

К вопросу о роли биогенного фактора в реседиментации осадочного материала на шельфе западного сектора Черного моря

Николай А. Айбулатов, Петко С. Димитров***

*Леонид А. Симоненко**

* *Институт океанологии, АН ОНД (Москва)*

** *Институт океанологии, БАН (Варна)*

Детализация и уточнение значения биоты в современных процессах переноса и переотложения осадочного материала в океане чрезвычайно важны для понимания геологической истории Земли. Изучение биогенных текстур и других знаков, оставленных животными в ископаемых породах имеет большое значение для воссоздания экологической обстановки той или иной геологической эпохи. При исследовании процессов размыва связанных грунтов, в частности, илистых, как правило не учитывают их обитаемости биотой и её жизнедеятельность.

Дно океана, за исключением ограниченных зараженных участков, заселено бентосными осадками. Особо велико влияние морской биоты на осадки континентального шельфа, т.к. на эту зону приходится около 80% суммарной величины донных организмов в Мировом океане. Участки шельфа, характеризующиеся низкоэнергетическими условиями процессов седиментации, видимо, находятся под определяющим влиянием бентосных организмов.

Несмотря на многие ограничения в пространстве и деятельности биоты многие исследователи (Айбулатов, Друзиц, 1986) оценивают биологичес-

кую переработку рыхлого осадка на дне океана как процесс глобального геохимического значения. Особенно ощутимо влияние этого фактора на шельфах. Степень биотурбации, превышающая 60%, часто распространяется (например на шельфе Южного Техаса) вплоть до края шельфа.

Бентосные и придонные организмы в результате своей жизнедеятельности изменяют характеристики отдельных частиц, их вертикальное распределение и, следовательно, их способность к осадению, преобразуют физико-математические свойства осадка (влажность, сопротивление сдвигу и т.п.), искажают пограничный слой потока вследствие изменения шероховатости дна. Биологическое влияние на морские осадки с точки зрения их транспорта может классифицироваться либо как связывание, либо как дестабилизация субстрата и зависит от плотности населения организмов, состава грунтов и от переноса осадков течениями.

Понимание процессов взаимодействия животных, потока и осадка может быть достигнуто путем тщательных экспериментальных работ с изолированными частями названной системы в лабораторных и натуральных исследованиях. Однако, к настоящему времени работ такого направле-

ния крайне мало, что объясняется большими техническими трудностями их проведения. Из немногих экспериментальных работ, выполненных в лаборатории и в в природных условиях, можно назвать статью Янга и Соутарда (Young, Southard, 1978), в которой исследована стратегия питания макробентосных организмов при изменении притока на дно осадочного материала. В работе Ньюэлла с соавторами (Newell, 1981) экспериментально оценены биогенные процессы, влияющие на транспорт осадков, на вовлечение в движение частиц, фекальных пеллет, на начало эрозии биологически нарушенных поверхностных осадков. В отечественной советской и болгарской литературе данное направление седиментологических исследований, к сожалению, развито слабо. Нам представляется важным и современным обратить внимание на это обстоятельство, т.к. дальнейшее более глубокое исследование процессов переотложения осадочного материала на дне морей и океанов невозможно без учета биологического фактора.

Исследование следов воздействия животных на осадки важно и для палеоокеанологических построений. При прочих равных условиях интенсивность нарушения первичных осадочных текстур возрастает в результате активности зарывающихся организмов при уменьшении скорости осадконакопления. Это лучше всего при сравнении быстро накапливающихся осадков прибрежных кос с редкими следами ходов с соседними, намного медленнее накапливающимися осадками приливно-отливной отмели, сильно биотурбированными. Биотурбация легко устанавливается в четких тонкослоистых осадках, испытавших интенсивную биотурбацию, в результате которой нарушен тонкослоистый осадок и полностью превратился в гомогенный. В последних случаях установить первичную слоистость помогает рентгеновский анализ.

Быстрое осадконакопление может быть установлено в осадочном разрезе по следам бегства, которые представляют собой вертикальные ходы, остановленные погребенными под осадком животными, когда они поднимались обратно к разделу осадок — вода.

Тонкое взаимодействие сменяющихся периодов эрозии и осадконакопления хорошо видно на ископаемых следах движения вверх и вниз, как например на V-образной формы ходах зарывающихся в грунт *Diplocraterion yoyo*. Загнутые вверх слойки (утолщения), образованные в основании трубки, отмечают последовательное положение основания хода, и вместе с эрозийными поверхностями они дают много информации о периодах эрозии и осадконакопления (Лидер, 1986).

Вследствии бентического перемешивания осадков встает проблема определения абсолютного возраста отложений. Известно, что в результате перемешивания в первых дециметрах толщи в различных её слоях абсолютный возраст подчас оказывается почти одинаков. Очевидно, что постседиментационная биотурбация осадков, способствующая смещению осей вверх и вниз по толще может при изотопных определениях абсолютного возраста отложений, привести к ошибочным результатам. Необходимо предварительное определение степени биотурбации осадка по глубине литологическими методами.

Донная фауна может влиять на процессы переотложения осадков непосредственно и косвенно. Прямой перенос осуществляется в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Косвенное влияние организмов на мобильность осадков сводится к их связывающей или деструктурирующей способности, изменению размеров частиц, преобразованию текстуры и физико-математических свойств отложений.

В последнее время экспедициях Института океанологии АН ОНД в шельфовой зоне исследуются процессы биотурбации с точки зрения устойчивости верхнего слоя отложений к разрыву течениями. В 1985 году (НИС „Рифт“ 6-ой рейс) и в 1987 на НИС „Акванавт“ (7-ой рейс) такие исследования были проведены на шельфе в западном секторе Черного моря, а несколько ранее - на североостке этого бассейна (Айбулатов, Маракув, 1982).

Донная флора шельфа в западном секторе Черного моря представлена зелеными, бурными, красными водорослями и морскими покритосемянными растениями. Из микрофитобентоса можно отме-

тить бактерии, синезеленые и диатомовые водоросли и грибы. Нижняя граница распространения растительного покрова в указанном районе по нашим данным, опускается до 95 м, глубже всех проникают красные водоросли.

В прибрежной зоне (до 10 м) развита *Cystozira barbata*, наиболее типичная для Болгарского шельфа. Биомасса видов цистозир составляет до 95% от общей массы микрофитов, продуктивность — 8 — 15, иногда до 20 kg/m^2 . Цистозира широко распространена на скалистых участках дна, на мягких грунтах (илисто-песчаных) произрастают харовые водоросли.

Морские травы распространены в мелководных заливах Варненском, Несебром, Бургаском и Созопольском. Их биомасса составляет от 0,2 до 5 kg/m^2 .

Особый интерес представляют так называемые сверлящие водоросли. Они разрушают известняки, раковины двусторчатых моллюсков и т.д. Их разрушительная деятельность более значительна по сравнению со сверлящим моллюсками.

Не совсем выяснена в биотурбации роль гетеротрофных бактерий, количество которых в поверхностном слое ила колеблется от 1522 до 3 млн. экз. в m^2 .

Зообентос на Болгарском шельфе представлен в прибрежной зоне моллюсками. *Patella pontica*, мидией, каменным крабом, многочисленными многощетинковыми червями (*Spirorbis pussilla*). На песчаных грунтах встречаются двусторчатый моллюск *Mesodesma cornea* (до 9800 экз. в m^2) и многощетинковый червь офелия. В количественном отношении самыми массовыми в прибрежной зоне являются нематоды, плотность населения их обычно равна несколькимстам тысячам в m^2 .

Биоценоз скалистого сублиторального дна (до 20 — 25 м глубиной) не имеет себе равным среди остальных биоценозов. Средняя биомасса составляет 20,9 g/kg водорослей, средняя плотность зообентоса — 654 785 экз. в m^2 .

Биоценоз песчаных сублиторали представлен ракообразными, многощетинковыми червями и моллюсками. Его плотность составляет 2576 экз. в m^2 . Особенно разнообразны полихеты, которые по плотности занимают первое место. По биомассе на первом месте стоят моллюски

(в основном *Venus gallina*).

С увеличением глубины (20 — 25 м) пески замещаются иламя, меняется и состав донной фауны. До глубин 40 — 45 м биоценоз ила относительно беден. В нем обнаружены 42 вида макробентосных животных, средняя плотность которых составляет 471 экз. в m^2 , средняя биомасса — 82,4 g/m^2 . В зависимости от состава грунтов в биоценозе преобладают те или иные виды многощетинковых червей, особенно распространены здесь лектинрия, которая строит конические трубочки из песка и раковин фораминер, искусно прикрепляя их к стенкам своего жилища. Другой типичный обитатель песчано-илистого дна — рак-упогебия (*Upogebia litoralis*) живет в вертикальных норках. Наружу он выставляет только переднюю часть вместе с первой парой сильно развитых ног, с помощью которых он взмучивает осадки.

В более заиленных местах преобладает червь мелинна (*Melinna palmata*), её плотность составляет 1800 экз. в m^2 , а биомасса 23 g/m^2 . Наиболее широко она распространена между м. Калиакра и р. Камчия.

В биоценоз мидиевого ила, наиболее распространенного в южной части Болгарского шельфа, входят около 90 видов макробентосных животных. Преобладают многощетинковый червь нефтис, моллюски мактра и синдесмия. Средняя плотность макрозообентоса в границах мидиевого биоценоза 666 экз. в m^2 , средняя биомасса — 134 g/m^2 .

Биоценоз фазеолинового ила начинается сразу за биоценозом мидиевого ила и распространяется до нижней границы распространения микробентоса в Черном море. Он ограничен глубинами 60 — 180 м. Ведущий вид биоценоза — фазеолина (*Modiola poaseolina*). В этом биоценозе обнаружено более 60 видов, из которых после фазеолины самым распространенными являются многощетинковые черви (*Terebellides stroemi*, *Neplithys lionbergi*). Видовое разнообразие этого биоценоза прослеживается только до глубины 100 м. С глубины 148 м начинается, так называемая, зона „затишья жизни“. Средняя плотность макрозообентоса в биоценозе составляет 853 экз. в m^2 , средняя биомасса — 44 g/m^2 .

Сравнение отдельных биоценозов на

Болгарском шельфе показывает, что и число видов, и плотность в биоценозе песчаной сублиторали значительно больше, чем в других биоценозах, тогда как биомасса очень близка к биомассе мидиевого ила. В создании биомассы наибольшее участие принимают моллюски, затем многощетинковые черви и ракообразные. Большое количество бентосных животных обитает на глубинах до 7 м и затем их количество быстро уменьшается.

Таким образом, по данным распределения фито- и зообентоса на болгарском шельфе можно сказать, что потенциально максимальные влияния донной биоты на переотложение осадков должно быть приурочено к верхней части шельфа, минимальное к его периферии. Кроме этого, судя по распространению биомассы по профилю, это влияние должно носить зональный (по глубине) характер.

Полевая методика проведенных исследований по воздействию биоты на осадки заключалась в детальном литологическом описании дночерпательных проб в слое 20 — 25 см, а также в изучении поверхности блока отложений, непосредственно в дночерпателе. Выполнялся послыйный отбор проб, фотофиксация наиболее интересных моментов, связанных с биотурбацией. Кроме того поверхность дна изучалась из подводного аппарата „Аргус“ и с помощью подводного фотогафирования.

Из конкретных задач при исследовании этого явления решались следующие: а) исследование форм воздействия донной биоты (включая и инфууну) на осадки шельфа; б) определение связывающей и разрушающей деятельности донной биоты на осадки в различных частях шельфа; в) определение глубины воздействия живых организмов на осадки; г) изучение биогенных текстур в толще отложений; д) исследование вертикального и продольного переноса осадочного материала по дну и в толще отложений живыми организмами; е) пространственная характеристика процессов биотурбации на шельфе, анализ связи этих процессов с S_{org} , гранулометрическим составом осадков, содержанием O_2 и H_2S ; ж) выявление возможного использования данных по биотурбации при исследовании процессов осадконакопления и при инженерно-геологических изысканиях на шель-

фе. Перечисленный круг задач решался с разной степенью детальности из-за отсутствия полной и достоверной информации. Тем не менее мы попытались ответить на поставленные вопросы на уровне, на котором позволили собранные материалы. Сама же постановка таких вопросов для шельфа западного сектора Черного моря сделана впервые и поэтому литературы нет.

Исследование воздействия донной биоты (включая инфууну) на осадки в зоне шельфа указанного района позволяют выделить скрепляющее, связывающее действие биоты на осадки и разрушающее. Скрепляющее (от донной эрозии) действие оказывают водоросли, которые распространены вплоть до континентального склона, биоценозы различных моллюсков и полихеты (рис.1-а, б). Последние имеют двойное значение и их влияние определяется диаметром трубок и их количеством на единицу площади (А й б у л а т о в, Д р у ш и ц, 1986).

Водоросли своими корневищами скрепляют осадки. Кроме того морская растительность способна гасить скорость течений и уменьшает энергию волн. Заросли некоторых водорослей уменьшают энер-



Рис.1. Характер поверхности дна шельфа в западном секторе Черного моря

а — друзы мидий на глубине 61 м по траверсу м. Калиакра; б — бrunные водоросли на выравненном дне, глуб. 80 м; в — палочки полихет на илистом дне, глу. 60 м

гию волн до 90% на участке пробега всего лишь 20 м. Стабилизирующей эффект морской травы особенно четко заметен по усилению эрозии осадков после её удаления. Так, например, исчезновение травы на маршах вследствие нефтяного загрязнения увеличивает эрозию в 24 раза по сравнению с ненарушенной зоной. Интенсивная корневая система сосудистых растений связывает осадок и увеличивает сопротивление сдвигу до 2 — 4 раз. Кроме того, во время сильных штормов, отрываясь от дна, они нередко образуют в прибрежной зоне своеобразные фитогенные аккумулятивные формы шириной несколько десятков метров, выполняя роль своеобразной берегозащиты.

Плотные популяции трубковой фауны могут стабилизировать мобильный осадок, увеличивать отложения мелких частиц. Действие скоплений трубок можно сравнить с ролью арматуры в железобетонных конструкциях: чем их больше, тем более устойчив осадок к внешним воздействиям. Однако, отдельные редкие трубки, наоборот, способствуют эрозии осадка,

Связующим агентом морских осадков являются микроорганизмы, которые расщепляют и растворяют органическое вещество осадка, выделяя полисахариды. Следствием функционирования бактерий является увеличение размеров частиц, заполнения промежуточных пустот вязкой жидкостью, образование защитной пленки и агглютинирование мелких частиц в хлопья. В глубоководных областях из-за уменьшения содержания кислорода и затруднение дыхательных процессов, по видимому влияние микробов на устойчивость осадка уменьшается.

Кроме связывающего воздействия биоты на осадки процесс биотурбации заметно увеличивает пористость, которая может достигать 92% (R o a d s, Y o u n g, 1970). Это приводит к уменьшению модуля сдвига с 4 и скорости волны сдвига в 1,8 раза (R i c h a r d s o n, Y o u n g, 1980). В конечном счете это приводит к изменению критической скорости потока, при которой начинается перемешивание и перемещение частиц. Это хорошо показано Б р е х о в с к и х с соавторами (1988) при исследовании влияния жизнедеятельности малощетниковых червей (*Oligochaeta*) на

транспорт взвешенных осадков. Увеличение численности червей приводит к заметному сдвигу критической скорости потока в сторону уменьшения (до 0,08 — 0,09 м/с). Приведенные авторами экспериментальные данные говорят о том, что в присутствии микробов величины касательных напряжений на поверхности данных отложений могут снижаться примерно на порядок, что соответствует уменьшению величины размывающей скорости, по крайней мере, в 2-3 раза.

Одной из важнейших характеристик биотурбации осадка является глубина воздействия живых организмов на отложения. Величина перерабатываемого детрита фагами доступного для питания слоя определяется десятками сантиметров, в приконтинентальной евтрофной области, соответствующей зоне приконтинентального седиментогенеза, сантиметрами в океанской и экваториальной эвтрофной областях, соответствующих гумидным зонам пелагического, и миллиметрами в олиготрофных областях, соответствующих аридным зонам пелагического седиментогенеза.

В условиях Черного моря толщина слоя переработки осадков инфауной определялась ранее на северо-восточном шельфе и составила там величину порядка 10 — 15 см (А й б у л а т о в, М а р а к у е в, 1982). На шельфе Болгарии на всем протяжении этот слой был определен в указанных экспедициях (рис.2—а). Глубина видимого слоя биотурбации отложений в западном секторе Черного моря варьирует от первых миллиметров до 21 см. Очевидно что более интенсивному биогенному воздействию подвержены осадки средней части шельфа с глубинами 50 — 80 м. Именно на эту часть шельфа приходится максимум биотурбации осадков, достигающей 21 см. В сторону берега его толщина уменьшается до 3 — 15 см, иногда до нескольких миллиметров. На периферической части шельфа величина слоя биотурбации также падает. Исключение составляет разрез м. Калнакра, где этот параметр в указанной зоне шельфа достигает 17 см.

Глубина биотурбации вдоль шельфа также неравномерна, Максимального зна-

чения она достигает на участках с повышенным выносом осадочного материала на шельф.

Сопоставление данных по толщине би-

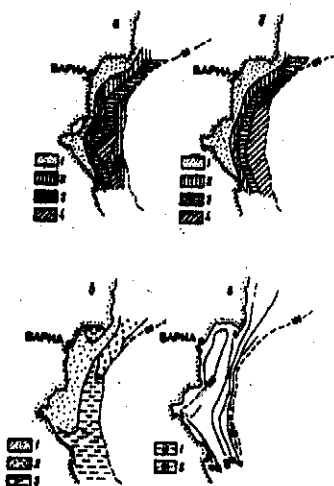


Рис.2. Толщина биотурбированного слоя (а), распределение C_{org} (б), гранулометрический состав поверхностных отложений (в) и скорость осадконакопления (г) на болгарском шельфе

а: 1 — до 5 см; 2 — от 5 до 10 см; 3 — от 10 до 15 см; 4 — от 15 до 20 см; б: 1 — менее 0,5%; 2 — 0,5 — 1%; 3 — 1 — 1,5%; 4 — от 1,5 до 2%; в: 1 — более 0,1 мм; 2 — 0,1 — 0,01 мм; 3 — от 0,1 до 0,005 мм; г: 1 — см в тыс. лет; 2 — изобаты

отурбированного слоя, содержанию C_{org} , гранулометрии поверхностного слоя осадка и скоростям осадконакопления на болгарском шельфе (рис.2). показывает, что эти характеристики тесно связаны между собой (Нефтегазогенетические..., 1984; Геолого-геофизические..., 1980). Очевидно, что толщина биотурбированного слоя в зоне крупнозернистых осадков в верхней части шельфа минимальна, наиболее значительна она в средней части шельфа, где осадки представлены алевроитовыми, известковистыми илами. Сопоставление величины биотурбированного слоя с содержанием C_{org} показывает, максимумы этих величин не совпадают. Очевидно, что чем больше в грунте органических веществ, тем медленнее происходит его переработка, т.е. грунт медленнее пропускается через кишечник, что отмечает и Ни-

кольс (N i s k o l s, 1977). Несовпадение толщины биотурбированного слоя осадков с количеством C_{org} на периферии шельфа возможно связано также с притоком сюда вод, содержащих H_2S .

Изменение величины биотурбированного слоя вдоль шельфа зонально. Зоны протягиваются, в основном параллельно изобатам кроме участка, приуроченного к Бургасскому заливу. Здесь отмечается максимум биотурбации и приближение зоны максимального значения биотурбации к берегу, что связано со значительным выносом осадочного материала из Бургасского залива.

Текстурные особенности верхнего слоя осадков на шельфе Болгарии связаны с жизнедеятельностью донной биоты и инфавны. Первые верхние 4 — 8 см толщи осадка пронизанны трубочками полихет диаметром 2 — 3 см, долиной в среднем 4 — 6 см, редко 13 см. Трубочки ориентированы вертикального. Над поверхностью дна они возвышаются на несколько миллиметров. Их количество на единицу площади (1 dm^2) на разных глубинах неодинаково и варьирует от 3 до 30 штук. Распространение трубочек полихет связано с глубинами до 70 м, максимум их приходится на заливы.

Ниже по толще, начиная с 8 — 10 см слой отложений сильно нарушен ходами червеобразных. Диаметр ходов до 4 мм, длина до 10 см. Ходы вертикальной и горизонтальной направленности. Внутренние стенки полых ходов окрашены в темный (от органики) цвет. Однако нередко ходы с живыми формами червеобразных. Кроме того в верхней части шельфа в толще илов встречаются вертикальных ходы, сделанные мидиями; диаметр ходов 1,2 см, длина до 12 см. Эти ходы имеют выход на поверхность дна. Можно привести одно из характерных описаний верхней части осадка, свидетельствующего о значительной роли донной биоты в формировании текстуры отложений.

М. Колокита (разрез 9, ст.51, глубина 82 м)

0 — 0,2 см. Ил желтовато серый, полужидкий, с трубочками полихет (несколько экз. в dm^2).

0,2 — 13 см. Ил зеленовато-серый, але-

вритовый, с ходами червеобразных организмов преимущественно горизонтальной ориентировки и примесью ракушечного материала (до 15%). Граница отчетливая.

13 — 14 см. Ракуша заиленная, состоящая из раковин *Mytilus* и *Gastropodas* размером до 1 см. Граница отчетливая.

14 — 17 см. Ил зеленовато-серый, алевроитовый с детритом и отдельными створками раковин.

Нижней границей биотурбации часто служит слой, обогащенный ракушечным материалом. При его отсутствии глубина биотурбации значительно меньше и может достигать более 20 см. Очевидно, что вертикальный перенос осадочного материала в толще отложений шельфа Болгарии происходит в 20-сантиметровом слое. В этом случае частицы переотлагаются как сверху вниз, так и обратно. В горизонтальной плоскости длина ходов достигает 10 — 20 см, в этих же пределах, очевидно, и происходит перенос частиц вдоль слоя.

Таким образом установлено, что верхний 4 — 8 см слой отложений шельфа Болгарии достаточно хорошо скреплен растительностью, трубками полихет, биоценозами различных моллюсков, живых и отмерших. Следующий за ним слой 8 — 21 см наоборот, сильно деструктирован

ходами червеобразных. Образующиеся пустоты в нижнем слое не оказывают влияние на скорость эрозии илистых поверхностей, но могут приводить к просадкам грунта при уплотнении, понижая при этом гипсометрический уровень поверхности шельфа. Кроме того, в этом слое может создаваться повышенная обводненность, которая при определенных уклонах может приводить к оползанию верхнего слоя, проникновению частиц с поверхности дна до 25 см вглубь грунта и усложнить картину стратификации, что весьма существенно при радиологических определениях абсолютного возраста отложений.

Оценивая в целом роль донной биоты в переотложениях осадочного материала на шельфе Болгарии можно сказать, что в основном, её роль сводится к стабилизации верхнего слоя осадков от размыва волновыми движениями воды и течениями. Это подтверждается материалами подводного фотографирования дна и подводными наблюдениями. При погружениях на подводном обитаемом аппарате „Аргус“ на траверсе м. Калиакра, где скорости течений на глубине 50 — 60 м достигают величины 100 м/с, обнаружилось, что известные там гряды (высота 0,5 — 0,6 м, ширина 7 — 10 м), протягивающиеся с се-

Т а б л и ц а 1. Биогенные мезо- и микроформы донного рельефа западного сектора Черного моря

Зона шельфа	Глубина, м	Осадки	Характерные формы мезорельефа	Характерные формы микро-рельефа
Верхняя часть шельфа	0-30	пески, детрит, илы, выходы коренных пород	выходы пластов ракушечных изометричных литификатов на песчаных полях	конусы с отверстиями, следы раков-отшельников, рапанов и др. колонии мидий в виде отдельных друз, отверстия без конусов от полихет и мидий
Средняя часть шельфа	30-80	пески, известковистые и алевроито-глинистые илы	гряды и холмики, скрепленные колониями мидий	бугристая поверхность, закрепленная отдельными друзами мидий, ноздреватая, пемзообразная, усыпанная мелкой ракушей поверхность, присыпанная наилком, следы трубок, полихет (до 29 шт. на dm ²), редкие формы филофоры, образующие бугорки на поверхности
Нижняя часть шельфа	80-100	известковистые и алевроитово-гл. илы, языки грубозернистых материалов с биоог. примесью		монотонная, ровная поверхность, ноздреватая, усыпанная мелкой ракушей, трубочки полихет (до 20 на dm ²), кустики филофоры

вера на юг, обязаны скрепляющему воздействию биоценоза мидий, которые на этих грядах располагаются в виде отдельных друз и занимают около 30 % площади (рис. 1 — а). Между грядами они отсутствуют и поэтому там происходит размыв грунта, который и подерживает существование самих гряд.

Скрепляющее воздействие на грунт оказывают также и створки отмерших форм мидий, кардиумов, фазеоли и т. д. Это хорошо просматривается на протяжении всего шельфа в том числе и на его внешней части (А й б у л а т о в и др., 1988).

В результате жизнедеятельности донной биоты на дне возникает целый спектр различных микроформ рельефа (табл. 1), который способствует турбулизации воды в придонном слое. В верхней части на глубинах 15 — 25 м по данным подводных наблюдений широкое развитие имеют конусы высотой 2 — 3 см с отверстиями на вершине диаметром 0,5 см. Из них время от времени происходят выбросы осадочного материала на высоту нескольких сантиметров. Конусы (вулканчики) отличаются от остального окружающего фона темносерым цветом. В этой же зоне отмечаются многочисленные следы рапан и раков-отшельников. Последние непрерывно находятся в движении, оставляя после себя следы на дне, имеющие вид замысловатых нероглифов. Нередки отверстия диаметром 10 — 12 мм, сделанные мидиями, в поисках пищи они проникают в толщу илов на 7 — 10 см. Эти наблюдения выполнены близ м. Эмие в районе б. Кокетрайс, близ Камчи. На Варненском валу (глуб. 20 — 23 м) количество отверстий роющих животных составляет от 2 до 5 dm^2 площади дна.

В средней части шельфа (глуб. 30 — 80 м), где осадки представлены известковистыми и алевроитово-глинистыми глинами, дно представляет собой бугристую поверхность, закрепленную на ряде участков (траверс м. Калиакра) отдельными друзами мидий, а в остальных случаях — это ноздреватая, пемзообразная поверхность, усыпанная мелкой ракушей присыпанная илом со следами трубок полихет (до 24 экз. в dm^2), с редкими ветками филлофры, которые образуют в целом бугорчатую поверхность.

На Варненском участке микрорельеф дна представляет собой слегка бугристую поверхность, с отдельными скоплениями целых раковин и фазеолинового детрита. Можно отметить, по крайней мере три микрорельефа этой зоны: участки с бугорчатой поверхностью, свободной от наилка, с активной биотурбацией, с гладкой поверхностью. Небольшие бугорки-холмики светлого детрита в диаметре 5 — 10 см выделяются на рыжеватом фоне остального дна. Важной деталью этих участков является значительное содержание цельных раковин на поверхности дна, которые „бронируют“ его от размыва. Вторая важная деталь дна в данном месте — наличие на этой броне „хлопьевидных“ небольших водорослей (3 — 4 см), которые все время находятся в движении под влиянием течений. В результате создается своеобразная мохнатая поверхность дна шельфа.

Биогенные формы рельефа представлены отверстиями полихет, канавками, округлыми неглубокими ямками, пятнами детрита. Диаметр отверстий составляет до 1 см, ямки — 30 см, канавки шириной 1,5 — 2,0 см и длиной около 20 см.

В зоне внешней террасы шельфа характер микроформ донного рельефа и донных ландшафтов резко меняется. На глубине 105 м пропадают водоросли и на илистой сильно обогащенной ракушечным материалом поверхности появляются рифели течений, ориентированные по направлению основного потока Черноморского течения. Поверхность „бронированна“ крупными створками отмерших мидий, обращенными горбами вверх, заметных следов биотурбации в этой зоне не отмечается.

Таким образом, на шельфе западного сектора Черного моря воздействие биогенного фактора в осадконакоплении сводится к скрепляющему и деструктурирующему воздействию на осадок живых и отмерших организмов. Кроме того донная биота может непосредственно переносить частицы в вертикальной и горизонтальной плоскости. Главные биоценозы, принимающие участие в указанном процессе: биоценоз филлофоры, цистозиры, мидий фазеолины, полихеты, червеобразные. Величина перерабатываемого слоя осадков варьирует от первых миллиметров до 21 см. Прямой перенос твердого вещества кифа-

уной осуществляется в пределах верхнего слоя осадков величиной 20 см. Наиболее интенсивному биогенному воздействию подвержены осадки средней части шельфа (глуб. 50—80 м). В сторону моря этот процесс затухает быстрее, чем по направлению к берегу. Интенсивность биотурбации (по мощности слоя переработки) вдоль шельфа неравномерна. Максимального значения этот процесс достигает на участках с повышенной поставкой осадочного материала от берега (Бургасский залив, к югу от р. Камчия). По биогенным текстурам слой 0—20 см подразделяется на: а) поверхностный слой 0—8 см с широким распространением трубок полихет, мидий, фазеолин, корневищ водорослей; б) подповерхностный слой (8—20 см), нарушенный разноориентирован-

ными ходами червеобразных.

В дальнейших исследованиях предстоит уточнение на количественной основе зависимости между интенсивностью биотурбации осадков, составом и скоростью их накопления. Сейчас же очевидно, что донная биота на шельфе коренным образом влияет на физико-махиические свойства илистых грунтов, изменяет величины размывающих скоростей формирует свои текстуры и микрорельеф, который, в конечном счете влияет на гидродинамику донного пограничного слоя и динамику твердого вещества.

В заключении авторы приносят благодарность ст. научному сотруднику ИО АН З. Т. Новинковой в участии при описании осадков.

Л и т е р а т у р а

Айбулатов, Н. А., В. И. Маракучев. 1982. Литодинамика и биотурбация осадков на северо-восточном шельфе Черного моря (по данным подводной фотографии). — В: Проблемы геоморфологии, литодинамики и литологии шельфа. М., Наука, 168—182. Айбулатов, Н. А., В. А. Друшиц. 1986. Донная фауна как динамический фактор в перераспределении осадков на шельфе. — Изв. АН СССР, сер. Геод., №6, 52—62. Айбулатов, Н. А. и др. 1988. Исследование мезо- и микроформ донного рельефа шельфа с помощью обитаемых и необитаемых аппаратов. — Океанология (С.), 19. Бреховских, В. Ф. и др. 1988. Влияние бентоса на размыв донных отложений. — Водные ресурсы, №3, 103—109. Геолого-геофизические исследования Болгарского сектора Черного моря, 1980. С., БАН, 318 с. Нефтегазогенетические исследования Болгар-

ского сектора Черного моря. 1984. С., БАН, 290 с. Лидер, М. Р. 1986. Седиментология. М., Мир. 439 с. Черное море. 1983. Л., Гидрометеиздат. No-well, A. R. M., R. A. Jumars, J. E. Eckman. 1981. Effect of biological activity on entrainment of marine sediments. — Mar. Geol., 42, No 1-4, 133-153. Nicols, F. N. 1977. Sediment turnover by a deposit-feeding polychaeta Limmol. — Oceanogr., 19, No 6, 945-950. Rods, D. C., D. K. Young. 1970. The influence of deposit-feeding organisms on sediment stability and community tropic structure. — Mar. Res., 28, 150-178. Richardson, M. D., D. K. Young. 1980. Geoacoustic models and models and bioturbation. — Mar. Geol., 38, No 13, 205-217. Young, D. K., J. B. Southard. 1978. Erosion of fine-grained marine sediments: sea-floor and laboratory experiments. — Geol. Soc. Amer. Bull., 68, No 5, 663-672.

On the role of the biogenic factor in the resedimentation of the sediment material on the shelf of the West Black Sea sector

Nikolay A. Ayboulatov, Petko S. Dimitrov, Leonid A. Simonenko

(Summary)

A characteristic feature of the Black Sea basin is its exclusive rate of biogenic sedimentation which finds its direct reflection in the sedimentation process. A special role in the material transformation in the shelf conditions are playing the benthos flora and

fauna.

It has been noticed that the impact of the biogenic factor is reduced to a consolidating and destructuring influence on the bottom sediments. Besides, the bottom organisms can transfer particles in vertical and horizontal

directions. The thickness of the reprocessing layer varies from several mm up to 21 cm and is different for the shelf zones.

In conclusion, the considerable contribution of the bottom organisms is emphasized which paay influence on the phy-

sico-mechanical properties¹ of the sediments, determine the washout speeds and from specific structural and texture shapes. They to a great extent determine also the specific regimen in the bottom layer.

Поступила 12.05.1989 г.