

МИКРОФИТОБЕНТОС МЯГКИХ ГРУНТОВ РАЙОНА АРХИПО-ОСИПОВКИ И ИНАЛА (СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЁРНОГО МОРЯ)

Осенью 2000 г. изучали видовой состав и структуру микрофитобентоса мягких грунтов в прибрежной зоне Чёрного моря (Северный Кавказ, район пос. Архипо-Осиповка и бухты Инал). Идентифицировали 115 видов и разновидностей микроводорослей, из них 114 диатомей. Для различных глубин установлены доминирующие комплексы микроводорослей. Получены данные по разнообразию, выравниванию видовой структуры микрофитобентоса и его размерной структуре. Проведена оценка устойчивости сообществ микроводорослей АВС-методом.

В настоящее время на Кавказском побережье у бухты Инал ведётся строительство трубопровода по проекту "Голубой поток". Целью наших исследований было изучение сублиторальных сообществ микрофитобентоса верхнего слоя донных отложений. Микрофитобентос - один из объектов мониторинга изменений прибрежных до и во время строительства трубопровода и после его окончания. Приведенные ниже данные могут рассматриваться как фоновые, поскольку получены в предстроительный период.

Материал и методы. Пробы были собраны в сентябре 2000 г. на 4-х разрезах, расположенных соответственно на траверсе бухты Вулан (пос. Архипо-Осиповка), Горелой и Дровяной щелей и бухты Инал (побережье Северного Кавказа) (рис. 1). Всего на 15 станциях на глубинах от 3,8 м до 31,7 м отобрано 45 донных проб.

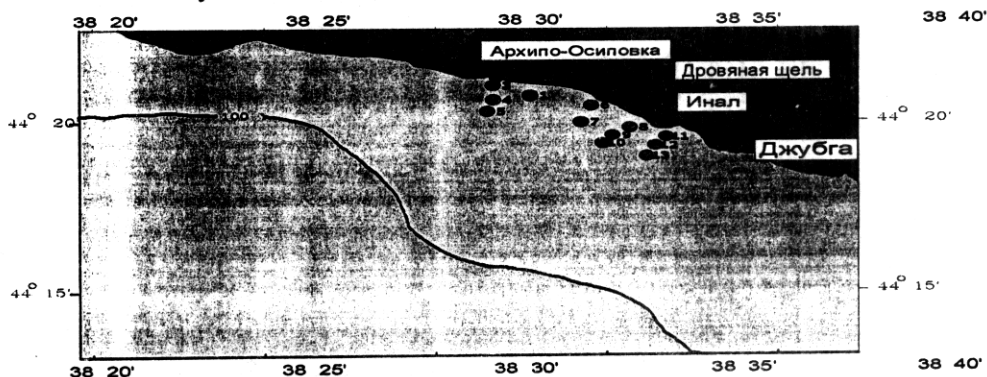


Рисунок 1. Карта станций

Figure 1. Station map

В качестве меры относительной обилия использовали потенциальную продукцию микроводорослей. Как правило, при оценке характеристик структуры сообщества используют биомассу или численность организмов. Однако, среди бентосных диатомей встречаются экземпляры размером от нескольких микрон до десятых долей миллиметра, т. е. объём клеток, входящих в сообщество микрофитобентоса, может сильно различаться. Оценка структуры такого сообщества по биомассе не даёт объективной картины ввиду того, что основная доля веса может приходиться на единичные крупные особи. Использование в качестве меры обилия численностей различных видов приводит к снижению роли в сообществе крупных форм, порой значительно уступающих мелким по обилию [2]. Поэтому, в качестве меры относительного обилия была использована потенциальная продукция видов, рассчитанная по формуле $P_i = A \cdot W^k$, где A и k - экспериментально определяемые коэффициенты, W - масса особи (в данном случае за массу клетки было принято численное значение её объёма, т. к. вес принимался за 1 (масса одного кубического микрона), а объём выводился исходя из размеров 10 - 30 особей данного вида). В соответствии с имеющимися в литературе данными о продуктивности различных групп одноклеточных водорослей (морских и пресноводных), в основном диатомовых, перидиниевых и синезелёных, значения коэффициента k для этих организмов близки к 0,5 [3]. Соответственно, продукция популяции данного вида микроводоросли

определяется как $P_i = A \cdot N_i \cdot W_i^{0.5}$, где N_i - численность популяции. Продукция для сообщества бентосных микроводорослей в целом рассчитывалась как $P = \sum A \cdot N_i \cdot W_i^{0.5} = A \cdot \sum N_i \cdot W_i^{0.5}$. Далее, доля продукции данного вида в общей продукции сообщества рассчитывалась как $p_i = A \cdot N_i \cdot W_i^{0.5} / A \cdot \sum N_i \cdot W_i^{0.5} = N_i \cdot W_i^{0.5} / \sum N_i \cdot W_i^{0.5}$.

Результаты и обсуждение. В общей сложности идентифицировано 115 видов и разновидностей микроводорослей. Из них 114 принадлежали к диатомеям (Bacillariophyta), и один вид - к хроококковым цианобактериям (Cyanobacteriophyta) (*Merismopedia glauca* f. *mediterranea*). Среди диатомей преобладали представители родов *Nitzschia* и *Amphora* (соответственно 21,9 % и 26,3 % от общего видового богатства группы). Видовое богатство станций изменялось от 20 до 66 видов и разновидностей микроводорослей. С увеличением глубины наблюдали постепенное уменьшение богатства флоры (рис. 2).

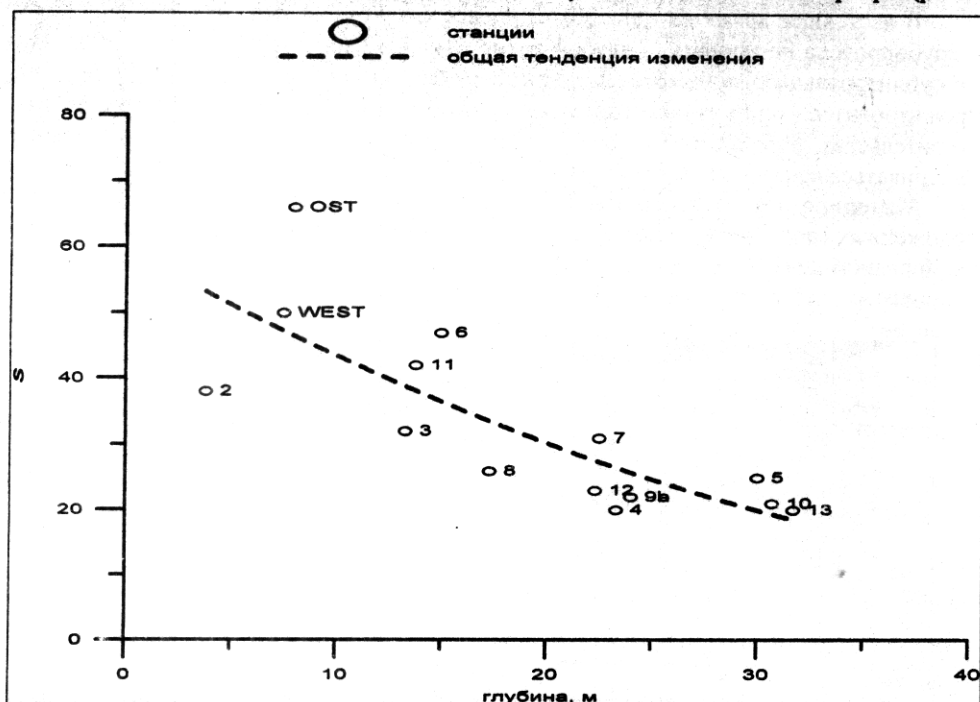


Рисунок 2. Изменение с глубиной видового богатства микрофитобентоса на станциях
Figure 2. Change of the microphytobenthos species richness on the stations along with the depth

Мы связываем это явление с двумя факторами: падением освещения с глубиной (не все виды способны к переходу на гетеротрофное питание в условиях низкой освещённости) и, что немаловажно, с ростом заиленности грунта. В условиях сильного заиления верхнего слоя осадка полноценно существовать способны либо очень подвижные (*Amphora*, *Nitzschia*), либо очень мелкие (*Achnanthes*, *Mayamaea*) формы, а также цисты некоторых планктонных микроводорослей [1].

Состав доминирующих групп на разных глубинах различается. Так, в сообществе микроводорослей песчаного грунта на глубине 3,8 м преобладали крупные подвижные навикулоиды, такие как *Stauroneis* sp. и *Caloneis liber* var. *linearis*. (суммарная продуктивность доминантов - далее ΣP - составляла 30 % от общей для сообщества в целом). На такой глубине верхний слой грунта, населённый микроводорослями, сильно подвержен перемешиванию накатной волной. При шторме взмучивание осадка происходит и на 8 - 10-метровой глубине. Здесь, в песчаном грунте с незначительной примесью алевропилита, преобладали *Navicula distans*, *Navicula* sp. и *Coscinodiscus radiatus* ($\Sigma P = 33,2$ % от общей продуктивности). Клетки первых двух видов напоминают по форме галстук-бабочку. Обилие клеток такой формы, принадлежавших видам не только *Navicula*, но также *Nitzschia*, *Tropidoneis* и *Amphiprora*, мы наблюдали на сходных грунтах литорали Белого и Баренцева морей. Возможно, эта форма панциря при соответствующей

щих размерах клетки (30 - 90 мкм в длину) является для этих условий адаптивно выгодной. Клетки *Coscinodiscus radiatus*, по всей вероятности, выпадают на дно из планктона, однако, подобно некоторым другим центрическим диатомеям, сохраняющимся в осадке в живом виде, представляют собой вполне естественный компонент микрофитобентоса, участвующий в трофической сети. *Merismopedia glauca* f. *mediterranea*, также входящая здесь в доминирующую группу (6 % от суммарной продуктивности сообщества), образует на поверхности грунта однослойные пластинки, время существования которых определяется периодами относительного спокойствия водных потоков в придонном слое.

На глубине от 13,3 до 17,3 м в разных местах преобладали *Nitzschia delicatissima*, *Amphiprora gigantea* var. *decussata*, *Navicula* sp., *Amphora hyalina* var. *delicatula*, *Cyclotella bodanica* var. *lemanensis* и *Chaetoceros curvisetus*. Последний, представленный исключительно живыми цистами, ощутимо преобладал по на глубине 13,8 м на траверсе бухты Инал (16,9 % от суммарной потенциальной продукции). *N. delicatissima* (как доминант давала иногда 10,3 - 10,8 % от общей продукции), справедливо относимая большинством авторов к планктонным диатомеям, была на некоторых станциях обильно представлена отдельными живыми клетками, некоторые из них находились в процессе деления. В планктоне этот вид образует цепочки.

На глубинах 22,3 - 24 м в различных местах доминировали *Thalassionema nitzschioides*, *Pleurosigma formosum*, *Navicula distans*, *Bacillaria socialis* var. *baltica*, *Tryblionella levidensis*, *Lyrella Reinhardtii*, *Nitzschia delicatissima* (7 - 29,5%), *Cyclotella bodanica* var. *lemanensis* и цисты *Chaetoceros curvisetus* (13,6 - 18,6%). В сообществах сильно заиленного грунта на глубине от 30 до 31,7 м довольно устойчиво преобладала ($\Sigma P = 42,3 - 69,3\%$ от общей) ассоциация в составе *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia delicatissima* и *Chaetoceros curvisetus*, (последний был представлен живыми цистами).

Размеры клеток микроводорослей, принадлежащих к разным таксонам, могут колебаться в широких пределах. Мы исследовали возможные взаимосвязи между объемом клеток микроводорослей и распределением их по глубине. По имеющемуся набору видов и разновидностей для объемов клеток нельзя было построить непрерывного размерного ряда. Поэтому все таксоны были поделены на четыре группы: "мелкие" (32 - 190 мкм³), "небольшие" (201 - 996), "большие" (1010 - 8760), "крупные" (9480 - 20200).

Доля мелких микроводорослей в продукции сообществ возрастает в интервале глубин от 3,8 до 24 м, далее никакой определенной тенденции проследить не удалось. Доля продуктивности "небольших" особей плавно возрастает во всем исследованном диапазоне глубин, в то время как доля "больших" микроводорослей постепенно снижается. Особенно большой вклад "небольших" особей в суммарную продукцию микрофитобентоса ($\Sigma P = 77,8\%$) наблюдали на глубине 30 м на траверсе Архипо-Осиповки. Эту "фракцию" здесь образуют *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia delicatissima*, *N. longissima*, *Chaetoceros curvisetus*, *Bacillaria socialis* var. *baltica*, *Craticula halophila* var. *convergens* и некоторые другие виды и разновидности диатомей, индивидуальный вклад каждого из которых незначителен. "Большие" особи, представленные исключительно диатомеями, вносят наибольший вклад в продукцию сообществ на мелководных станциях ($\Sigma P = 53,5 - 60\%$). Ввиду обилия таксонов, составляющих эту "фракцию" на трех мелководных станциях, перечислим лишь наиболее многочисленные: *Diploneis subadvena*, *Lyrella Henedyi* var. *neapolitana*, *L. forcipata* var. *dinsestriata*, *Caloneis liber* var. *linearis*, *Nitzschia* sp., *Navicula pennata* var. *pontica*, *N. distans*, *Navicula* sp., *Amphora terroris*, *A. eunotia*, *A. coffeaeformis*, *A. ostrearia* var. *vitrea*, *A. crassa*, *A. proteus* var. *ambigua* и *Gyrosigma litorale*. Для "фракции" "крупных" особей не выявлено какой-либо определенной тенденции в распределении по глубинам.

Разнообразие сообществ, оцененное при помощи индексов Маргалефа и PИЕ, в целом по району оставалось достаточно высоким ($Dmg_{cp} = 2,10$; $PИЕ_{cp} = 0,94$). Замечен плавный спад разнообразия по мере увеличения глубины обитания сообществ. Так, для глубин от 3,8 м до 8 м $Dmg_{cp} = 3,44$ и $PИЕ_{cp} = 0,96$. В то же время на глубинах от 30 м до 31,7 м $Dmg_{cp} = 1,36$ и $PИЕ_{cp} = 0,89$ (рис. 3).

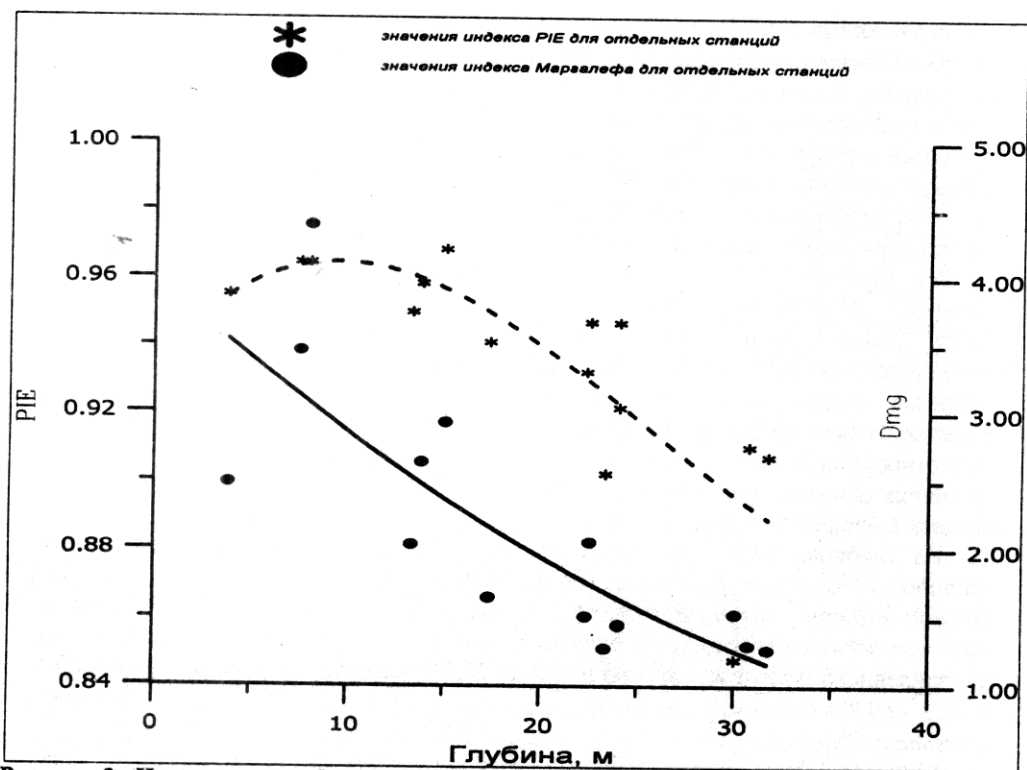


Рисунок 3. Изменение с глубиной индекса разнообразия Маргалефа (Dmg) и индекса вероятности межвидовых встреч (PIE)
 Figure 3. Change of the Margalef (Dmg) index biodiversity and PIE-index with the depth

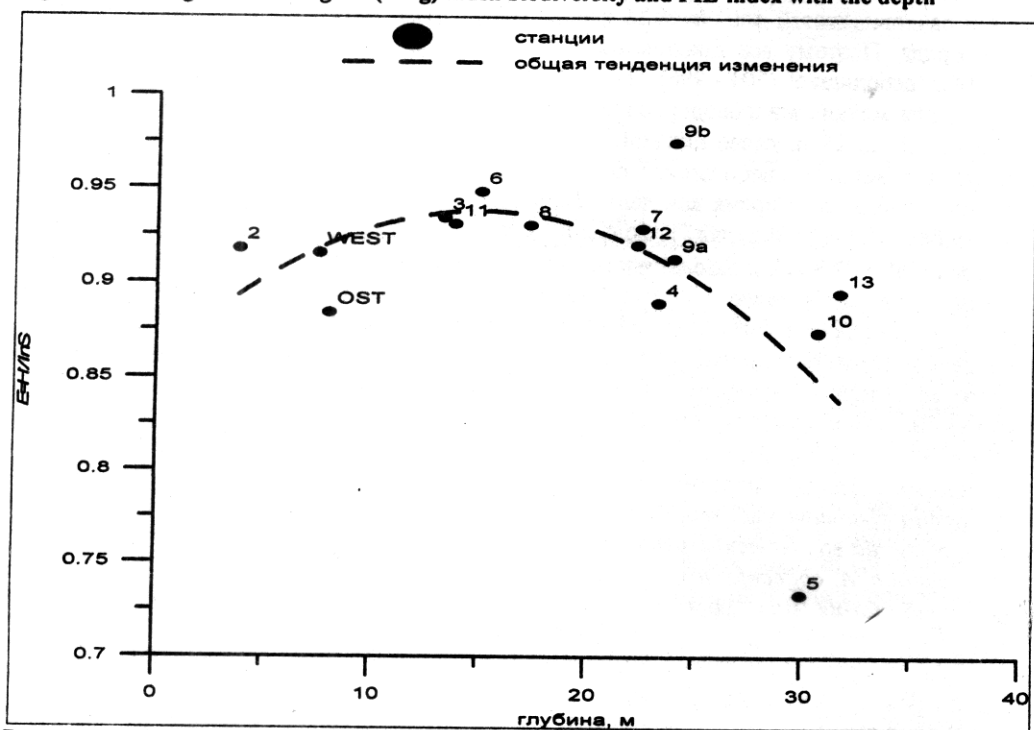


Рисунок 4. Изменение с глубиной выравниваемости видовой структуры микрофитобентоса, по индексу Пиелу
 Figure 4. Change of uniformity of microphytobenthos species structure with the change of depth (using the Pielou index)

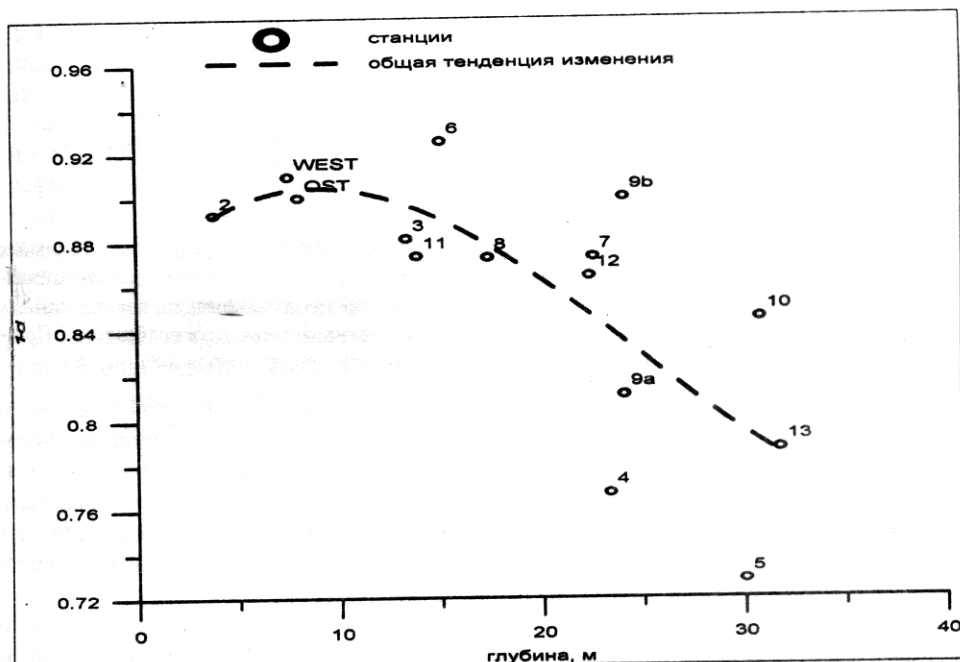


Рисунок 5. Изменение с глубиной выравненности видовой структуры микрофитобентоса, оцененной при помощи величины, обратной индексу разнообразия Бергера-Паркера (1-d)
Figure 5. Change of uniformity of microphytobenthos species structure with the change of the depth. The uniformity was estimated using the Berger-Parker index inverse value (1-d)

Выравненность видовой структуры сообществ, оцененная с помощью индекса Пиелу (E), возрастает от самых мелководных из исследованных участков ($E_{\text{ср.}} = 0,906$) до глубин 13,3 - 17,3 м ($E_{\text{ср.}} = 0,936$), а затем падает с дальнейшим увеличением глубины до 30 - 31,7 м ($E_{\text{ср.}} = 0,834$). На станции с наиболее низкой выравненностью ($E = 0,762$) в составе сообщества резко доминирует ассоциация *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia delicatissima* и *Chaetoceros curvisetus*, на долю которой приходится 69,3 % общей продукции. Кривая выравненности, полученная с использованием индекса Бергера-Паркера (1-d), ведёт себя сходным образом (рис. 4, 5).

Устойчивость сообществ исследовали АВС-методом. Установлено, что на всех 4 разрезах сообщества микроводорослей верхнего слоя осадка характеризуются довольно высокой стабильностью. Микрофитобентос на траверсе Дровяной щели характеризуется несколько меньшей стабильностью, чем в других местах. Причиной этому, на наш взгляд, может служить восстановление структуры сообщества на мелководных станциях в послештормовой период, во время которого и был отобран материал на этом участке.

1. Сапожников Ф.В. Диатомовые сообщества мягких грунтов Юго-Восточной части Печорского моря // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. - Апатиты. 2001. - С. 266 - 276.
2. Уиттеккер Р. Сообщества и экосистемы. - М.: Прогресс, 1980. - 167 с.
3. Gutelmacher B.L., Petrova N.A. Production of individual species of algae and its role in the productivity of phytoplankton in Ladoga Lake // Intern. Rev. Ges. Hydrobiol. - 1982.-67. -P. 613-624

Институт Океанологии РАН,
г. Москва

Получено 25.09.2001

F. V. SAPOZHNIKOV MICROPHYTOBENTHOS OF THE ARCHIPO-OSIPOVKA AND INAL SOFT SOILS Summary

Biodiversity and structure of bottom microalgal communities off the North Caucasus shore were studied in September 2000. 115 species and variations of microalgae were identified and 114 from them belong to Diatoms. Dominant microalgal groups were determined for the different depth levels. The data on species diversity, abundance, structure of microphytobenthic communities were obtained. The stability of microalgal communities was studied by ABC method.

БИБЛИОТЕКА

№ 5