

202

РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи



ДЕНИСОВ Валерий Иванович

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ
ВЗВЕШЕННОГО МАТЕРИАЛА
НА ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ**

11.00.01. - физическая география, геофизика и геохимия
ландшафтов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Ростов-на-Дону
1998

11

Работа выполнена на кафедре физической географии, экологии и охраны природы Ростовского государственного университета.

Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, профессор Ю.П.ХРУСТАЛЕВ

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор, действительный член Нью-Йоркской Академии Наук, зав. лабораторией изотопного мониторинга качества вод гидрохимического института Росгидромета Ю. А. ФЕДОРОВ

кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией геологии внутренних морей и предокеана Южного отделения Института Океанологии РАН К. М. ШИМКУС

Ведущая организация: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (г. Ростов-на-Дону)

Защита состоится " 08 08 1998 г. в 1230 часов на заседании специализированного диссертационного совета при Ростовском государственном университете, 344090, г. Ростов-на-Дону, факультет, ауд. 210

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке

Автореферат разослан " 08 08 1998 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, к.г.н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследование процессов поступления и трансформации осадочного материала, изучение глобального круговорота вещества литосферы на шельфе морей является одним из направлений международной программы JGOFS. Освоение шельфа для целей марикультуры вызвало необходимость изучения вещественного и химического состава взвешенного вещества в прибрежной зоне. Процесс выноса осадочного материала с береговой зоны на большие глубины, по мнению многих ученых, по-прежнему остается неясным, практически отсутствует информация о вертикальных потоках седиментационного вещества в пределах шельфа. Недостаточно изучена трансформация взвеси при прохождении ее от устьев рек до глубоководной части шельфа. Невыявлена в полном объеме роль бентоса в биоседиментации и изменении химического состава взвешенного вещества шельфа. Активизация промышленной и рекреационной деятельности в прибрежных районах Черного моря при отсутствии жесткого контроля приводит к росту потоков загрязняющих веществ на шельфе. В связи с этим, возникает необходимость изучения твердой фазы продуктов техногенеза и определения количества их поставки в донные осадки (аккумуляцию).

Фундаментальные и прикладные аспекты поставленных проблем определяют актуальность избранной темы исследования.

Цель и задачи работы. Целью работы является выявление основных закономерностей и особенностей образования и трансформации взвешенного вещества шельфовой зоны Черного моря.

В задачи работы входило:

1. Изучить вещественный состав взвеси.
2. Выявить роль основных источников поступления взвешенного материала и оценить их вклад для отдельных регионов шельфа.
3. Рассмотреть временную и пространственную изменчивость концентраций взвешенных веществ в водной толще.
4. Определить вертикальные потоки вещества и интенсивность осаждения седиментационного материала; выявить зависимость интенсивности поступления осадочного материала от глубины и удаления от берега.
5. Произвести оценку химического состава взвеси.

6. Определить степень биогенной трансформации вещественного состава взвеси, потребляемой в пищу культивируемыми моллюсками в районах марихозийств;

7. Изучить антропогенную составляющую взвешенного материала, поступающую на шельф моря.

Исходные материалы и методы исследования. В основу диссертации положены материалы комплексных биогеохимических исследований шельфовой зоны Черного моря от устья Дуная до Батуми (шельф бывшего СССР) в диапазоне глубин от уреза воды до 100 м. В период 1985-1992 гг. было проведено 18 морских экспедиций в исследуемой части шельфа, а также 16 экспедиций берегового базирования для работ на малых глубинах в береговой зоне, лиманах, устьях рек и на объектах марихозийств, в которых участвовал автор. Экспедиционные работы проводились ежегодно по сезонам в следующих районах: северо-западная часть (1980-1993 гг.), устье р. Дунай (1987-1989 гг.), устье р. Днепр (1987-1989 гг.), Днепровско-Бугский лиман (1981, 1987 гг.), устье р. Южный Буг (1987-1989 гг.), гирло Днестровского лимана (1981, 1987 гг.), районы банок мыса Тарханкут (Межводное, Тетис-1, Тетис-2) (1986-1990 гг.), Керченский пролив и предпроливье (1986-1990 гг.), бухта Судакская (Крым) (1987-1991 гг.), а также на 11 полигонах восточного шельфа от Тамани до устья р. Ингури (с. Анаклиа): Тамань, Утриш, Южная Озереевка, Мысхако, Геленджикская бухта, Пшада, Новомихайловка, Хоста-Адлер, Пицунда, Гудаута, устье Ингури в период 1986-1991 гг.

Экспедиционные работы включали отбор проб взвеси (фильтрацией на нитроцеллюлозных мембранных и ядерных ультрафильтрах), вертикально оседающего материала методом седиментационных ловушек (СЛ), пеллетного материала культивируемых мидий, золотой взвеси, планктона (тотального), бентоса (основных видов), донных осадков.

В результате проведенных полевых работ было отобрано и подвергнуто различным видам анализов около 2500 проб взвеси на фильтрах, 153 пробы взвешенного материала (методом седиментационных ловушек), 36 проб аэрозолей (вертикально оседающей пыли и методом фильтрации), более 500 проб донных осадков, около 80 - планктона, 800 - мидий (тел и створок), около 150 - основных видов бентоса шельфа.

В лабораторных условиях выполнены следующие виды работ:

- определены концентрации морской взвеси и аэрозолей;

- рассчитаны вертикальные потоки вещества, полученные методом СЛ и интенсивность осаждения седиментационного материала на шельфе;

- проведено микроскопическое изучение вещественного состава морской взвеси в иммерсионных препаратах, а также на сканирующем электронном микроскопе;

- морская взвесь исследовалась химическим силикатным методом, определено содержание органического углерода методом сжигания образцов, микрокомпонентный состав определялся рентгено-спектральным флюоресцентным и спектрально-эмиссионными методами;

- микроэлементы аэрозолей определялись методами атомно-абсорбционного и спектрально-эмиссионного анализов;

Автор принимал участие в проектировании и изготовлении научного оборудования, в экспедиционных и экспериментальных работах, написании отчетов по НИР. В работе использованы данные 3-х съемок прибрежных акваторий кавказского шельфа с ИСЗ "К-1939" и гидрометеорологические данные, любезно предоставленные Ю.Ю.Ткаченко.

Научная новизна работы

1. Исследован вещественный состав взвеси шельфа.

2. На основании сочетания главных компонентов взвешенного материала определены вещественно-генетические типы взвеси, выделены основные провинции исследуемой части шельфа: Северо-Западная, Крымская, Керченско-Таманская, Северо-Восточная (включающая Утришскую и Новороссийско-Сочинскую субпровинции) и Восточно-Черноморская.

3. Изучены особенности пространственного распределения взвешенного материала в исследуемых регионах шельфа и их взаимосвязь с источниками поставки седиментационных веществ.

4. Произведена попытка натуральных измерений вертикальных потоков аэрозолей на поверхность моря; рассчитано количество золотого материала, поступающего с суши на акваторию шельфа при различных ветровых ситуациях.

5. Получены количественные характеристики вертикальных потоков оседающего материала в диапазоне глубин 4 - 50 м прямыми измерениями методом седиментационных ловушек; рассчитана интенсивность осаждения седиментационного вещества в различных природных зонах изучаемой части шельфа моря и определены зависимости этих величин от глубины и удаления от берега.

6. Исследован макро- и микрокомпонентный состав осадочного вещества и выявлен нелинейный характер изменения концентраций химических элементов взвеси по мере увеличения глубины и прохождения седиментационного материала через серию барьерных зон шельфа.

7. Произведена оценка степени биологической трансформации вещественного состава взвеси, потребляемой в пищу культивируемыми мидиями в районах марихозяйств.

8. Изучена антропогенная составляющая взвешенного материала в районе шельфа.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Вещественный состав взвешенного материала черноморского шельфа характеризуется чрезвычайным разнообразием. По доминирующим в его составе компонентам взвесь относится к терригенному или переходному типам. Терригенный тип взвеси характерен для мелководных районов шельфа и устьевых областей рек. Переходный тип взвеси (при преобладании терригенной составляющей) встречается в районах с повышенной биопродуктивностью.

2. По условиям седиментогенеза и вещественно-генетическим признакам взвешенного материала, шельф Черного моря можно подразделить на регионы с влиянием гумидного климата - Северо-Западная провинция, семиаридного климата - Крымская, Керченско-Таманская и Северо-Восточная провинции, и влажного субтропического климата - Восточно-Черноморская провинция.

3. Черноморский шельф по интенсивности аккумуляции и содержанию взвеси в водной толще относится к лавинному типу седиментации. Причем максимальные значения тяготеют к предустьевым областям рек северо-западного участка шельфа. Наиболее интенсивный вертикальный поток осадочного материала осуществляется в Северо-Западной, Керченско-Таманской и Восточно-Черноморской провинциях.

4. Периодические изменения условий седиментогенеза на черноморском шельфе, обусловленные неравномерным поступлением осадочного вещества, колебаниями биопродуктивности и рядом других природных факторов, предопределяют изменение как вещественного состава взвеси, так и количественных ее показателей.

5. Черноморский шельф, особенно его северо-западная часть, характеризуется активным участием биоса в осаждении и распределении взвешенного материала, прямым влиянием биогенного фактора на

концентрацию и рассеяние химических элементов, внося определенные коррективы в ход механической седиментации.

6. Осадочный материал, поступающий в глубоководную часть, проходит серию биогеохимических барьеров шельфовой зоны. При этом изменение химического состава седиментационного вещества происходит нелинейно в зависимости от глубины.

Практическая значимость. Результаты исследований использованы в отчетах по научно-исследовательским работам в период 1985-1994 гг. такими организациями, как ВНИРО, ЮгНИРО (Керчь), АзНИИРХ, КрасНИИРХ, ВНТК "Мидия" и "Марипоиск" для рационального размещения мидийных носителей при создании марихозяйств.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены и обсуждены на 29-м Всесоюзном гидрохимическом совещании (Ростов-на-Дону, 1987г.), на Втором Всесоюзном совещании "Современные методы морских геологических исследований" (Москва, 1987г.), на Всесоюзной конференции "Искусственные рифы для рыбного хозяйства" (Москва, 1987г.), на 3-й Всесоюзной конференции по географии и картографированию океана (Ленинград, 1987г.), на Всесоюзном совещании "Геоморфо" (Казань, 1988г.), на Всесоюзной конференции по рыбохозяйственной токсикологии (Юрмала, 1988г.), на Всесоюзном совещании по ландшафтам (Львов, 1990г.), на 8, 9, 10 и 12 Всесоюзных и Международных школах по морской геологии (Геленджик, 1988, 1990, 1992 гг., и Москва 1997 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 299 страницах машинописного текста, содержит 160 рисунков, 39 таблиц. Список литературы включает 175 наименований. Основные положения диссертации опубликованы в 12 работах.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю - д.г.-м.н., профессору Ю.П.Хрусталеву. Большая помощь в аналитических исследованиях была оказана д.г.-м.н., профессором А.Ю.Митропольским и другими сотрудниками ИГН АН Украины. На всех этапах работы постоянно оказывалась поддержка начальником отдела СОИ КЦГМС Росгидромета Ю.Ю.Ткаченко. Автор приносит им искреннюю благодарность.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ. Обосновывается актуальность темы исследований. формулируется цель и задачи работы, описываются исходные материалы

и методы проведения работ рассматриваются научная новизна и практическая значимость работы. Формулируются защищаемые положения.

Глава 1. "Краткая физико-географическая характеристика района исследований" посвящена описанию региона, который включает в себя пространство шельфа от уреза воды до глубины 100 м между дельтой р. Дунай и устьем р. Ингури.

Приведены сведения о строении водосборного бассейна, рассмотрены морфометрические особенности исследуемой части шельфа, охарактеризована морфология и геологическое строение берегов Черного моря. Водосборная площадь северо-западной части в основном находится в поясе умеренно-гумидного климата (Страхов, 1954). В районах степного Крыма, Керченского п-ва и северо-восточного побережья Кавказа климатический режим ближе к аридному, тогда как на территории восточно-черноморского побережья - преимущественно влажный субтропический. Эти климатические различия нашли отражение в количестве поставляемого реками осадочного вещества. Несмотря на значительные климатические различия, в бассейне Черного моря господствует гумидный тип седиментогенеза (Страхов, 1954).

Приведен краткий анализ ветрового режима над шельфом моря, который определяется в основном местоположением, взаимодействием и изменением интенсивности областей высокого и низкого давления. Длительность действия сильных (10-15 м/с) ветров, дующих с суши составляет в среднем за год для Северо-Западного района - 80.2 сут, Крымского - 89.4, Керчь-Туапсинского - 70.1 сут. Важную роль в эоловом выносе осадочного материала в море играет бризовая циркуляция, повсеместно отмечаемая в Крыму и северо-восточном шельфе, сильные и особо сильные ветры, дующие с суши.

Глава 2. "Основные источники поступления седиментационного материала" включает в себя обзор литературных сведений о количественном поступлении осадочного вещества в Черное море за счет твердого стока рек, абразии берегов и дна, эолового привноса и биопродукции. В последние десятилетия важной составляющей является антропогенный материал.

Твердый сток всех рек бассейна рассчитывался различными авторами (Бабинец, 1981; Мандыч, 1967; Хмаладзе, 1978; Шуйский, 1979; Izdar et al., 1987 и др.) и составляет в среднем 129.121 млн.т/год. По

расчетам А.П.Лисицына (1977, 1978, 1988), на шельфе вместе с устьевыми областями осаждается 92.2% речного аллювия. Шельф моря вместе с дельтами, лиманами и устьевым взморьем рек, таким образом, аккумулирует около 119.050 млн.т/год твердого стока рек. Проникающее в пелагиаль Черного моря осадочное вещество, составляет (по нашим подсчетам) порядка 10.071 млн.т/год. Особенностью поступления речного стока на шельф является неравномерность (асимметрия): максимальное количество речного аллювия поступает на северо-западный шельф (около 62%), реки Кавказа поставляют порядка 23% и реки Турции - 13% всего твердого стока. Остальные области (Крым, Болгария, Румыния) дают вклад менее 2%.

Абразивный материал всего шельфа (с размером частиц < 0.1 мм) оценивается в 62.90 млн.т (Шуйский, 1981, 1986). По мнению Н.А.Айбулатова (1989, 1990), А.П.Лисицына (1978, 1988), Ю.Д.Шуйского (1986) до 90% абразивного материала осаждается на шельфе, что составляет около 56.61 млн.т/год. Пелагиали достигает порядка 6.29 млн.т/год.

Эоловый привнос на исследуемую акваторию шельфа Черного моря составляет по нашим расчетам 8.382 млн.т/год, при этом в глубоководную (более 100м) часть моря выносятся около 11.647 млн.т/год. Расчет количества аэрозолей, поставляемых сильными (10-15 м/с), особо сильными (>15 м/с) ветрами, бризами и гравитационным осаждением на исследуемую часть шельфа, произведен на основе натуральных данных. Поставка на шельф только терригенного материала тремя основными источниками: речным стоком - 119.050 млн.т/год, абразией берегов - 56.61 и эоловыми выносами - 8.382 млн.т/год суммарно составляет 184.042 млн.т/год. Без вклада автохтонной органической продукции средний вертикальный поток вещества в диапазоне глубин 0-100 м составляет 4.97 г/м² сут, что соответствует 756 Б (мм/1000 лет).

Основное количество *органического материала* производится фитопланктоном (около 168.5 млн.т/год). При этом в зоне шельфа продуцируется не менее 60% первичной продукции (около 101.1 млн.т/год сухого вещества тотального планктона). Продукция зообентоса приближенно оценивается в 10.9 млн.т/год в сухом весе (Моисеев, 1969). Биопродукция фитобентоса составляет 2.4 млн.т/год (Моисеев, 1969). Таким образом, ежегодно на шельфе продуцируется 114.5 млн.т органического вещества. Большая часть продукции планктона (около

66%) уходит в пищевые цепи, определенная часть подвержена растворению и минерализации (Лисицын, 1983); осаждается на дно около 15-20 % первичной продукции (Лебедева, Востоков, 1984), в донные осадки, по другой оценке (Скопинцев, 1975) переходит около 15% органического вещества. В донные осадки шельфа (исходя из балансовых расчетов) переходит около 22.9 млн.т/год органического вещества первичной продукции, что составляет, в среднем, $0.62 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$ потока биогенного вещества. Вертикальный поток осадочного материала с учетом биогенной поставки для шельфа оценивается в $5.59 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$. Оценка суммарного органического вещества вертикальных потоков, произведенная нами методом седиментационных ловушек (на основе натуральных данных), составляет в среднем 20.3 млн.т/год. В наименее загрязненных частях шельфа содержание техногенного материала взвеси изменяется от 0.5 до 2%. В районах устьев крупных рек, в Керченском проливе, в районе дампинга (Керченское предпроливье), в портах концентрация техногенного материала составляет 3 - 6% сухого веса. Количество антропогенного вещества, оседающего на шельфе моря оценивается приблизительно в 2 млн.т/год.

Глава 3 "Вещественный состав взвеси". По вещественно-генетическому составу и условиям образования во взвешенном материале выделяются глинистые, терригенные, хемогенные, биогенные и антропогенные компоненты. Глинистые минералы, по данным электронно-микроскопических исследований представлены преимущественно гидрослюдой, реже встречаются смешаннослойные минералы, монтмориллонит, каолинит, хлорит и эпизодически - галлуазит и палыгорскит. Содержание глинистых минералов во взвеси шельфа моря колеблется от 10 до 66%. Скопления гидрослюды, смешаннослойных минералов, каолинита характерны для взвеси северной части моря, а монтмориллонита и хлорита - тяготеют к восточной.

Терригенные минералы представлены преимущественно легкой подфракцией, основу которой составляют кварц, полевые шпаты, карбонаты кальция и железа (кальцит, арагонит, сидерит), цветная слюда и мусковит. Содержание кварца колеблется от единичных знаков до 30%; минерал в черноморской взвеси приурочен преимущественно к мелкоалевритовой фракции, тяготея к предустьевым областям рек Днепр (30%), Дунай (15%) и Ингури (15%). Достаточно обогащена взвесь в районе Керченского пролива 12-13%, куда кварц поступает из Азовского

моря. Распространение полевых шпатов в черноморской взвеси крайне неравномерно: от полного отсутствия до 30%. Максимальные содержания их тяготеют к предустьевым областям рек: Ингури - 10%, Днепр - около 30%. Во взвеси Дуная и Днестра количество их невелико (до 2%). Практически полностью полевые шпаты отсутствуют во взвеси Крымского шельфа и Керченского пролива. Существенной составляющей черноморской взвеси являются терригенные карбонаты, представленные в основном кальцитом. Встречается он в трех модификациях: лепешковидных образованиях, пелитоморфных частицах и обломках (по-видимому, карбонатных пород). Лепешковидные образования и пелитоморфные частицы распространены преимущественно в северо-западной части моря. Поступление их генетически связано с выносами осадочного материала рек Дунай, Днепр, Днестр и Южный Буг. Обломки известняка, мергеля отмечаются в основном от Анапы до Адлера и несколько южнее. Поступают они за счет размыва известковистых флишевых пород, слагающих берега. Подобного генезиса являются, по-видимому, и карбонаты Крымского шельфа. Наибольшую роль в составе взвеси карбонаты играют на шельфе от Анапы до Адлера. Во взвеси Ю.Озереевки содержание карбонатов достигает - 45%, Мысхако - 40, м.Утриш - 37%. Обломки карбонатных пород хорошо окатаны. Кроме кальцита, здесь встречаются доломит и магнезит. Эти минералы обычны для взвеси черноморского шельфа от Анапы до р.Ингури. В северо-восточной части и Керченском районе они практически отсутствуют. К числу распространенных минералов легкой подфракции относится и мусковит. Содержание его изменяется от единичных зерен до 8% с максимальными значениями во взвеси устьев рек Дуная (8%), Южного Буга (2%), Днепра (2%), а также в некоторых пробах Керченского предпроливья.

По значимости в составе черноморской взвеси шельфа биогенный материал уступает только терригенному веществу. Среднее содержание суммарного органического вещества (ОВ) колеблется от 9 до 25%, или 4 - 11% $C_{\text{орг}}$. В северо-западной части существенную роль играет аллохтонное ОВ, представленное фрагментами макрофитов, остатками зеленых и сине-зеленых водорослей с максимумом в устьях Дуная, Днестра, Южного Буга и Днепра. По мере удаления от устьевых областей рек содержание аллохтонного ОВ постепенно убывает, сменяясь фито- и зоопланктоном морских видов и их детритом. Видовой состав планктона и детрита, как основы ВОВ, меняется в течение года. Взвесь восточных

провинций несколько беднее ВОВ в сравнении с Керченской. Так, Утришская субпровинция в среднем содержит 15.4%, Новороссийско-Сочинская - 18.7, Восточно-Черноморская - 9.7% органического вещества (табл. 1).

Наибольшее количество хемогенного кальцита наблюдается во взвешенном материале лиманов и предустьевых областей рек северо-западной части моря (Хрусталева и др., 1987, 1990). На остальной акватории хемогенный кальцит практически отсутствует. Сульфидообразование не характерно для исследуемого шельфа. В единичных пробах наиболее глубоководных станций северо-западного шельфа, где периодически проявляется сероводородное заражение, в придонном слое водной толщи были обнаружены сульфиды железа черного цвета, по-видимому, гидротроиллита, а также отдельные фрамбоиды пирита. Реже встречаются их сростки, а также новообразования на створках фитопланктона.

Значительной частью осадочного вещества является техногенная составляющая. Ее количество оценивается от долей процента до 5-6% массы сухого вещества оседающей на дно взвеси. При этом закономерности поступления техногенного материала не связаны с природными факторами и являются функцией только хозяйственной инфраструктуры. Техногенный материал, имея размерность от крупноалевритовых до мелкопелитовых частиц, представлен обломками пластмассы, кусочками лакокрасочных изделий, искусственными волокнами, шлаками преимущественно от сжигания угля, нефтепродуктами в различной стадии биохимического разложения, оксидами и гидроксидами железа, сажистыми частицами (пеплом), гладкими "стеклянными" шариками, сложенными силикатами железа и алюминия (Тамбиев, 1987; Хрусталева и др., 1990), шаровидными и каплевидными рудными образованиями черного цвета, а также другими разнообразными продуктами жизнедеятельности человека. Наибольшее количество техногенного материала зафиксировано во взвеси дельты Дуная, в Днепровско-Бугском и Днестровском лиманах, в Керченском проливе и предпроливье, Новороссийской бухте и устье Ингури. Максимальное количество техногенного материала выносятся в паводковый период реками. Незначительные содержания техногенной составляющей характерны для осадочного материала Крымского и северо-восточного шельфа.

Таблица 1
Вещественный состав взвешенного материала основных провинций шельфа Черного моря (%)

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ	П Р О В И Н Ц И И				
	Северо-Западная	Крымская	Керченско-Таманская	Северо-Восточная Утришская	Восточно-Черноморская
Номер провинции	1	2	3	4	5
Глинистые минералы	29,1	66,1	44,1	42,2	39,1
Карбонаты	19,9	12,1	13,3	24,2	29,1
Опал (обломки спикул)	5,2	3,1	7,5	4,2	3,8
Кварц	13,2	7,1	9,7	8,3	2,2
Полевые шпаты	8,4	-	0,5	2,3	2,5
Углефицированный раст. детрит	1,1	-	1,8	0,3	1,5
Органогенный детрит	10,1	9,1	12,3	7,7	8,3
Обломки раковин	1,7	1,1	2,5	3,2	5,1
Цветная слюда	1,3	-	1,1	0,2	0,7
Гипс-ангидрит	5,2	-	0,2	3,5	4,3
Глауконит	0,5	ед.зн.	0,3	0,3	оч.ч.
Турмалин	ед.зн.	оч.ч.	оч.ч.	оч.ч.	-
Циркон	оч.ч.	оч.ч.	оч.ч.	оч.ч.	оч.ч.
Гранат	оч.ч.	ед.зн.	оч.ч.	ед.зн.	-
Эпидот	ед.зн.	-	оч.ч.	ед.зн.	ед.зн.
Цомзит	0,2	оч.ч.	ед.зн.	оч.ч.	ед.зн.
Мусковит	2,2	оч.ч.	1,1	ед.зн.	-
Цеолииты	0,3	-	0,8	0,5	0,5
Гидроксиды железа	-	-	0,8	-	0,3
Гематит	-	-	-	оч.ч.	ед.зн.
Магнетит	-	-	-	0,5	-
Пироксены	-	-	-	ед.зн.	-
Роговая обманка	ед.зн.	-	1,3	ед.зн.	ед.зн.
Амфиболы	0,4	ед.зн.	ед.зн.	ед.зн.	-
Ильменит	-	ед.зн.	-	0,2	-
Хлорит	-	ед.зн.	0,2	ед.зн.	ед.зн.
Техногенный материал	1,6	ед.зн.	1,5	0,4	0,6
Сумма	100,4	98,6	99,0	98,0	98,0
Органическое вещество	18,1	13,3	24,1	15,4	18,7
Карбонаты	19,9	12,1	13,3	24,2	29,1
Терригенный материал	60,8	73,2	60,1	58,0	49,6

Примечание:

- отсутствие минерала
ед.зн. - единичные знаки
оч.ч. - очень часто

Вещественно-генетические типы взвеси определены по доминирующему в ее составе компоненту, либо по сочетанию наиболее значимых составляющих (Безруков, Лисицын, 1960; Хрусталеv, 1989). Взвешенный материал шельфа Черного моря может быть отнесен к терригенному и переходному типам. Переходный тип взвеси представлен следующими разновидностями: терригенно-карбонатным, карбонатно-терригенным, органогенно-карбонатно-терригенным, карбонатно-органогенно-терригенным, органогенно-терригенно-карбонатным и терригенно-органогенно-карбонатным.

Терригенный тип взвеси характерен для мелководных районов шельфа, устьевых областей рек с большим твердым стоком (Днепра, Бзыби, Псоу, Мзымты, Ингури, Риони и др.), районов шельфа с интенсивной абразией берегов (Крымский шельф, мелководные прибрежные районы Керченского пролива, некоторые участки м. Утриш и часть кавказского шельфа южнее Сочи) (рис. 1). Переходные разновидности терригенно-карбонатной и карбонатно-терригенной взвеси тяготеют к регионам шельфа с активной абразией берегов: некоторые участки м. Утриш, Южной Озереевки, район от м. Дооб до Сочи, Днепровско-Бугский лиман, район северо-западного шельфа, примыкающий к Днестровскому лиману. Переходные разновидности взвеси с высоким содержанием органического вещества отмечаются в устьевой области Дуная, в устье Южного Буга, открытой части Северо-Западной, Керченско-Таманской и Северо-Восточной провинций, т.е. в районах максимальной биопродуктивности при значительной поставке в них речного или абразионного материала.

Исходя из особенностей поступления взвешенного материала на шельф, а также условий седиментогенеза можно выделить следующие провинции: Северо-Западную, Крымскую, Керченско-Таманскую, Северо-Восточную (с Утришской и Новороссийско-Сочинской субпровинциями) и Восточно-Черноморскую.

Состав взвешенного вещества *Северо-Западной* и *Восточно-Черноморской* провинций существенно связан с твердым стоком рек. Однако Северо-Западная провинция содержит в составе осадочного материала, в среднем вдвое больше органического вещества, чем Восточно-Черноморская. Формирование осадочного материала в Северо-Западной провинции происходит под мощным влиянием потока терригенного материала, абразионных процессов и большого количества

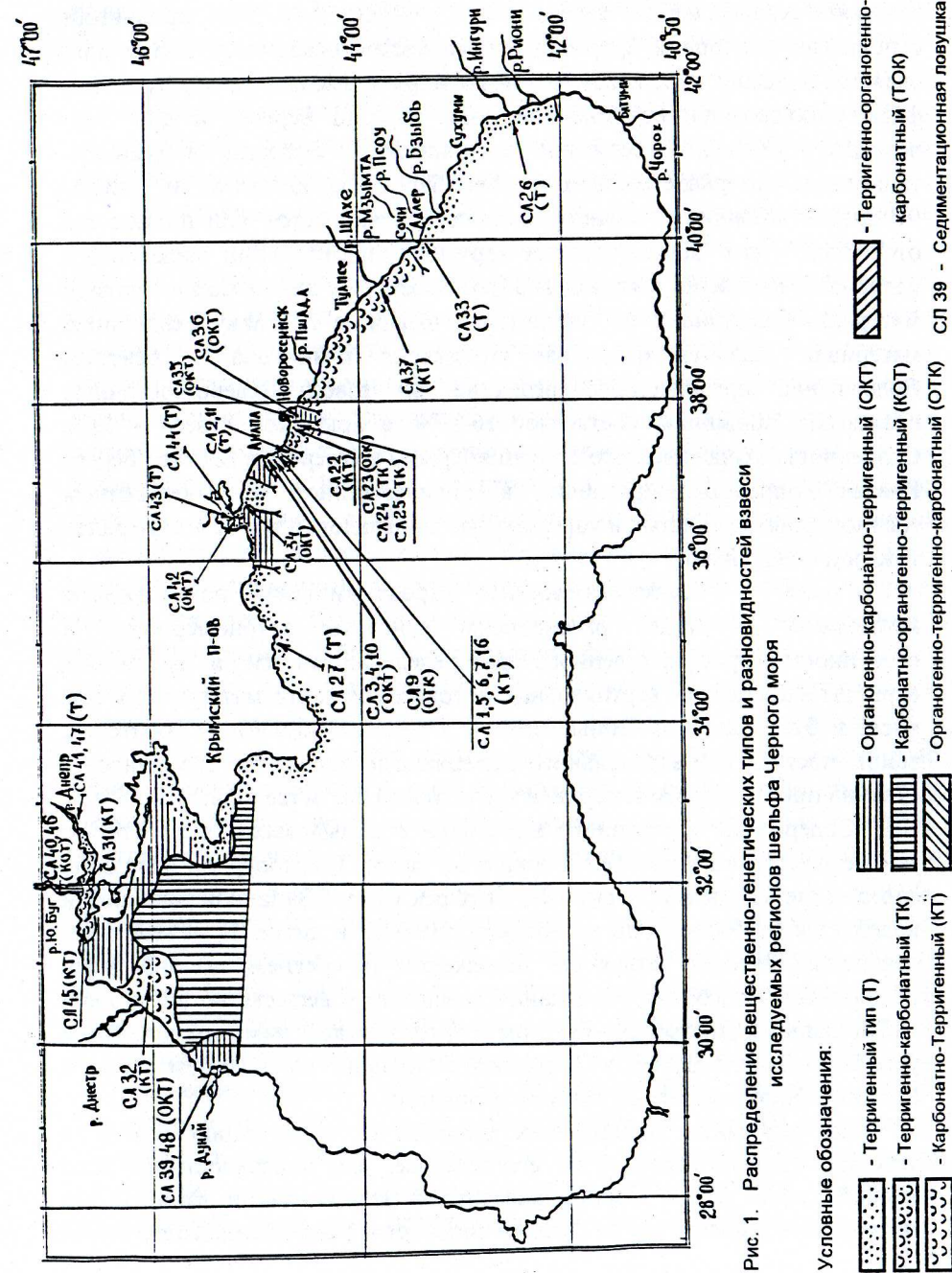


Рис. 1. Распределение вещественно-генетических типов и разновидностей взвеси исследуемых регионов шельфа Черного моря

оловой осаждающейся взвеси. В *Керченско-Таманской* провинции основными факторами, формирующими состав осадочного материала, является адвекция взвеси из Азовского моря и высокая продуктивность фитопланктона при подчиненной роли абразии берегов и дна Керченского пролива. Содержание органического вещества в седиментационном материале составляет более 24%. Для *Крымской* и *Северо-Восточной* провинций характерны малый речной сток или полное его отсутствие, что компенсируется другими источниками осадочного материала, каковыми и являются абразия берега и дна, а также золотый материал. Следующим по значимости вклада в поставку осадочного материала является первичная продукция планктона и бентоса. Содержание органического вещества во взвеси северо-восточных кавказских провинций составляет 16-19%, в крымской взвеси - 13%. Особенности геологического строения Крыма и северо-восточного берега Кавказа определяют различия в количественном и качественном соотношениях глинистых и карбонатных минералов, а также в минералах тяжелой подфракции.

Глава 4 "Количественные характеристики взвешенного материала". В главе рассмотрены основные закономерности и особенности пространственного распределения взвеси в различные периоды наблюдений, вертикальные потоки осадочного материала, в том числе и биоседиментационные потоки в районах мидийных носителей, темпы поступления аэрозольного материала и количество его выноса с суши на прибрежную акваторию в исследуемой части шельфа.

Содержание взвешенного материала в шельфовых водах Черного моря существенно выше, чем в открытой части. Так, в период паводков, содержание взвеси в устьевых областях рек Северо-Западной провинции колеблется от 500 мг/л до нескольких граммов в литре. В межень концентрация взвеси в устьях рек понижается (в среднем) до 3-20 мг/л. Наибольшие колебания содержаний взвешенных веществ во все сезоны наблюдались в Днепровско-Бугском и Днестровском лиманах, а также в устьевой области Дуная, что связано с большим количеством речного аллювия, поступающего из гумидных областей.

На основании многолетних данных по содержанию взвеси в устьевой области Дуная и на его взморье, для поверхностного слоя водной толщи для 4 сезонов рассчитаны концентрации взвешенного материала в зависимости от средней солёности. Уменьшение содержаний

взвеси по мере роста солёности аппроксимируется экспоненциальной зависимостью. На что указывалось ранее (Симонов, 1964; Демина, 1982).

Крымский шельф в период штилевой погоды характеризуется малой концентрацией взвеси 0.5 - 1.0 мг/л. В период воздействия ветра, особенно направленного с моря на сушу, а также под влиянием зыби содержание взвешенного вещества в водной толще достигает десятков мг/л.

Количественное распределение взвешенного материала в самом Керченском проливе характеризуется чрезвычайной сложностью и зависит преимущественно от интенсивности и направленности водообмена между морями, а также ветровой ситуации. Определенный вклад в баланс осадочных веществ вносят продукты абразии берегов и золотые наносы. Благодаря взмучиванию донных отложений содержание взвеси в Керченском проливе возрастает. Как правило, концентрация взвешенного материала в водной толще пролива уменьшается во все периоды года от Азовского моря к Черному. В штилевых условиях отмечается классическое расслоение, свойственное областям с вертикальной солевой стратификацией водной толщи. Керченское предпроливье характеризуется ограниченным поступлением осадочного материала. Содержание взвеси здесь в большей степени зависит от течений с юго-востока, волнового режима, абразии, продукции фитопланктона и в меньшей степени - от поставки седиментационных веществ из Азовского моря. Существенную роль играет антропогенный фактор - дампинг грунта.

Регионы Кавказского шельфа характеризуются высокой степенью изменчивости полей взвеси, хорошо выраженным сезонным колебанием и четкой тенденцией роста содержания взвешенного материала с северо-востока к юго-западу. Особенностью седиментогенеза является быстрое (импульсное) изменение концентраций взвешенного материала. Подобный характер изменения количества взвеси отмечается для всех участков восточного шельфа. В устьевых областях Ингури, Риони, Мзымты, Псоу, Шахе, Пшады и других рек зафиксированы максимальные концентрации терригенной взвеси. В период паводков речные струи проникают в ось общечерноморского течения и даже далее в халистатические области (Айбулатов, Новикова, 1984; Айбулатов, 1990; Ткаченко и др., 1992), вынося с распресненными водами взвешенный материал в пелагиаль. В транспортировке терригенного вещества необходимо отметить важную роль разномасштабных вихревых образований, которые прослеживаются на космических снимках.

(Айбулатов, Новикова, 1984; Айбулатов, 1990), по параметрам замутненности (концентрации терригенного материала), а также по различным гидролого-гидрохимическим (Сапожников, 1991; Ткаченко и др., 1992) и биологическим (Вишневский, 1992) показателям.

Вертикальные потоки осадочного материала, возникающие под результирующим влиянием силы тяжести и поступающие на единицу площади дна ($\text{г/м}^2 \cdot \text{сут}$ или $\text{г/см}^2 \cdot \text{год}$), получены с помощью седиментационных ловушек. На основании потоков рассчитывались значения интенсивности поступления осадочного материала на дно. Максимальные количества осаждающего седиментационного материала тяготеют к устьевым областям рек и прилегающим к ним акваториям. Абсолютный максимум вертикального потока осадочных веществ (до $164.5 \text{ г/см}^2 \cdot \text{год}$) приходится на дельту Дуная. Влияние твердого стока на седиментогенез сказывается на расстоянии до 26-30 км, а основной скачок резкого уменьшения вертикального потока (примерно в 100 - 300 раз) отмечается в 20 км от морского края дельты р Дунай. Как показали проведенные исследования, устьевые области, бесспорно, относятся, согласно классификации А.П. Лисицына (1982) к первому глобальному поясу лавинной седиментации. По интенсивности вертикального потока седиментационных веществ на шельфе Черного моря выделенные нами вещественно-генетические провинции можно объединить в 2 группы. В первую группу входят Северо-Западная, Керченско-Таманская и Восточно-Черноморская провинции, характеризующиеся высокими темпами седиментации. Для провинций второй группы (Крымской и Северо-Восточной) свойственна более низкая скорость осаждения терригенного и биогенного материала. Сток рек проявляется в темпах осаждения седиментационного материала в пределах шельфовой зоны. Наиболее наглядно воздействие аллювиального притока сказывается на осадкообразовании северо-западного шельфа Черного моря, который характеризуется пологим рельефом дна, предопределяя высокие темпы накопления на значительном отдалении от устьевых областей рек. Средняя скорость вертикального потока осадочных веществ на акватории Северо-Западной провинции (без учета лиманов и устьев рек) максимальна для черноморского шельфа и составляет, согласно нашим данным, 1.57 мм/год или $0.38 \text{ г/см}^2 \cdot \text{год}$. Подобная интенсивность осадконакопления лишь немногим уступает Азовскому морю, где она в среднем равна 2.4 мм/год . Особенно велика скорость седиментации в

дельте Дуная и в причерноморских лиманах. В лиманных и устьевых частях рек северо-запада шельфа, в среднем, интенсивность поступления седиментационного материала составляет около $30 \text{ г/см}^2 \cdot \text{год}$ (123 мм/год). Для Северо-Западной провинции с учетом устьев рек, лиманов и морской акватории потоки осадочного материала составляют около 59 мм/год ($14.2 \text{ г/см}^2 \cdot \text{год}$).

В Крымской провинции, для которой основным, хотя и маломощным источником поступления осадочного материала является абразия берегов интенсивность осаждения седиментационных веществ, составляет около 0.35 мм/год . Это немногим больше, чем скорость пелагической седиментации.

В Керченско-Таманской провинции по условиям осадкообразования выделяются две области: Керченский пролив и предпроливье. Седиментогенез Керченского пролива находится под влиянием водообмена между Азовским и Черным морями. Осаждение здесь терригенного материала, выносимого с азовскими водами, а также поступающего при абразии берегов, по интенсивности уступает только скорости осадконакопления в лиманах и дельтах рек, впадающих в северо-западную часть Черного моря и составляет в среднем 7.6 мм/год . Осадкообразование в Керченском предпроливье определяется морскими условиями. Поступление седиментационного материала здесь ограничено, и поэтому скорость осаждения незначительно превышает среднее значение аккумуляции осадочных веществ в пелагиали Черного моря, составляя в среднем 0.23 мм/год .

В пределах Северо-Восточной провинции по интенсивности аккумуляции седиментационных веществ выделяется две субпровинции: Утришская и Новороссийско-Сочинская. Утришская субпровинция характеризуется неравномерностью осадконакопления. Если в районе мыса Утриш темпы седиментации свыше 2.5 мм/год , то по периферии (в районе Анапы) составляет всего 0.22 мм/год при среднем значении для региона 0.64 мм/год . На фоне ограниченного поступления сюда седиментационного материала, подобная асимметрия обусловлена, по-видимому, волновой абразией берегов и проявлением апвеллинга с сопутствующими сгонными явлениями, которые разносят продукты разрушения берегов в глубоководную часть, увеличивая темпы осаждения.

Новороссийско-Сочинская субпровинция характеризуется самыми минимальными для исследуемого шельфа Черного моря скоростями вертикального потока осадочных веществ (0.31 мм/год или 0.80 г/см²-год). Повышенные значения отмечаются только в устьях малых рек в период половодья. Твердый сток здесь ограничен, а абразия берегов невелика.

Важным фактором, существенно влияющим на темпы седиментации в Восточно-Черноморской провинции, где основным, но мощным источником поступления является твердый сток рек Чороха (10.93 млн.т/год), Риони (7.84 млн.т/год) и Ингури (2.27 млн.т/год). Здесь ареал со скоростью осадконакопления более 1 мм/год расширяется и охватывает значительную акваторию шельфа Черного моря. Особенно велики темпы седиментации в устьях рек. За пределами устьев интенсивность вертикального потока сильно ослабевает, но остается достаточно существенной.

Размерный состав взвешенного вещества шельфовой зоны моря можно считать полидисперсным, зависящим от многих факторов, в том числе и от штилевых или штормовых условий. Главную часть взвеси составляет пелитовый материал (более 90%), в редких случаях содержание этой фракции снижается до 70%. Среди различных по крупности фракций пелита фракции 0.01-0.005 и 0.005-0.001 мм обычно составляют 10-20, редко 30-40%. Обломочные минералы шельфовой зоны северо-востока моря в основном имеют размер 2.5-25 мкм и только в редких случаях терригенные частицы достигают больших размеров. В гранулометрическом спектре взвешенного материала органического происхождения преобладают фракции 2.5-25 мкм, а нередко и более 50 мкм. Карбонатные частицы сосредоточены во фракциях 2.5 - 5.0 и 5.0 - 10 мкм, кремнистые частицы - во фракциях 10-25 мкм (редко 50 мкм). (Айбулатов, 1990).

Как подчеркивалось в ряде работ (Хрусталева и др., 1988; Хрусталева, 1989), роль эолового фактора в поступлении осадочного материала и формировании вещественного состава взвеси и донных отложений внутриконтинентальных морей, находящихся в аридной и семиаридной климатических зонах, довольно существенна и сопоставима по интенсивности с речным стоком и продуктами абразии берегов. Достаточно велика значимость эоловых веществ и в балансе седиментационного материала Черного моря. Поступление аэрозолей на акваторию исследуемой части шельфа Черного моря осуществляется при бризовой циркуляции, гравитационном осаждении из атмосферы, а также тесно связано с

проявлением северо-восточных ветров, наиболее характерных для данного региона, и кратковременных, но катастрофических (особо сильных) ветров, сопровождающихся пыльными бурями.

Ночным бризом на исследуемую часть шельфа (65 % всей площади шельфа) выносятся 312.5 тыс.т/год эолового материала, сильными (10-15 м/с) ветрами - 3.031 млн.т/год, катастрофическими (> 15 м/с) ветрами выносятся 1.955 млн.т/год и гравитационное осаждение пыли составляет 3.085 млн.т/год. Таким образом, суммарная эоловая поставка терригенного вещества достигает не менее 8.383 млн.т/год. По нашим оценкам, вклад эоловой поставки осадочного вещества с бризами (в районах их влияния) в седиментацию на шельфе оценивается в среднем в 22%. Для всего шельфа доля аэрозолей в седиментации составляет около 4.6 %. Наибольшая поставка эолового материала осуществляется на северо-западный шельф - 5414.5 тыс.т/год. Второй по значимости провинцией является Крымский шельф - 1684.9 тыс.т. Керченско-Таманская провинция аккумулирует 818.7 тыс.т, Северо-Восточная - 359.6 тыс.т/год и Восточно-Черноморская - 104.9 тыс.т/год.

Биологическое усиление интенсивности седиментации исследовалось в условиях натурного эксперимента на опытно-промышленных мидийных носителях, установленных в районе мыса Утриш. Зная интенсивность седиментации осадочного вещества, находящегося в области влияния мидийного хозяйства и фоновые значения вертикальных потока взвешенной компоненты, можно оценить роль биогенно осаждающегося седиментационного материала по формуле:

$$Кб = (V_0 - Vф) / Vф;$$

где: Кб - коэффициент биологической обусловленности вертикального потока вещества;

V_0 - величина осаждения в ловушках биоседиментационного материала;

$Vф$ - величина фонового вертикального потока осадочного вещества.

Коэффициент биологического усиления вертикально оседающего материала составляет в среднем 18.6 раза. Если средний фоновый поток осадочного материала составляет 4.10 г/м²-сут, то скорость вертикального потока биологически осаждающегося вещества значительно выше и колеблется от 25 до 283 г/м²-сут при среднем значении 80.55 г/м²-сут. Степень биологического усиления вертикального потока седиментационного материала зависит от биомассы (количества) моллюсков на

носителе, положения и удаления взвеснакопителей от плантации, сезона, гидродинамических и других параметров среды осадкообразования и обитания гидробионтов.

Глава 5 "Химический состав взвешенного материала" представляет собой анализ макро- и микрокомпонентного содержания взвеси. Пределы колебаний кремнезема для исследуемых провинций составляют 25.5 - 55.9% массы взвешенного материала, при этом биогенный SiO_2 составляет в среднем от 3 до 7.5 %. Минимальные концентрации кремния 25.47 и 36.16% отмечены во взвеси Утришской и Новороссийско-Сочинской субпровинций (соответственно). Взвесь исследованных районов шельфа в основном содержит минеральный кремнезем.

Максимальные значения Al_2O_3 отмечены во взвеси Восточно-Черноморской (16.66%) и Керченской (13.19%) провинций, что соответствует максимальным концентрациям глинистых минералов. Близкие значения от 8 до 10% оксида алюминия отмечаются во взвешенном материале Северо-Западной, Крымской провинциях и Новороссийско-Сочинской субпровинции. Минимум содержания Al_2O_3 - 3.72%, зафиксирован во взвеси Утришской субпровинции.

Карбонатный материал в седиментогенезе Черного моря является одним из основных компонентов взвеси. Основу его составляет терригенный карбонат кальция. Минимальная карбонатность характерна для взвеси Керченской (10.9 - 12.1%) и Крымской (12.1 - 16.4%) провинций. Взвешенный материал Восточно-Черноморской провинции содержит 14.8 - 18.3% карбонатов, Северо-Западной - 16.4 - 19.9%. Максимальные содержания карбонатов отмечены во взвешенном материале Северо-Восточной провинции. Так, для Утришской субпровинции концентрация карбонатов составляет 24.2%, а Новороссийско-Сочинской субпровинции - 29.1 - 32.7%.

Органическое вещество - важный компонент взвеси. Наибольшее содержание $C_{\text{орг}}$ взвеси отмечается во взвешенном материале северо-восточного шельфа - 5-10%. Взвесь Крымского района содержит 7.2% $C_{\text{орг}}$. Северо-Западная провинция характеризуется повышенной концентрацией органического вещества (от 5 до 10% $C_{\text{орг}}$). Минимальное содержание $C_{\text{орг}}$ отмечается во взвешенном материале Восточно-Черноморской и Керченско-Таманской провинций - 2.3-3.7%.

Средняя концентрация Fe во взвеси шельфа равна 4.38%, абсолютный максимум отмечается в Восточно-Черноморской (6.48%) и

Северо-Западной (5.94%) провинциях. Минимальная концентрация железа отмечается в осадочном материале Утришской (3.42%) и Новороссийско-Сочинской (2.39%) субпровинций. Взвесь Крымской и Керченской провинций имеют близкие значения - 4.04 и 3.98% (соответственно).

Во взвешенном материале исследуемых провинций шельфа моря было определено 14 микроэлементов (Cr, Mn, Cu, Ni, Zn, Ga, Pb, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb и Mo). Их содержание близко к кларкам для осадочных пород (Виноградов, 1967; Taylor, 1964) и средним величинам для рек Мира (Гордеев, Лисицын, 1978) и рек черноморского бассейна (Митропольский и др., 1982). Максимальные содержания микроэлементов отмечаются в провинциях с высоким твердым стоком рек.

Взвешенное вещество по мере продвижения от реки к морю с увеличением толщины слоя воды проходит несколько основных барьерных участков. Изменение концентраций микроэлементов взвеси происходит скачкообразно, подчеркивая наличие основных биогеохимических барьеров. При этом характер изменения вертикальных потоков вещества с глубиной имеет определенное соответствие со скачкообразным изменением концентраций микроэлементов.

Первый максимум (4-7 м) приурочен, как показали проведенные параллельно в это же время на этих станциях (Ткаченко, 1998) океанологические исследования, к речным гидрофронтам. Концентрация химических элементов в осадочном материале при прохождении этих зон возрастает в 2-5 раз по сравнению с речной взвесью, по-видимому, за счет физико-химических процессов коагуляции и сорбции микроэлементов.

Второй максимум (17-20 м) можно объяснить влиянием сезонного пикноклина, а также биологическим концентрированием ряда микроэлементов фитопланктоном и биофильтрацией зоопланктона, детрит и пеллеты которых концентрируются в слое максимальных градиентов плотности. Кроме того, мелкодисперсная взвесь, находящаяся в этом диапазоне глубин, сорбирует микроэлементы, увеличивая концентрацию химических элементов.

Третий, сглаженный пик (35-50 м) формируется под влиянием зоны конвергенции, связанной с вихревой деятельностью прибрежных антициклонических образований. Существование данной зоны конвергенции подтверждается проведенными ранее исследованиями (Овчин-

ников, Титов, 1990; Овчинников и др., 1993; Сапожников, 1991; Ткаченко и др., 1992; Ткаченко, 1998), в том числе и исследованиями гидролого-гидрохимических параметров, выполненными параллельно с нашими работами. Таким образом, установлена тесная связь пиков концентраций химических элементов с фронтальными разделами река-море, биогеохимическими барьерами (сезонным термоклином и слоем фотосинтеза) и зонами конвергенции, обусловленной прохождением прибрежных антициклонических вихрей.

Химический состав золы взвеси определен для Северо-Восточной провинции. Содержание железа составляет 3.4%. Отмечается высокая концентрация титана - 0.3%, марганца - 0.1, бария - 0.07, цинка - 0.05%. Содержание Pb, Mo, Ga, Co, Ni, Sr имеет те же порядки, что и в морской взвеси. В атмосферной пыли в 2 - 10 раз выше, чем в морской взвеси концентрация Zn, Zr, Mn, Li, Rb, Cs, Ti, V, Sn, Cu, что позволяет говорить об обогащении взвеси восточного шельфа Черного моря за счет золотого фактора.

Биологическая трансформация взвеси культивируемыми моллюсками изучалась в условиях натурального эксперимента. Собранные с помощью СЛ оседающие биоотложения выражают додиагенетическую трансформацию взвешенного материала, по крайней мере, мидийным поясом бентоса шельфа. Изменение потока биоотложений в различные сезоны составляет около 30% с максимальными значениями осенью-весной. Вертикальное распределение по трем горизонтам дает следующую картину: максимальные потоки фиксируются в верхних слоях воды 96.91 г/м²·сут с уменьшением на 17 м до 67.91 г/м²·сут. Вертикальные потоки возрастают с глубиной и в осенне-зимний период увеличиваются в среднем на 60%. Средний коэффициент биологического усиления потоков вещества культивируемыми моллюсками равен 19.6.

Содержание SiO₂ в биоотложениях по отношению к фоновому взвешенному материалу возрастает, в среднем, с 28.20 до 46.07%. Почти двухкратное увеличение двуокиси кремния в биоотложениях мидий позволяет утверждать о том, что мидия интенсивно использует в пищу диатомовый фитопланктон, причем хитиновые (кремнийсодержащие оболочки) и, по-всей видимости, глинистые минералы (с большим содержанием минерального кремния) не используются моллюсками в пищеварительном цикле. Содержание Al₂O₃ в биоотложениях (6.29%) также увеличивается по отношению ко взвеси - 4.13%. В фекальных

комках возрастает концентрация TiO₂, MgO и др. Макрокомпоненты взвеси, кроме органического вещества и карбонатов, мало используются моллюсками в процессе пищеварения. Моллюски интенсивно вовлекают в процесс пищеварения многие микроэлементы взвеси, концентрируя их при этом в значительных количествах в телах и створках (Морозов и др., 1986). При этом химический состав исходной взвеси по отношению к биоотложениям существенно изменяется. Под коэффициентом трансформации понимается отношение концентрации химического элемента в биоотложениях к содержанию его во взвеси. При коэффициенте менее 1, следует, что мидия использует данный элемент в процессе жизнедеятельности, обедняя, тем самым, биоотложения. При значении больше или близком 1 химический элемент слабо используется в пищеварительном цикле моллюска. Наиболее существенно изымается из взвеси органическое вещество, карбонат кальция, марганец, железо, медь, цинк, свинец, ниобий, молибден, галлий, никель, хром. Ряд элементов (Br, Sr и Rb) не изымается из взвеси или выводится с фекалиями. Бентос шельфа трансформирует и дифференцирует химический состав взвешенного материала.

ВЫВОДЫ

1. Вещественный состав взвешенного материала шельфа Черного моря характеризуется значительным разнообразием. По доминирующим в его составе компонентам взвесь относится к терригенному или переходному типам. Терригенный тип взвеси отмечается в мелководных районах шельфа и устьевых областях рек. Переходный тип взвеси (при преобладании терригенной составляющей) встречается в районах с повышенной биопродуктивностью.

2. Интенсивность поступления осадочного материала на дно определяется поставкой терригенного материала реками, абразией и золовыми выносами и биопродуктивностью вод. Максимальное количество вещества выносятся с речным стоком из гумидных областей и влажных субтропических горных районов; абсолютный максимум интенсивности осадения наблюдается в дельте Дуная (более 164 г/см²·год), лиманах, Керченском проливе, предустьевых участках рек Кавказа: минимальные темпы осадения седиментационного материала отмечаются в Крымской провинции, глубоководной части Керченского предпроливья, Новороссийско-Сочинской субпровинции.

3. Вынос аэрозолей с суши на исследуемую часть шельфа осуществляется бризовой циркуляцией, сильными и катастрофическими ветрами, а также вследствие гравитационного осаждения и составляет, по нашим наблюдениям, более 8.32 млн.т/год.

4. Концентрация химических элементов осадочного материала по мере продвижения от реки к морю (от берега к морю) при прохождении барьерных участков шельфа изменяется скачкообразно, при этом отчетливо выделяются три барьерные зоны, в которых происходит резкое убывание вертикальных потоков вещества и увеличение концентраций практически всех химических элементов. Локализация барьерных участков находится в диапазонах глубин 4-7 м, 17-20 м и 35-50 м.

5. Биологическая трансформация взвеси моллюсками в пищеварительном цикле приводит к изъятию биофильных компонентов (микроэлементов, органического вещества, карбоната кальция) и концентрированию в биоотложениях кремнезема, окиси алюминия, титана и других компонентов; процесс биофильтрации сопровождается увеличением вертикальных потоков осадочного материала в среднем в 19.6 раза.

6. Максимальное количество техногенного материала отмечено в Керченском проливе, в устьях Дуная, Риони, Ингури, Днепра, в портах Новороссийска, Сухуми, Туапсе и составляют 3-6% сухого веса. В наименее загрязненных частях шельфа концентрация техногенного материала взвеси колеблется от 0.5 до 2%. Количество антропогенного вещества, оседающего на шельфе моря, оценивается приблизительно в 2 млн.т/год.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Закономерности седиментогенеза в районах создания искусственных рифов (на примере мыса Большой Утриш)// Географические и экономические проблемы изучения и освоения южных морей СССР.- Тезисы докладов 3-й Всесоюзной конференции по географии и картографированию океана, Ростов-на-Дону, май 1987.- Л.: 1987.- С. 48-49 (соавторы Слепцов Ю.Г., Черноусов С.Я.).

2. Особенности распределения основных типов взвеси в северо-западной части Черного моря// Там же.- С. 46-48 (соавтор Черноусов С.Я.)

3. Количественное распределение взвеси и ее сезонная динамика на восточном шельфе Черного моря// Материалы 8-й Всесоюзной школы по морской геологии.- М.- 1988.- С. 220-222 (соавтор Черноусов С.Я.).

4. Некоторые аспекты обратного токсикологического влияния на среду хозяйствами марикультуры на шельфе морей// Тезисы докладов 1-й Всесоюзной конференции по рыбохозяйственной токсикологии.- Юрмала.- 1988.- С. 251-253 (соавторы Черноусов С.Я., Слепцов Ю.Г., Ткаченко Ю.Ю.).

5. А.с. N 1473805, "Фильтровальная установка"// ОБ N 15.- 1989. С. 251-253 (соавтор Слепцов Ю.Г.).

6. Исследования взвешенного вещества и бентоса на акваполигонах черноморского шельфа// Эколого-географические проблемы Северного Кавказа и Нижнего Дона.- Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та.- 1990.- С. 62-71 (соавторы Черноусов С.Я., Слепцов Ю.Г.).

7. Геохимический мониторинг Черного моря// Препринт.- Киев: ИГН АН УССР.- 1990.- 45 с. (соавторы Мороз С.А., Митропольский А.Ю., Демедюк Ю.Н., Черноусов С.Я., Чочов С.).

8. Методика исследований седиментационных и геохимических процессов в районах функционирующих искусственных рифов// Искусственные рифы для рыбного хозяйства.- ВНИРО.- М.: 1990.- С. 110-123 (соавторы Хрусталева Ю.П., Черноусов С.Я., Слепцов Ю.Г.).

9. Некоторые особенности и закономерности седиментогенеза в северо-западной части Черного моря (вещественный состав и распределение взвеси)// Океанология.- 1990.- Т.30.- вып.2.- С. 288-294 (соавторы Хрусталева Ю.П., Черноусов С.Я.).

10. Качественный состав взвеси восточного шельфа Черного моря// Материалы 10-й Всесоюзной школы по морской геологии.- М.: 1992.- Т.3.- С. 125-127 (соавтор Черноусов С.Я.).

11. Бризовый золотой перенос материала и его вклад в седиментацию восточного шельфа Черного моря// Тезисы докладов 12-й Международной школы морской геологии.- М.- 1997.- Т.1.- С.59-61 (соавторы Хрусталева Ю.П., Черноусов С.Я., Демина Л.Л.).

12. Вещественный состав взвеси шельфа Черного моря (от дельты Дуная до устья Ингури)// Океанология.- 1998.- (в печати). (соавтор Хрусталева Ю.П.)