связанного с разрушением

хлорофильного аппарата клеток, они флуоресцируют бордовым, розово-красным или оранжевым светом: эти клетки уже нежизнеспособны. Мертвые клетки флуоресцируют голубовато-зеленым светом, так как их свечение вызывается строением хроматофора.

Многолетними наблюдениями установлено, что в Севастопольской бухте отмечаются весенний и осенний максимумы фитопланктона, обусловленные развитием диатомовых водорослей. Летом численность фитопланктона значительно снижается, доминируют мелкие жгутиковые и перидиниевые водоросли [3, 5, 6, 9]. Наблюдения, проведенные в 1976 г. с применением метода люминесцентной микроскопии, показали, что в зимний и ранневесенний периоды у всех видов водорослей в бухте очень хорошо прослеживались различные состояния клеток (живые, отмирающие, мертвые) и пустые



а — динамика численности живых (1), отмирающих (2) и мертвых (3) клеток диатомей *Skeletonema costatum*, млрд. кл./м³, в Севастопольской бухте весной 1976 г.; б — изменение температуры воды (°C), P_{орг} (1), NO₃ (2) и NO₃ (3) на поверхности Севастопольской бухты весной 1976 г.

створки. В теплый период года в планктоне преобладали живые клетки, а мертвые клетки и пустые створки практически не встречались. Связано это, очевидно, с тем, что отмирающие клетки очень быстро разрушались с повышением температуры воды. Кроме того, основу численности фитопланктона в теплый период составляли мелкие жгутиковые водоросли, мертвые клетки которых разрушаются мгновенно и потому обычно не наблюдаются в планктоне.

Особенно четко различные стадии проявлялись весной у диатомовой водоросли *Skeletonema costatum*, поэтому на ее примере и были прослежены динамика развития и отмирания клеток, а также взаимосвязь количества, физиологического состояния и скорости деления клеток в различные сезоны года.

С января по май отмечены три вспышки в развитии *Sc. costatum* (рисунок, а). В начале развития (середина января) зарегистрировано 0,2 млрд./м³ живых клеток и около 0,1 млрд./м³ (30% общего числа вида) пустых створок *Sc. costatum*, которые, очевидно, еще остались в планктоне после декабрьской вспышки. При низкой температуре воды (6°С) створки распадались медленно и к концу января они еще составляли около 1% общей численности вида. Живые клетки были представителями начала новой вспышки *Sc. costatum*, и численность

их возрастала довольно быстро. Максимальное развитие *Sc. costatum* наблюдали в период с января по февраль при наиболее низкой температуре воды (соответственно 6 и 4°С), повышенной вертикальной циркуляции и высоком содержании биогенных элементов (рисунок, б). В начале вегетационного периода клетки *Sc. costatum* делились активно, в результате чего их объем уменьшился в 2—3 раза. В это время в планктоне доминировали живые клетки, составляющие 70—99% численности вида. Когда количество *Sc. costatum* возросло до 20 млрд. кл/м³, началось интенсивное отмирание популяции и в период максимума (34 млрд. кл/м³) живые клетки уже не превышали 57%. Процесс отмирания популяции продолжался до конца первой декады марта. Ее численность сократилась до 0,15 млрд. кл/м³, причем живые клетки едва составляли 0,5% (рисунок, а).

В марте—апреле при более высокой температуре воды (5,8—11°С) отмечена вторая вспышка в развитии *Sc. costatum*, которая по сравнению с первой была малочисленнее, а отмирание популяции проходило менее интенсивно. В период максимальной численности (19,6 млрд. кл/м³) популяции преобладали живые клетки, отмирающие составляли 21%, мертвые — всего 5%. Примерно такое же соотношение сохранялось до второй декады апреля, после чего наступило быстрое отмирание популяции. Ее численность в конце апреля снизилась до 0,17 млрд. кл/м³, из них число живых клеток составило менее 1%.

В период третьей вспышки в развитии *Sc. costatum*, наблюдаемой в мае при температуре воды 12—16°С, содержание биогенных элементов было значительно меньшим, что, по-видимому, послужило причиной слабого развития *Sc. costatum*. Максимальная численность в этот период не превышала 4,3 млрд. кл/м³. В течение первой и второй декад мая живые клетки составляли от 72 до 90% численности популяции, и лишь в третьей декаде их количество резко сократилось. В конце месяца в планктоне насчитывалось всего 0,0005 млрд. кл/м³, из них число живых клеток составляло менее 1%. В период майской вспышки в развитии *Sc. costatum* почти не встречались мертвые клетки и створки, что, вероятно, объясняется быстрым их распадом при довольно высокой температуре воды. По этой же причине, по мнению С. В. Горюновой [2], мертвые клетки фитопланктона практически не встречаются в южных морях. Экспериментально ею установлено, что при повышенной температуре автолиз клеток диатомовых водорослей проходит в течение нескольких часов, вплоть до растворения створок.

Отмирание популяции после очередной вспышки, как и общее снижение численности *Sc. costatum* от февраля к маю, связано с концентрацией биогенных элементов. Так, наиболее интенсивный рост клеток наблюдали в первой половине февраля при высоком содержании азота нитратов — 187 мкг/л, азота нитритов — 4,1 и фосфора фосфатов — 42 мкг/л (данные лаборатории гидрохимии ИнБЮМ). При максимуме развития *Sc. costatum* содержание биогенных элементов в воде резко сократилось: азота нитратов — в 6,2 раза, азота нитритов — 2,3, фосфора фосфатов — в 1,3 раза. К началу мартовской вспышки развития *Sc. costatum* концентрация биогенных элементов вновь возросла: азота нитратов — до 92 мкг/л, азота нитритов — до 10,3, фосфора фосфатов — до 80 мкг/л (рисунок, б). Содержание биогенных элементов возросло, возможно, за счет частичной минерализации органического вещества отмерших клеток водорослей февральской вспышки. Поздневесеннее развитие (в мае) проходило уже в условиях дефицита минерального питания и было довольно слабым, а летом при минимальных концентрациях биогенных элементов и высокой температуре воды в планктоне встречались лишь единичные экземпляры *Sc. costatum*. Осенью ее количество не превышало 1 млрд. кл/м³.

Отмирание клеток и, следовательно, уменьшение численности *Sc. costatum* связано с действием не только абиотических, но и биотических факторов. Так, в феврале — марте при довольно высокой концентрации биогенных элементов *Sc. costatum* составляла около 99% суммарной численности водорослей, другие виды существенно не влияли на ее развитие. Но как только плотность клеток достигла 40 млрд. кл/м³ — началось отмирание популяции. Поскольку Д. К. Акининой и З. П. Бурлаковой [4] в это же время зафиксирована максимальная концентрация органического фосфора в воде, можно предположить, что отмирание популяции вызвано влиянием собственных метаболитов. Во время второй и третьей весенних вспышек *Sc. costatum* значительного развития достигли и многие другие виды водорослей, в основном рода *Chaetoceros*, создавая конкуренцию *Sc. costatum* в минеральном питании. В меньшей степени на снижение численности *Sc. costatum* в ранневесенний период действовало выедание ее зоопланктоном. Сравнение данных количественного развития фито- и зоопланктона (данные лаборатории зоопланктона ИнБЮМ), полученных при одновременных сборах, показало, что в период развития всех трех весенних вспышек *Sc. costatum* количество копепоид не превышало 369 экз/м³ и только к концу апреля возросло до 704 экз/м³. В это время *Sc. costatum* встречалась лишь в небольшом количестве в виде отмирающих и мертвых клеток, тогда как значительно увеличилось число мелких видов перидиниевых водорослей — излюбленной пищи зоопланктона. В сентябре — в период осеннего развития *Sc. costatum* — отмечено максимальное количество копепоид (1973 экз/м³), а поскольку численность суммарного фитопланктона была довольно низкой (всего 2,2 млрд. кл/м³), очевидно, в этот период *Sc. costatum*, наряду с другими водорослями, также выедалась зоопланктоном, так как известно, что в условиях эксперимента она успешно поедается копеподами [7, 8].

Сравнение экспериментально полученных в 1973 и 1974 гг. данных скорости деления *Sc. costatum* с общей численностью вида показало наличие обратной зависимости между ними. Так, наибольшая скорость деления клеток (от 3,6 до 6,3 раза в сутки) получена при минимальной ее численности, с увеличением которой до нескольких миллиардов скорость деления клеток снижалась до 2—1,3 раза в сутки. При максимальных величинах численности (18—28 млрд. кл/м³) клетки практически переставали делиться. Эта закономерность ранее обнаружена Т. М. Кондратьевой [3], показавшей, что максимумы численности вида в планктоне и частоты деления не совпадают между собой (чаще всего второй предшествует первому). Наблюдения за физиологическим состоянием водорослей, проведенные методом люминесцентной микроскопии, раскрыли причину этого явления: в период максимумов численности уже доминировал процесс отмирания популяции.

Выводы. Весной у всех видов водорослей в бухте хорошо прослеживались живые, отмирающие и мертвые клетки, а также пустые створки. В теплый период года в планктоне преобладали живые клетки, так как при повышении температуры воды отмирающие клетки, вероятно, очень быстро разрушались.

Весной наблюдали три вспышки в развитии наиболее массовой диатомовой водоросли *Sc. costatum* (в феврале, марте — апреле и мае). Максимальное количественное ее развитие (34 млрд. кл/м³) отмечено в феврале при наиболее низкой температуре воды и высоком содержании биогенных элементов. По мере повышения температуры воды и ухудшения условий минерального питания количественное развитие *Sc. costatum* значительно снижалось.

В вегетационный период популяции *Sc. costatum* (во время всех трех весенних вспышек) в планктоне преобладали живые клетки (от 70 до 99%). В период максимального развития уже доминировал процесс

отмирания популяции, в результате чего ее численность сокращалась до минимума, а живые клетки составляли менее 1%.

Между численностью *Sc. costatum* и скоростью деления ее клеток установлена обратная зависимость. Наибольшие скорости деления клеток (от 3,6 до 6,3 раза в сутки) получены при минимальной численности, при максимальных ее величинах клетки практически переставали делиться.

1. Горюнова С. В. Применение метода флуоресцентной микроскопии для определения живых и мертвых клеток водорослей. — Вестн. АН СССР, 1951, 6, с. 100—102.
2. Горюнова С. В. Особенности процессов автолиза у диатомовых водорослей. — Тр. Ин-та микробиологии АН СССР, 1958, 5, с. 199—205.
3. Кондратьева Т. М. Продукция и суточные изменения фитопланктона в южных морях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1967. — 24 с.
4. Крупаткина Д. К., Бурлакова З. П. Влияние концентрации клеток на физиологические показатели *Skeletonema costatum* во время цветения. — Экология моря, 1980, № 1, с. 15—21.
5. Михайлова Н. Ф., Ланская Л. А. Некоторые сведения о мелких жгутиковых Черного моря. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1960, 13, с. 11—16.
6. Морозова-Водяницкая Н. В. Фитопланктон Черного моря. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1948, 6, с. 39—172.
7. Петипа Т. С. Питание веслоногого рачка *Acartia clausi* Giesbr. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1958, 11, с. 72—100.
8. Петипа Т. С., Тен В. С. Использование культур водорослей для изучения питания животных и выяснения взаимосвязи между процессами элиминации и продуцирования. — В кн.: Экологическая физиология морских планктонных водорослей. Киев: Наук. думка, 1971, с. 168—189.
9. Роухияйнен М. И. О количественном развитии мелких жгутиковых водорослей в южных морях. — Океанология, 1970, 10, № 6, с. 1066—1069.

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

Поступила в редколлегию
16.01.79

М. И. SENICHEVA

DYNAMIC OF THE SKELETONEMA COSTATUM POPULATION IN THE SEVASTOPOL BAY

Summary

The all year round stationary observations of the phytoplankton physiological state in the bay resulted is showed that in spring the living, dying and dead cells and empty valves were observed in all the alga species. The living cells prevailed during a warm season, as the dying ones were quickly destructed with a rise in water temperature. In the vegetation period the living cells constituted the largest percentage in the *Skeletonema costatum* population. When the quantity reached maximum the process of cells dying off predominated, which resulted in the reaction of the *Sc. costatum* amount to minimum and the living cells accounted only for less than 1%. The greatest rate of cell division in *Sc. costatum* was obtained when the quantity was minimum, when the quantity was maximum the cells did not divide.

УДК 551.464.618.577.581.526.325

Д. К. КРУПАТКИНА, З. П. БУРЛАКОВА

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КЛЕТОК НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ SKELETONEMA COSTATUM ВО ВРЕМЯ ЦВЕТЕНИЯ

Цветение планктонных водорослей изучали на примере как морских, так и пресноводных видов [6—8, 11, 12]. Однако цветение морских водорослей связывалось лишь с абиотическими факторами, а пресноводных — с биотическими. Поскольку для тех и других водо-