

З. С. КУЧЕРОВА

**ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАТОМОВЫХ ОБРАСТАНИЙ
В СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЕ**

Как для других морей, так в особенности для Черного моря почти нет работ, касающихся суточных изменений численности диатомовых, участвующих в создании первичной пленки обрастаний на разных горизонтах.

Цель настоящей работы — выявить закономерности оседания диатомовых по вертикали в зависимости от длительности экспозиции, сезона и некоторых гидрологических факторов.

МЕТОДИКА

Наблюдения над оседанием диатомовых были проведены в Севастопольской бухте. Для этой цели ежемесячно на расстоянии 500 м от берега в точке с общей глубиной 11 м одновременно вывешивали две установки, которые состояли из серии образцов (сдвоенных предметных стекол), ориентированных плоскостью перпендикулярно к поверхности воды и закрепленных вдоль троса на расстоянии 1 м один от другого.

Первые наблюдения (сентябрь-октябрь 1958 г.) были проведены на глубинах 1—9 м. В январе установка была передвинута на 50 м дальше от берега, где глубина достигала 15 м. Дополнительно к ранее указанным горизонтам пластинки были вывешены также на глубинах 10—15 м.

Одну установку с серией вертикальных пластинок снимали через сутки, вторую — через трое суток. Таким образом, мы получали полную картину суточного и трехсуточного оседания диатомовых обрастаний. В тех случаях, когда штормовая погода мешала своевременному подъему образцов, установку снимали с опозданием на сутки. Часть установок целиком была сорвана штормом, и в результате выпали полностью наблюдения за декабрь, июнь, сентябрь; в январе была сорвана трехсуточная установка, в феврале — односуточная.

Количество осевших клеток диатомовых подсчитывали на каждой пластинке под покровным стеклом на двух площадках 20×20 мм. Из этих двух подсчетов брали среднее и перечисляли на 1 м².

Первые наблюдения за суточным оседанием бентических диатомей по горизонтам в Севастопольской бухте были начаты 16 сентября 1958 г. Односуточная станция проведена с 15 по 16 сентября, трехсуточная — с 15 по 18 сентября. Температура в море по горизонтам в момент наблюдения распределялась почти равномерно и колебалась как на поверхности, так и на

глубине от 19 до 19,8°, прозрачность была 4—5 м. Ветровой режим в первые сутки непостоянен. В результате действия северо-северо-восточного ветра со скоростью до 10 м/сек создалось небольшое волнение. В последующие два дня сила ветра значительно уменьшилась.

В сентябре в планктоне наблюдается массовое цветение шести форм диатомей. Богатство видового состава осеннего фитопланктона обуславливается присутствием большого количества бентосных и литоральных форм диатомей.

В первые сутки наибольшая численность осевших диатомей отмечена в трехметровом слое. Здесь на 1 м² насчитывается 1 812 500 клеток. Резкое снижение численности наблюдается в семиметровом слое, где на 1 м² насчитывается только 147 500 диатомей. Увеличение численности в трехметровом слое идет за счет *Melosira moniliformis* (O. Müll.) Ag., *Melosira moniliformis* var. *subglobosa* Grun., *Licmophora Ehrenbergii* (Ktz.) Grun., *Navicula* sp. (рис. 1, А). Колонии *Melosira* состоят из 20 клеток, *Licmophora Ehrenbergii* — из 4, *Navicula* sp. насчитывается до 50 штук в слизистом мешке. *Melosira* составляет 37,7% от общего числа диатомей, *Licmophora Ehrenbergii* — 13,5%, *Navicula* sp. — 18%, остальные — 30,8%.

На трехсуточной установке численность осевших диатомовых по сравнению с односуточной установкой увеличилась в четыре раза. Максимальное количество диатомей, осевших на опытных пластинках, составляет 8 495 000 клеток и отмечено на глубине 2 м. Особенно пышно развивается *Grammatophora marina* Lynqb. (Ktz.), колонии которой включают до 100 клеток и составляют 40,8% от всей массы диатомей: на долю *Synedra tabulata* (Ag.) Ktz. приходится 18,3, *Licmophora Ehrenbergii* — 18,5, прочие — 22,4%. На глубине 3 и 7 м заметно резкое падение численности (рис. 2, А, В).

Видовой состав диатомовых обрастаний в сентябре очень богат и представлен при односуточных наблюдениях 40 видами, при трехсуточных — 45 видами.

В октябре односуточная станция проведена с 9 по 10, трехсуточная с 9 по 12. Поверхностная и глубинная температура воды была одинакова и колебалась от 17,9 до 17,4°, прозрачность была 5—5,5 м. Ветровой режим в первые сутки непостоянен и создает небольшое волнение до двух баллов. На вторые и третьи сутки ветер стихает, море спокойное. Общая численность диатомовых как в планктоне, так и в обрастаниях значительно падает по сравнению с сентябрем.

На односуточной установке диатомовые на пластинках распределяются по горизонтам почти равномерно. Максимальная численность в этот период (50 000 клеток) отмечена на глубине 1 м (рис. 1, В), причем типично бентопланктонные формы составляли 66% (в основном *Navicula* sp.), остальные 34% составляла случайная форма *Coscinodiscus* sp.

На трехсуточной установке диатомовые по горизонтам распределены неравномерно. По сравнению с пластинками, экспонированными в течение первых суток, общая численность осевших диатомовых на 1 м² увеличивается в 32 раза. Максимальная численность (1 602 500 клеток на 1 м²) приходится на глубину 4 м. Резко снизилось количество колониальных форм: *Melosira moniliformis* var. *subglobosa*, *Licmophora Ehrenbergii*, *Synedra tabulata* (Ag.) Ktz., *Grammatophora marina*. Ведущими видами стали *Pleurosigma elongatum* W. Sm. — 23,2, *Navicula* sp. — 24,1, *Amphora* sp. — 16,4, прочие составляют 36,3%. Общее снижение численности отмечено в двух и особенно в пятиметровом слое (см. рис. 2, А₁, В₁).

В январе односуточные наблюдения проведены с 29 до 30 января. Трехсуточная установка сорвана штормом. В бухте в этот момент наблюдалась

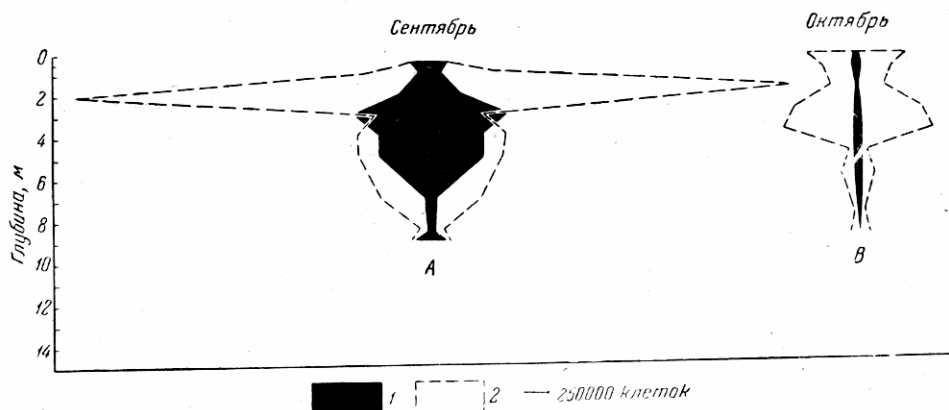


Рис. 1. Изменение количества диатомовых обрастаний на пластинках в зависимости от длительности экспозиции и глубины погружения (Севастопольская бухта, сентябрь-октябрь 1958 г.).

1 — односуточная экспозиция; 2 — трехсуточная экспозиция

полная гомотермия. Температура поверхностной и глубинной воды была $6,2^\circ$, прозрачность 7 м. Ветровой режим в течение этих суток непостоянен: в первые 6 час. господствовал ветер северо-западного направления со ско-

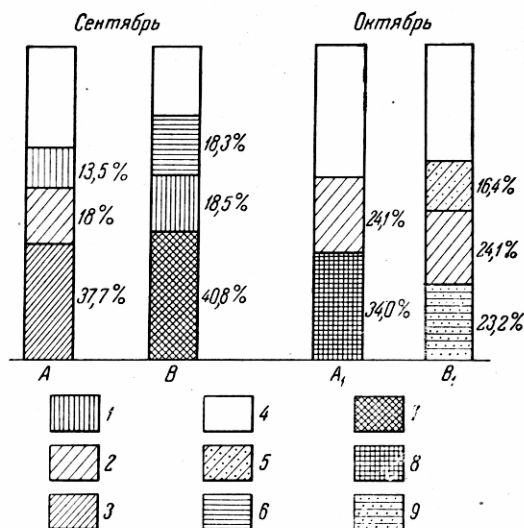


Рис. 2. Роль отдельных видов диатомовых в составе обрастаний на пластинках (сентябрь-октябрь 1958 г.)

A, A₁ — односуточная экспозиция; B, B₁ — трехсуточная экспозиция. 1 — *Licmophora Ehrenbergii*; 2 — *Navicula* sp.; 3 — *Melosira*; 4 — прочие; 5 — *Amphora* sp.; 6 — *Synedra tabulata*; 7 — *Grammatophora marina*; 8 — *Coscinodiscus* sp.; 9 — *Pleurosigma elongatum*

ростью 5 м/сек, в течение последующих 12 час. ветер северо-северо-восточного направления, со скоростью до 9 м/сек. Видовой состав диатомовых, осевших на опытных пластинках, очень беден и представлен всего десятью видами. Распределение их по горизонтам более или менее равномерно. Намечает-

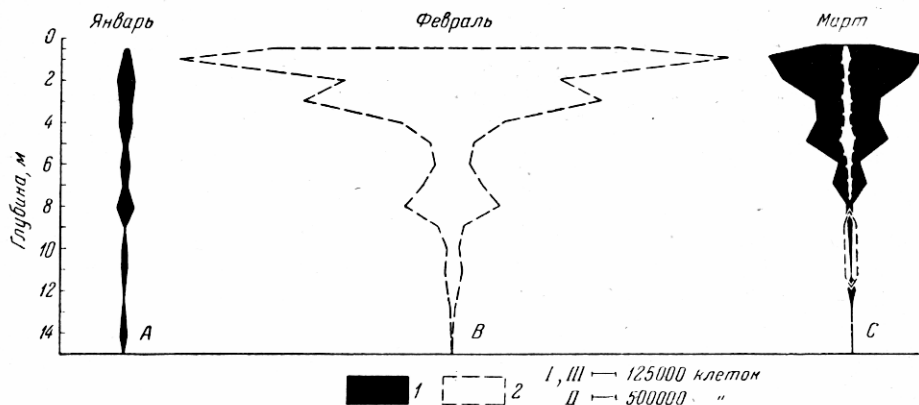


Рис. 3. Изменение количества диатомовых обрастаний на пластинках в зависимости от длительности экспозиции и глубины погружения (Севастопольская бухта, январь, февраль, март 1959 г.).

1 — односуточная экспозиция; 2 — трехсуточная экспозиция

ся незначительное увеличение численности в двух- и восьмиметровом слоях. Максимальная численность диатомовых в этот период 105 000 на 1 м^2 (рис. 3, А). Основной формой является *Melosira moniliformis*, составлявшая 87% всей массы диатомей. Колонии ее небольшие и состоят всего из двух-трех клеток. Остальные формы немногочисленны и составляют всего 13% (рис. 4, А).

В феврале односуточная серия образцов была сорвана, сохранилась трехсуточная серия (с 28 февраля по 3 марта). Так же как и в январе, температура в бухте распределялась почти равномерно во всей 15-метровой толще воды. У поверхности температура воды составляла $6,4^\circ$, на глубине — $6,6^\circ$. В первый день море было неспокойное; ветер северо-западного направления, скорость от 8 до 16 м/сек.* прозрачность 3 м. В последующие два дня море спокойное, ветер северо-восточного направления, скорость 2 м/сек. Значительная облачность, температура воды снизилась до $5,4^\circ$.

По данным Морозовой-Водяницкой (1948) и Кондратьевой (1958), в феврале в бухте наблюдается массовое развитие диатомовой водоросли *Skeletonema costatum* (Grev.); поверхностные слои заселены фитопланктоном в четыре-пять раз плотнее, чем на глубине 10 м.

На образцах трехсуточной установки заметна резкая неравномерность в распределении диатомовых обрастаний по горизонтам (рис. 3, В). Наибольшей численности диатомовые достигают на глубине 1 м, где их насчитывается до 13 060 000 клеток на 1 м^2 . Это самое большое количество осевших диатомовых, обнаруженных нами на трехсуточных пластинках в течение года. Основной и ведущей формой, как и в январе, являются два вида: *Melosira moniliformis* и *Melosira moniliformis* var. *subglobosa*, колонии которых содержат по 15—20 клеток. Общее число колоний огромно. *Melosira* в этот период достигла максимального развития и составляла 95,7% всей массы диатомей на пластинках. Незначительный процент (1,3%) приходится на долю *Listrophora Ehrenbergii*, все остальные диатомей составляют всего лишь 3%. Среди них есть и одиночные и колониальные формы. Резкое снижение численности на февральской установке наблюдается в двух-, шести- и девятиметровых слоях (рис. 4, В).

В марте односуточные наблюдения были проведены с 20 по 21, трехсуточные с 20 по 23 марта. Распределение температуры воды по горизонтам почти равномерное: у поверхности $6,4^{\circ}$, в глубинном слое $6,6^{\circ}$. Прозрачность в первые сутки 3, в последующие 3,5 м. В первые сутки ветер северо-восточного направления, скорость днем 3—4, вечером 2 м/сек. В последующие дни ветер восточного и северо-восточного направления со скоростью 3—9 м/сек.

Распределение диатомей на односуточной станции неравномерное. Максимальной численности они достигают на глубине 1 м, где насчитывается 935 000 клеток на 1 м². С глубиной численность падает и на глубине 15 м составляет 27 500 клеток.

Резкое снижение численности наблюдается в трех-, шести- и восьми-метровых слоях. На односуточной установке самой многочисленной и ведущей формой является *Melosira moniliformis*, на ее долю приходится 97% от общей массы диатомовых, и только 3% составляют всю остальную массу диатомей (рис. 3, С).

На одновременно экспонированной трехсуточной установке распределение диатомовых по горизонтам дает совершенно другую картину. Общая численность резко упала. Вместо обычно наблюдаемой схемы распределения диатомовых по горизонтам в данном случае имело место почти равномерное распределение диатомовых по всем горизонтам. Наибольшей численности диатомовые достигали в пятиметровом слое, где на 1 м² насчитывалось 70 000 клеток. Минимальная численность (5000 экз. на 1 м²) отмечена на горизонте 15 м. Численность диатомовых на опытных пластинках после трехсуточной экспозиции уменьшилась в 13 раз по сравнению с первыми сутками. Видовой состав как на односуточной, так и на трехсуточной установках очень беден и насчитывает только 12 видов. Ведущей формой на всех горизонтах является *Melosira moniliformis*, составлявшая 93% общей численности диатомовых. Однако если на односуточной установке колонии ее состоят из 15—20 клеток, то на трехсуточной — всего из 1—10 клеток.

Очевидно, в результате длительного (почти двое суток) действия северо-северо-восточного ветра со скоростью 9 м/сек возникшее сгонное течение нарушило обычное распределение диатомовых по горизонтам и угнало в открытое море поверхностные, богатые фитопланктоном слои воды, на место которых поступила обедненная фитопланктонная вода ниже лежащих слоев. Кроме того, малое количество диатомовых, обнаруженных на пластинках, могло быть также результатом смыва волной и течениями ранее осевших клеток (рис. 4, А₁, В₁).

В апреле односуточная станция была проведена с 21 по 22, четырехсуточная с 21 по 25. Распределение температуры воды по горизонтам изменилось: у поверхности $8,9^{\circ}$, на глубине 15 м — $10,8^{\circ}$. Прозрачность в течение четырех суток колебалась от 3 до 3,5 м. Вскоре после начала наблюдений северо-восточный ветер скоростью 10 м/сек вызвал волнение силой в два-три балла. Два последующих дня на море был штиль. Видовой состав микрофлоры в апреле значительно богаче, чем в предыдущие месяцы. На односуточной установке зарегистрировано 16 видов, на четырехсуточной 24 вида.

Пополнение видового состава идет в основном за счет одиночных форм *Amphora coffeaeformis*, *Amphora hyalina*, *Pleurosigma normanii*, *Cocconeis maxima*, *Cocconeis scutellum*, *Nitzschia obtusa*, *Navicula lyra*, *Amphiproga paludosa*.

Общая численность осевших диатомовых значительно ниже, чем в предыдущие месяцы, достигает всего 35 000 клеток на 1 м² (глубина 4 м).

Ведущими видами на односуточной станции являются *Licmophora Ehrenbergii* — 50, *Bacillaria paradoxa* — 16,7, *Navicula* sp. — 16,7, остальные — 16,6%. Трехсуточную установку своевременно снять не удалось и она провисела четверо суток. Количество диатомей на опытных пластинках четырехсуточной установки резко возросло. Максимальной численности (1 337 500 на 1 м²) диатомей достигают в слое 0,5 м, т. е. численность увеличивается в 38 раз по сравнению с односуточной установкой (рис. 5, А). При общем снижении численности осевших диатомовых с глубиной особенно резко выступает уменьшение количества диатомовых в слое 4, 7 и 10 м. На долю *Melosira* приходится только 60%; другие колониальные формы составляют: *Licmophora Ehrenbergii* — 11, *Synedra tabulata* — 12, *Navicula* sp. — 16%. На долю всех остальных приходится только 1%. Число клеток в колонии *Melosira* колеблется от восьми до пятидесяти, *Licmophora Ehrenbergii* в большинстве случаев состоит из десяти клеток, *Thalassionema nitzschioides* в редких случаях содержит пять клеток (рис. 6, А, В).

В мае односуточная станция проведена с 19 по 20, трехсуточная — с 19 по 23. Температура поверхности воды в первый день наблюдений — 15,8°. В последующие дни температура у поверхности повысилась до 16°, на глубине — до 14,6°. Таким образом, разница температур по горизонтам составляла 2,2°. Ветровой режим в течение первых суток непостоянен, ветер северо-восточного направления со скоростью 1 м/сек, днем принимает северо-западное направление со скоростью 6 м/сек. К вечеру ветер затихает. Два последующих дня погода более или менее устойчива. Ветер юго-западного направления, к вечеру совершенно затихает. Наступает штиль. В первые сутки общая численность осевших диатомовых на пластинках невелика. Наибольшей численности диатомовые достигают в пятиметровом слое — 170 000 на 1 м². Резкое снижение численности намечается в 3, 6 и 10-метровых слоях. Систематический состав диатомовых такой же, как в апреле. Колониальная форма *Grammatophora marina* занимает уже одно из первых мест, вытеснив род *Melosira* на второе место. На долю *Grammatophora marina* приходится 44% от общей массы микрсофлоры, на долю *Melosira* — 22%, на прочие виды — 34%. Среди них есть и колониальные и одиночные формы (см. рис. 5, В).

На трехсуточной установке картина распределения диатомовых по горизонтам сильно меняется. Наблюдается резкое снижение численности от поверхности до четырехметрового слоя, затем количество диатомовых заметно возрастает, и на глубине 14 м численность достигает 1 047 500 на 1 м², т. е. в 18 раз больше, чем в поверхностном слое. Таким образом, максимум диатомей переместился с поверхностных слоев, как это наблюдалось раньше,

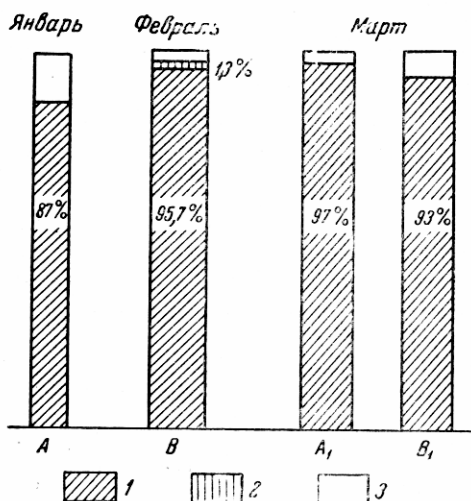


Рис. 4. Роль отдельных видов диатомовых в составе обрастаний на пластинках (январь — март 1959 г.)

А, А₁ — односуточная экспозиция; В, В₁ — трехсуточная эксп. 1 — *Melosira*; 2 — *Licmophora Ehrenbergii*; 3 — прочие

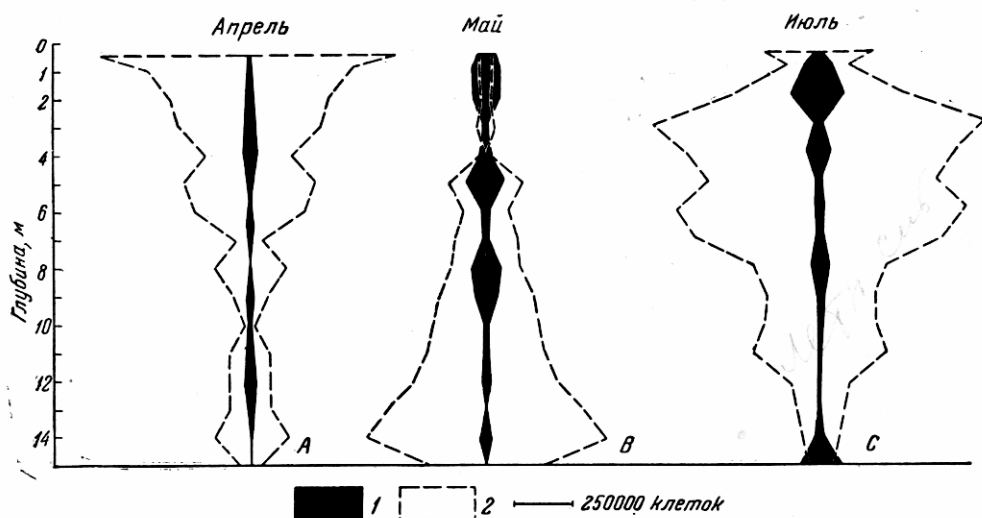


Рис. 5. Изменение количества диатомовых обрастаний на пластинках в зависимости от длительности экспозиции и глубины погружения (Севастопольская бухта, апрель, май, июль 1959 г.)

1 — односуточная экспозиция; 2 — трех-четырёхсуточная экспозиция

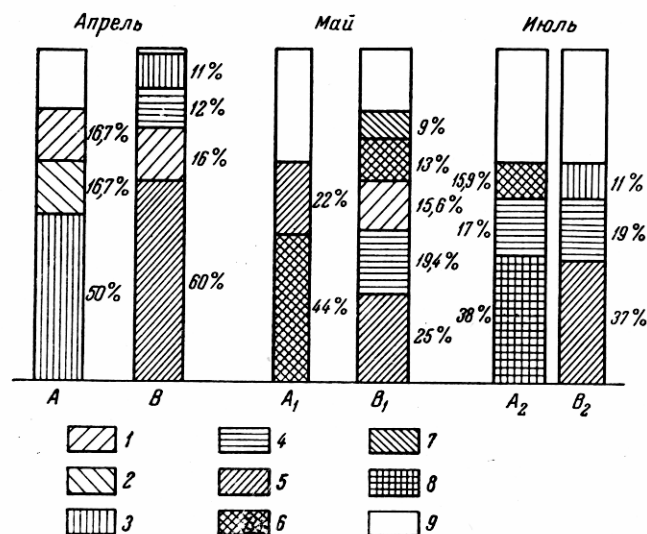


Рис. 6. Роль отдельных видов диатомовых в составе обрастаний на пластинках (апрель, май, июль 1959 г.)

А, А₁, А₂ — односуточная экспозиция; В₁, В₂ — трехсуточная экспозиция; В — четырехсуточная экспозиция. 1 — *Navicula* sp.; 2 — *Bacillaria paradoxa*; 3 — *Licmophora Ehrenbergii*; 4 — *Synedra tabulata*; 5 — *Melosira*; 6 — *Grammatophora marina*; 7 — *Nitzschia closterium*; 8 — *Coscinodiscus* sp.; 9 — прочие

в глубинные. Даже при такой стратификации осевших диатомовых выступает почти закономерное снижение численности на глубине 4 и 6 м. Изменяется процентное соотношение между видами. Кроме *Grammatophora marina*, *Melosira moniliformis*, *Melosira moniliformis* v. *subglobosa*, приобретают значение и такие виды, как *Synedra tabulata*, Ag. (Ktz.), *Navicula* sp., *Nitzschia closterium* (Ehr.) W. Sm. На долю *Melosira* теперь приходится 25% всей массы диатомовых обрастаний, на долю *Synedra tabulata* — 19,4%, *Navicula* sp. — 15,6%, *Grammatophora marina* — 13%, *Nitzschia closterium* — 9%, прочие — 18% (рис. 6, A_1 , B_1).

В июле односуточная станция была проведена с 21 по 22, трехсуточная с 21 по 24. Температура воды в море в это время достигла наивысших значений и колебалась у поверхности от 21,6 до 26,2°. Ветровой режим в течение суток непостоянен. Ветер быстро меняется как по направлению, так и по скорости. В течение 12 час. преобладает ветер северо-восточного направления. Скорость его вначале 5, затем достигает 12 м/сек. Вторые и третьи сутки на море — штиль. Общая численность диатомовых относительно невелика. Отмечается также значительное обеднение видового состава. Только 12 видов диатомовых входят в состав первичной пленки обрастаний на односуточной установке. Наибольшей численности осевшие диатомовые достигают на глубине 2 м. Здесь их насчитывается 220 000 на 1 м², на глубине 15 м — 27 500 на 1 м². Значительное снижение численности отмечено в горизонтах 3 и 5 м. Высокая численность в двухметровом слое в основном обусловлена совершенно не типичной для микрофитообрастаний водорослью *Coscinodiscus* sp. Присутствие ее на опытных пластинках, очевидно, совершенно случайно. Количество типичных диатомовых обрастаний составляет 136 000, т. е. 62% от общей массы диатомовых на пластинках, из них на долю *Synedra tabulata* приходится 17, *Grammatophora marina* — 15,9, а на долю *Coscinodiscus* sp. — 38% (рис. 5, C).

На трехсуточной установке на всех горизонтах наблюдается резкое увеличение численности осевших диатомей с максимумом в трехметровом слое, где на 1 м² насчитывается 1 372 500 клеток, главным образом за счет *Licmophora Ehrenbergii*, *Melosira moniliformis*, *Melosira moniliformis* var. *subglobosa*, *Synedra tabulata*. *Melosira* составляет 37, *Synedra tabulata* — 19, *Licmophora Ehrenbergii* — 11, остальные формы — 33% (рис. 6, A_2 , B_2). Видовой состав пополняется еще 12 видами. Довольно резкое уменьшение количества диатомей намечается в пяти- и восьмиметровых слоях. Колонии *Melosira* состоят из четырех-пяти клеток, *Grammatophora marina* — из пяти клеток. В шестиметровом слое увеличение идет главным образом за счет *Synedra tabulata* и *Coscinodiscus* sp. Количество *Synedra tabulata* здесь в два раза больше, чем в трехметровом слое. На глубине 11 м численность диатомовых увеличивается, кроме того, за счет случайной формы *Thalassionema nitzschoides* Grun., составляющей 47,3, в то время как *Licmophora Ehrenbergii* только 31, прочие — 21,7%. Типично бентосные формы в общем составляют только 52,7% от общей массы диатомей. Наиболее обедненными оказались пяти- и восьмиметровые горизонты.

В августе односуточная станция была проведена с 17 по 18, трехсуточная — с 17 по 20. Температура воды у поверхности колебалась от 23,4 до 24,6°, глубинная температура была 24,3°. В первые сутки ветер северо-восточного направления со скоростью от 3 до 7 м/сек вызвал небольшой шторм. В последующие дни море спокойное.

Численность осевших диатомей на односуточной станции очень мала — 47 500 на 1 м² (глубина 1 м). Видовой состав ограничен 15 видами. Распределение диатомовых на опытных пластинках более или менее равномерное. Резко снизилась численность колониальных форм: *Melosira moniliformis*,

Melosira moniliformis var. *subglobosa*, *Grammatophora marina*, *Synedra tabulata*. *Synedra tabulata* составляет 26,3, *Licmophora Ehrenbergii* — 21, *Melosira* — 11, на долю остальных форм приходится 41,7% (рис. 7, А).

Численность диатомовых на трехсуточной установке на глубине 1 м увеличилась в 10,2 раза и составляла 487 500 клеток на 1 м². В шестиметровом слое отмечено резкое снижение численности. Ведущими видами являются *Licmophora Ehrenbergii* (25%), *Coscinodiscus* sp. (54%), остальные формы составляют 21% (рис. 8, А, В).

В октябре односуточная станция проведена с 29 по 30, четырехсуточная с 29 октября по 2 ноября. В этот период в бухте наблюдалась полная гомотермия. Температура была 11,3°. Прозрачность от 2,5 до 3 м. В течение трех суток в дневные часы ветер юго-юго-западного направления, скоростью от 2 до 10 м/сек, к вечеру обычно затихал.

Общее количество диатомей, как в планктоне, так и в обрастаниях, небольшое.

Максимальная численность — 152 500 клеток на 1 м² — наблюдалась на глубине 2 м с постепенным снижением до глубины 8 м (см. рис. 7, В).

На четырехсуточной установке максимальная численность — 192 500 клеток на 1 м² отмечена на глубине 2 м. Резкое снижение численности отмечено на глубине 3 и особенно на глубине 7 и 10 м.

Ведущими видами на односуточной станции являются *Melosira* (два вида) — 17,7, *Licmophora Ehrenbergii* — 63,3, прочие — 19%. На четырехсуточной установке на долю *Licmophora Ehrenbergii* приходится 33,7, *Melosira moniliformis* — 28,5, *Synedra tabulata* — 18,1, прочие составляют 19,7% (рис. 8, А₁, В₁).

В ноябре односуточная станция проведена с 20 по 21, трехсуточная с 20 по 23 в условиях полной гомотермии, с равномерным колебанием температуры как у поверхности, так и у дна — от 11,8 до 9°. Первые двое суток дул ветер северо-восточного направления со скоростью 12 м/сек. К началу третьих суток скорость ветра уменьшилась до 7 м. Распределение диатомовых на пластинках в первые сутки более или менее равномерное. Наибольшая численность в этот период (42 500 клеток на 1 м²) отмечена на глубине 5 м, минимальная (25 000 клеток) — на глубине 4 м (рис. 7, С). *Melosira* составляет 35, *Navicula* sp. — 17,7%. *Achnanthes longipes* и *Synedra tabulata* находятся в равных количествах (17,7%), *Licmophora Ehrenbergii* — только 5,8, прочие — 18,1%.

На трехсуточных образцах численность осевших диатомовых увеличивается в 4,1 раза по сравнению с односуточной и на глубине 4 м составляет 175 000 клеток на 1 м². Ведущими формами являются *Melosira* (два вида) — 47,1, *Bacillaria paradoxa* Gmelin — 27,1, *Navicula* sp. — 17,7, *Licmophora Ehrenbergii* — 2,9, остальные составляют только 5,2%. Значительное снижение численности отмечено в трех- и пятиметровых слоях (рис. 8, А₂, В₂).

Распределение диатомовых по горизонтам зависит в основном от численности ведущих видов (бентопланктонных форм) в планктоне, сроков и интенсивности их деления, гидрологических и метеорологических факторов, от способа и прочности прикрепления. Как известно, в бухтах влияние гидрологических факторов сказывается значительно сильнее, чем в открытом море. Всякого рода сгонно-нагонные течения в море возникают в большинстве случаев в результате деятельности ветров, направление и скорость которых определяют направление и скорость течений. Ветер, движущийся со скоростью свыше 3 м/сек, в течение длительного времени может вызвать перемещение водных масс в сторону открытого моря или бухты. При сгонных

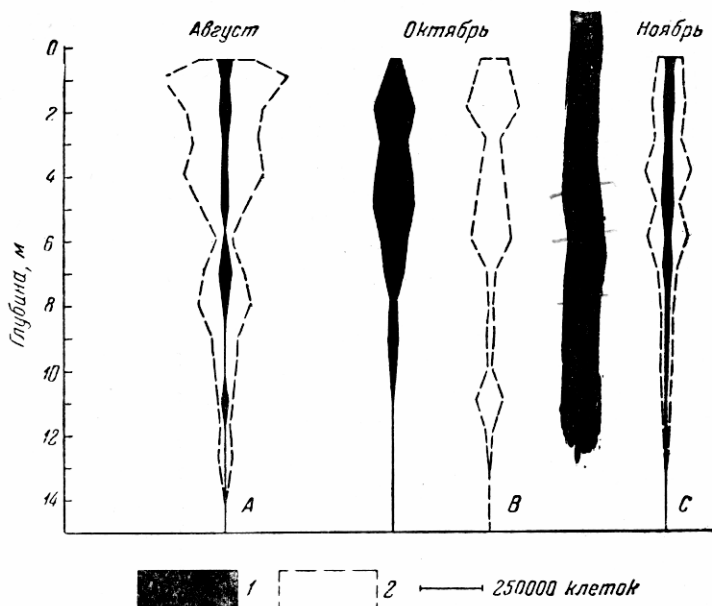


Рис. 7. Изменение количества диатомовых обрастаний на пластинках в зависимости от длительности экспозиции и глубины погружения (Севастопольская бухта, август, октябрь, ноябрь 1959 г.).

1 — односуточная экспозиция; 2 — трех-четырёхсуточная экспозиция

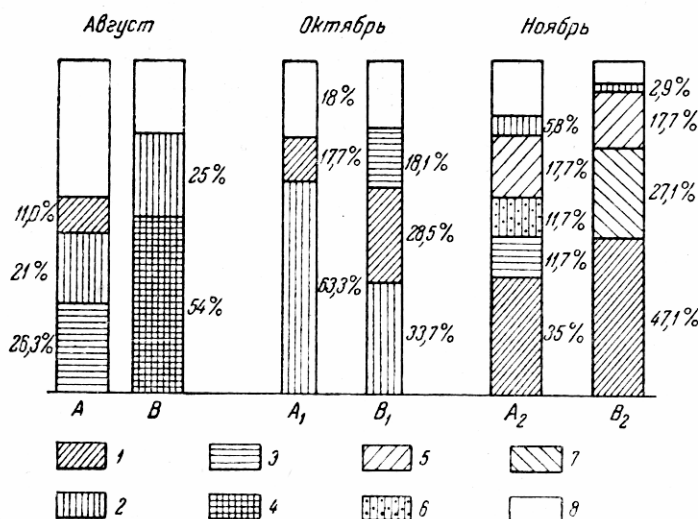


Рис. 8. Роль отдельных видов диатомовых в составе обрастаний на пластинках (август, октябрь, ноябрь 1959 г.)

A, A₁, A₂ — односуточная экспозиция; B, B₂ — трехсуточная экспозиция; B₁ — четырехсуточная экспозиция. 1 — *Melosira*; 2 — *Licmophora Ehrenbergii*; 3 — *Synedra tabulata*; 4 — *Coscinodiscus* sp.; 5 — *Navicula* sp.; 6 — *Achnanthes longipes*; 7 — *Bacillaria paradoxa*; 8 — прочие

ветрах нарушается преобладающая циклоническая система течений, наблюдается подъем глубинных вод у берегов, перемешивание их с поверхностными водами. При нагонных ветрах имеет место подъем глубинных вод в районе открытого моря (Богданова, 1959). Качественный состав фитопланктона Севастопольской бухты находится в прямой зависимости от направления ветра. Значение сгонно-нагонных течений хорошо заметно при односуточных наблюдениях в январе, июле, октябре, ноябре и особенно в марте на трехсуточной установке.

В штилевую погоду количество оседающих на пластинках диатомовых по горизонтам обычно неравномерное. В первые сутки формируется видовой состав, в последующие дни происходят лишь количественные изменения (Дуплаков, 1928; Ивлев, 1930; Кучерова, 1957).

Отклонение от нормального распределения диатомовых на пластинках по горизонтам наблюдалось на трехсуточной установке в марте, на односуточной — в октябре 1958 и 1959 гг. Под влиянием ветров различных румбов (северо-северо-восточных ветров в одном случае, юго-западных в другом) создавались сгонно-нагонные течения, вызвавшие обеднение состава диатомовых в планктоне, а также смыв уже осевших клеток, что придавало распределению диатомей по горизонтам более или менее равномерный характер.

В распределении обрастаний по горизонтам в Глубоком озере Дуплаков (1928) придает основное значение суточным колебаниям температуры и механическому действию волн. Ивлев (1930) считает, что решающим, если не единственным фактором, обуславливающим бедность состава обрастаний в верхних слоях воды Поликарповского пруда, являются значительные суточные колебания температуры, pH и других физико-химических факторов. По мнению Вимпенни (Wimpeny, 1938), изменение численности на различных глубинах связано с вегетативным делением клеток и с выеданием их зоопланктоном. Добржанская (1954) считает, что на распределение планктона по глубинам влияют течения, внутренние волны, изменение прозрачности, особенно в прибрежной зоне. Биогенные элементы, так же как температура, в пределах мелководной бухты распределены более или менее равномерно и практически не имеют значения. Морозова-Водяницкая (1948) также считала, что объяснить неравномерное распределение фитопланктона одним температурным фактором нельзя, так как интенсивное перемешивание вод в большинстве случаев приводит не только к равномерному распределению температуры, но также и к изменению прозрачности.

Неравномерное распределение микрофлоры обрастаний, формирующейся из бентопланктонных форм планктона моря, также нельзя объяснить только влиянием температуры. По-видимому, большое значение в распределении диатомовых по горизонтам имеет освещенность. Зависимость массового развития отдельных форм фитопланктона от освещенности отмечалась многими авторами (Ширшов, 1938; Богоров, 1938; Морозова-Водяницкая, 1948; Гусева, 1947; Скабичевский, 1950; Ермолаева, 1953, и др.). Различной освещенностью объяснял Смит (Smith, 1955) неравномерное обрастание двух противоположных сторон стекол. Семеш (Szemes, 1950) и Маккавеева (1960) считают, что свет имеет большое значение в распределении диатомовых по горизонтам. Вертикальное распределение различных форм фитопланктона на протяжении года, по мнению Морозовой-Водяницкой и Ланской (1959), по-видимому, определяется отношением к свету.

В условиях альгологически чистых культур (Ланская, рукопись), где условия питания и температуры были одинаковы, но отличались лишь условия освещения, водоросли резко реагировали на различные дозировки

света. Так, например, круглогодичные формы (*Melosira moniliformis*, *Grammatophora marina*, *Licmophora Ehrenbergii* и *Synedra tabulata*) при затемнении на 50% резко снижали темп деления. В полной темноте *Licmophora Ehrenbergii* не делилась и отмирала; у *Melosira moniliformis* и *Grammatophora marina* отмечена хорошая выживаемость, однако у *Grammatophora marina* деление происходит только через 300 час. *Melosira moniliformis* при добавочном свете глубокой осенью и зимой увеличивает темп деления.

Количество света, проникающего в воду, непостоянно и изменяется в зависимости от высоты солнца над горизонтом, состояния небосвода (облачность), глубины, на которой ведутся исследования, и, наконец, коэффициента рассеивания в воде (Башкирцева, 1929). При изменении высоты солнца от 50 до 40° интенсивность радиации на глубине 1 м уменьшается всего на 2%, а при понижении высоты солнца от 15 до 7° на той же глубине интенсивность радиации падает на 15% (Грищенко, 1958). Чем больше волнение, тем более эффект поверхностной потери (Березкин, Гершун и Янишевский, 1940). По измерениям Гершуна поверхностный слой воды в море (0,5 м) поглощает 80% света, слой 10 м — 25%, глубже падение еще резче. В озере, по наблюдениям К. А. Мокиевского (в печати), поверхностный слой 1,5 м поглощает 90% падающей солнечной радиации; до глубины 10 м при прозрачности 3 м проникает всего лишь от 0,2 до 0,1% света. У открытого берега моря в районе Карадага, по данным актинометрической станции ГГО, слой 1 м поглощает 60—70% света, до слоя 15 м доходит только 5,3% света (Грищенко, 1958). В условиях бухты, где прозрачность значительно ниже, падение кривой интенсивности света будет отличаться от обычной схемы для открытого моря.

Однако, не имея непосредственных наблюдений за изменением количества света по горизонтам в течение года в месте наших наблюдений, примем условно и для Севастопольской бухты схему распределения света у Карадага и попытаемся объяснить распределение диатомовых по горизонтам в зависимости от интенсивности света. Максимум диатомей в зимне-весенний период приходится на слои с оптимальной освещенностью. С глубиной и соответствующим падением интенсивности освещения снижается и численность оседающих диатомей. Так, например, максимальная численность диатомовых отмечена в феврале на глубине 1 м, куда доходит только 35% общей суммарной солнечной радиации; на глубине 3 м, куда проникает только 20% света, численность диатомовых уменьшилась в 1,9 раза по сравнению с однометровым слоем. В марте максимальная численность отмечена также в однометровом слое, минимальная — на глубине 15 м, где количество света составляло 5,3%; численность осевших диатомовых была здесь в 34 раза меньше, чем в однометровом слое.

Таким образом, мы видим, что прямой зависимости между численностью диатомовых и количеством света не наблюдается. К такому же выводу пришла Феоктистова (1959) при работе с альгологически чистыми культурами.

Самая высокая освещенность, отмеченная в июне ($6,65 \times 10^2$ эрг/см), оказывает угнетающее действие на фотосинтез диатомей (Пырина, 1959). На отрицательную роль света высокой интенсивности указывали в свое время Зернов (1904), Дженкин (Jenkin, 1937), Бессемянова (1957).

В этом отношении интересна трехсуточная станция в мае. После февральского максимума развития диатомовых в планктоне численность *Melosira moniliformis* в поверхностных слоях резко падает и основная масса диатомей сосредоточивается на опытных пластинках, экспонированных на глубине 14 м. Такое распределение водорослей по горизонтам хорошо

согласуется с данными Морозовой-Водяницкой (1948, 1954), которая также отмечала скопление фитопланктона на этих глубинах в мае. Таксму скоплению фитопланктона, очевидно, способствует наступающее температурное расслоение ($2,2^{\circ}$), затрудняющее турбулентное перемешивание, и, по-видимому, сказывается отрицательное влияние света высокой интенсивности.

Вполне возможно, что именно на глубине 14 м бентосные диатомовые находят наиболее благоприятные условия для существования. Кроме того, снижению темпа развития у *Melosira moniliformis*, очевидно, способствует наступающее в это время аукоспорообразование (Ланская, рукопись), связанное с опусканием в глубинные слои (Маккавеева, 1959).

По мнению Морозовой-Водяницкой и Ланской (1959), наряду со многими факторами, определяющими годовой цикл жизни водорослей и их сезонное и вертикальное распределение, большую роль играет физиологическое состояние клетки.

Для большинства диатомовых, цикл развития которых исчисляется часами, большое значение имеют интенсивность и продолжительность освещения. Пырина (1959) экспериментальным путем доказала, что максимальный фотосинтез и развитие диатомей *Synedra* sp. и *Asterionella* sp. происходит во второй половине лета при оптимальной освещенности порядка $1 \cdot 10^9$ эрг/см; ниже этого предела фотосинтез ограничен недостатком света, выше этого предела наступает угнетение фотосинтеза. Смит (Smith, 1955) считает, что низкая температура и пониженная интенсивность освещения в зимних условиях понижают темп размножения и активность оседания диатомовых на экспериментальных пластинках.

Экспериментируя со смешанными культурами фитопланктона, А. П. Скабичевский (1950) и Л. М. Ермолаева (1953) показали, что наибольшее количество клеток у диатомовых образуется при восьмичасовом освещении. При работе с чистыми культурами (Феоктистова, 1959) максимум клеток образуется при круглосуточном освещении; при коротком дне эти водоросли более экономно используют световую энергию и при этом образуют наибольшее количество клеток на единицу световой энергии. В опытах Иггена (Iggena, цит. по О. И. Феоктистовой, 1959) все водоросли хорошо развивались при длинном дне, но максимум численности клеток также сбрасывали при более коротком дне.

В годовом цикле развития микрофитов обрастания отмечено три основных максимума: самый большой — весенний, значительно уступает ему по величине осенний и самый маленький — летний (Кучерова, 1957). Весенний максимум численности определяют ведущие виды: *Melosira moniliformis* v. *subglobosa*, *Melosira moniliformis*, *Licmophora Ehrenbergii*, *Grammatophora marina*, *Synedra tabulata*, но каждый из них по-разному реагирует на одни и те же условия существования. Весной наибольшей численности достигает *Melosira moniliformis*. Эта водоросль имеет довольно широкий температурный диапазон, от $6,5$ до $26,5^{\circ}$. В условиях относительно короткого дня (10 час.), пониженной освещенности, температуры $6,5^{\circ}$, большого количества биогенных веществ она достигает в море наибольшего развития и составляет 95,7% от общей численности диатомей, осевших на пластинках. Возможно, что именно весной, когда увеличивается загрязнение бухты сточными водами, для ее развития создаются самые благоприятные условия (Алфимов, 1953). В чистой морской воде *Melosira moniliformis* быстро погибает.

В условиях альгологически чистых культур в феврале *Melosira moniliformis* развивается значительно медленнее других видов. Она делится через 61 час, в то время как *Licmophora Ehrenbergii* делится каждые 47,3 часа,

Grammatophora marina—через 45 час. Осенью, в сентябре, *Melosira moniliformis* делится значительно быстрее — через 26,6, *Grammatophora marina*—через 33,4, *Licmophora Ehrenbergii*—через 57,2 часа. Но, несмотря на высокий темп деления, значение *Melosira moniliformis* в обрастании в это время незначительно.

Такое несовпадение максимумов развития водорослей в культурах и в водоеме отмечали И. Л. Пырина (1959), Т. М. Кондратьева (1958). Вероятно, это объясняется тем, что в условиях моря развитие регулируется суммой факторов — химизмом воды, освещенностью, температурой и другими гидрологическими факторами, которые в условиях культур нельзя создать. В море, кроме того, большое значение могут иметь взаимоотношения между разными видами, где при этом на первое место выходят те виды, которые быстрее размножаются. Используя находящиеся в воде питательные вещества, они этим самым тормозят развитие других водорослей, как мы это видим на примере односуточных станций в феврале и марте, когда *Melosira moniliformis* составляла 95,7% от общей численности диатомовых обрастаний.

ВЫВОДЫ

1. В оседании диатомовых обрастаний по горизонтам намечается определенная закономерность. В холодное время года (зима, осень и весна) при благоприятных гидрометеорологических условиях максимальное количество диатомовых обрастаний наблюдается в поверхностном слое (1—2 м), с глубиной численность падает.

2. Положение максимума может меняться в зависимости от характера течений, длительности экспозиции, сезона, а также от интенсивности света.

3. Перемещению максимума диатомовых водорослей из поверхностного слоя в глубинный, наблюдавшемуся в мае, очевидно, способствовало как температурное расслоение, имевшее место в это время, так и отрицательное действие света высокой интенсивности и начавшийся у *Melosira moniliformis* процесс аукоспорообразования.

4. Течения, вызывающие значительные перемещения и перемешивания воды в море, в итоге приводят к равномерному распределению диатомовых обрастаний по горизонтам. Волнения, сказывающиеся особенно сильно в верхних горизонтах, наиболее богатых диатомовыми обрастаниями, в результате смыва уже осевших водорослей также могут создавать более или менее равномерное распределение диатомовых по вертикали.

5. Резкая неравномерность в количестве диатомовых обрастаний, обнаруженных на отдельных горизонтах, видимо, является результатом быстрой смены направления и скорости течения в бухте в период наблюдений.

6. Самый богатый видовой состав оседающих на пластинках диатомовых водорослей отмечен в сентябре.

7. Видовой состав диатомовых обрастаний на опытных пластинках формируется в течение первых суток. В дальнейшем происходят лишь количественные изменения.

8. Ведущими формами в обрастаниях являются *Melosira moniliformis*, *Melosira moniliformis* v. *subglobosa*, *Grammatophora marina*, *Licmophora Ehrenbergii*, *Synedra tabulata*. Развитием этих форм определяется и величина максимума.

9. В весеннем максимуме основную роль играют *Melosira moniliformis* и *Melosira moniliformis* v. *subglobosa*, составлявшие 95,7%. В осеннем

максимуме основная роль принадлежит *Synedra tabulata*, *Grammatophora marina*, *Licmophora Ehrenbergii*. *Melosira moniliformis* в это время занимает одно из последних мест.

ЛИТЕРАТУРА

- Алфимов Н. Н. 1953. Значение показателей опреснения при санитарном гидрохимическом анализе морских вод.— Военно-мед. журнал, 6.
- Башкирцева А. О. 1929. О проникновении дневного света в глубины моря.— Труды Морск. научн. ин-та, т. IV, вып. 2.
- Березкин В. С., Гершун А. А. и Янишевский Ю. Д. 1940. Прозрачность и цвет моря. Изд. Военно-морской акад. им. тов. Воршилова. Л.
- Бессемьянова Н. П. 1957. О фотосинтезе некоторых видов массовых форм диатомовых водорослей Черного моря.— Труды Севаст. биол. станции, т. IX.
- Богданова А. К. 1959. Сгонно-нагонная циркуляция и ее роль в обогащении питательными солями поверхностных вод Черного моря.— Труды Севаст. биол. станции, т. XI.
- Богоров В. Г. 1938. Биологические сезоны полярного моря.— Докл. АН СССР, т. XIX, № 8.
- Грищенко Д. Л. 1958. О лучистой энергии, проникающей в море.— Труды Главной геофиз. обсерватории, вып. 68.
- Гусева К. А. 1947. Причины периодичности в развитии фитопланктона Учинского водохранилища.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. биол., т. 52.
- Добрянская М. А. 1954. К вопросу о продукции фитопланктона в Черном море по данным фотосинтеза (Сообщение I).— Труды Севаст. биол. станции, т. VIII.
- Дуплаков С. Н. 1928. Некоторые наблюдения над вертикальным распределением обростаний в Глубоком озере.— Труды Гидробиол. станции на Глубоком озере, т. VI, вып. 4.
- Ермолаева Л. М. 1953. Влияние длины светового дня на развитие водорослей.— Бот. материалы, отд. споровых раст., т. IX.
- Зернов С. А. 1904. К вопросу о годичной смене черноморского планктона у Севастополя.— Изв. Акад. наук, т. 20.
- Ивлев В. С. 1930. К изучению обростаний Поликарповского пруда (предварительные данные).— Труды Гидробиол. станции на Глубоком озере, т. VI, вып. 5.
- Кондратьева Т. М. 1958. Суточные изменения фитопланктона в Севастопольской бухте.— Труды Севаст. биол. станции, т. X.
- Кучерова З. С. 1957. Видовой состав и сезонная смена диатомовых морских обростаний.— Труды Севаст. биол. станции, т. IX.
- Маккавеева Е. Б. 1959. К экологии и сезонным изменениям диатомовых обростаний на цистозире.— Труды Севаст. биол. станции, т. XIII.
- Мокиевский О. К. Методика и некоторые результаты изучения проникновения в водную массу озера солнечной радиации (в печати).
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1948. Фитопланктон Черного моря. Часть I.— Труды Севаст. биол. станции, т. VI.
- Морозова-Водяницкая Н. В. 1954. Фитопланктон Черного моря. Часть II.— Там же, т. VIII.
- Морозова-Водяницкая Н. В. и Ланская Л. А. 1959. Темп и условия деления морских диатомовых в культурах.— Там же, т. XII.
- Пырина И. Л. 1959. Интенсивность фотосинтеза у водорослей в связи с сезонной освещенностью.— Труды Ин-та биол. водохранилищ АН СССР, 1 (4).
- Скабичевский А. П. 1950. Влияние продолжительности суточного освещения на развитие планктонных водорослей.— Докл. АН СССР, т. 72, № 1.
- Феоктистова О. И. 1959. Влияние длины светового дня на образование органического вещества и размножение водорослей.— Труды Ин-та биол. водохранилищ АН СССР, 1 (4).
- Шишов П. П. 1938. Океанические наблюдения. Докл. АН СССР, т. 19, № 8.
- Jenkins P. M. 1937. Oxygen production by the diatom *Coscinodiscus* Ehr. in relation to submarine illumination in the English Channel. (Цит. по Морозовой-Водяницкой, 1948).
- Iggna M. L. 1938. Beobachtungen über die Wirkung des Lichtes auf das Wachstum von Blaualgen und Grünalgen. (Цит. по Феоктистовой, 1959).
- Smith J. C., 1955. A study of the benthic diatoms of Loch Sween (Argyll).— J. of ecology, January, v. 43, N1.
- Szemes G. 1950. Der Einfluss der Lichtverhältnisse auf die Ausbildung der Tiefenbio-coenosen.— Acta Biol. Acad. Sci. Hungaricae, t. I, f. 1—4.
- Wimpeny R. S. 1938. Diurnal variation in the feeding and breeding of zooplankton related to the numerical balance of the zoophytoplankton community.— J. du Conseil, v. 13, N 3.