

УДК 551.46(262.5)

Черное море: комплексные исследования в геологии, гидрохимии и гидрофизике

В. И. Беляев, С. Г. Богуславский, В. Н. Еремеев, В. И. Мельник

Черное море богато разнообразными природными ресурсами. При изучении проблем океанологии оно служит своего рода «лабораторной» моделью океана. Исследование данного бассейна направлено на решение проблем охраны и рационального использования его ресурсов. геологических особенностей, разработку океанологических теорий и методов экспедиционных работ. Изучение сероводородной зоны и существенного антропогенного воздействия, обусловленного преимущественно зарегулированием речного стока, ставит ряд проблем, специфичных для данного водоема. Важные задачи возникают в связи с использованием побережья Черного моря для дальнейшего развития рекреационной сети и акваторий шельфа с высокой потенциальной биологической продуктивностью — создания марикультуры. На протяжении последних лет изучение Черного моря проводится по проекту «Черное море» с участием институтов АН УССР и других ведомств.

В течение 1980—1986 гг. Морским гидрофизическим институтом (МГИ) АН УССР и Институтом геологических наук АН УССР были проведены океанографические и геологические исследования Черного моря, которые включали в себя: а) комплексные гидролого-гидрохимические и гидрофизические экспедиции со съемками всей глубоководной акватории моря, а также геологические экспедиции с работами на шельфе и материковом склоне; б) обработку, анализ и обобщение всех имеющихся материалов наблюдений и натурных экспериментов для составления режимных и климатических характеристик региона. Эти исследования являются составной частью более общего всестороннего изучения Черного моря, выполняемого по межведомственному проекту «Черное море».

На НИС «Михаил Ломоносов» и «Академик Вернадский» было проведено восемь комплексных экспедиций, охватывающих всю глубоководную акваторию моря. Выполнено около 500 станций, которые располагались в центрах 30—40-мильных квадратов. Геологические работы проводили частично в составе этих экспедиций и в основном в восьми специализированных экспедициях на судах других ведомств и рейсах бурового судна НИС «Геохимик», что позволило получить новые материалы более чем на 1200 станциях. На основе их обобщения и анализа получены новые сведения о геолого-геоморфологических, климатических и режимных характеристиках Черного моря.

Основными научными направлениями геологических исследований были литологическая съемка шельфа, поиски и изучение различных месторождений полезных ископаемых, изучение процессов современного осадкообразования, исследование водно-физических и физико-химических свойств осадков, гидрогеохимии осадков и поровых вод, субмаринной разгрузки подземных вод, геохимии макро- и микроэлементов, берегоформирующих процессов и каньонов, стратиграфические и палеонтологические исследования донных осадков.

Проведенные работы позволили получить новые ценные результаты как в практическом, так и научном отношении, отраженные в ряде монографических изданий, подготовленных сотрудниками ИГН АН УССР, и десятках научных публикаций. Здесь мы остановимся на наиболее значимых из них.

Наиболее крупная работа — восьмитомная монография «Геология шельфа УССР» [3, 13, 25—30], опубликованная в 1981—1987 гг., представляет собой синтез геологических знаний о разнообразных аспектах геологического строения шельфа. В работах серии освещаются осадкообразующие факторы шельфа, вопросы стратиграфии, литологии, тектоники донных осадков, а также их инженерно-геологические особенности. На основании комплексного анализа новейших данных показаны особенности формирования и размещения месторождений твердых и горючих полезных ископаемых, субмаринных источников пресных вод и намечаются оптимальные пути поисков новых месторождений. Этот труд украинских геологов не имеет аналогов в СССР, да и, пожалуй, в мировой литературе.

Выполненные исследования в береговой зоне северо-западной части Черного моря позволили определить направленность развития берега и подводного берегового склона, установить скорости абразии и аккумуляции. Из-за необеспеченности вдольберегового потока наносами, устойчивой тенденции к повышению уровня Черного моря, с одной стороны, и опусканию Причерноморья — с другой, особенностей гидрогеологического режима акватории происходит общее отступление суши. Скорость его неодинакова на всем протяжении берега и изменяется от 0,4 до 6 м/год. Максимальные скорости приурочены к участкам древних речных долин и примыкающих к ним клифов. Вместе с тем наблюдается и выдвигание берега на участках, где происходит разгрузка вдольбереговых потоков наносов, и в дельте Дуная вследствие поступления огромных объемов материала твердого речного стока. Его количество зависит от степени абразии подводного склона, клифа, речного стока и истирания ракушки. Результаты исследования являются основой для разработки берегозащитных мероприятий и хозяйственного освоения береговой зоны.

В 1984 г. вышел сборник трудов международного симпозиума [20], организованного и проведенного ИГН АН УССР. Здесь освещены основные проблемы палеогеографии Черного моря, строение, стратиграфия и условия формирования плейстоценовых отложений по данным бурения, оценке полезных ископаемых и условиям их формирования. Приведен анализ глубинного строения дна и прилегающей суши, глобальных трансгрессий в геологической истории морей, намечены пути дальнейших исследований.

Региональные особенности комплексов отложений шельфа, их состав, структурно-текстурные особенности и свойства, вопросы гидрогеологии рассмотрены в работах [5, 16]. Были установлены закономерности изменения физико-механических свойств глубоководных донных осадков центральной котловины Черного моря и подводного каньона р. Дунай [19].

Детально изучена литогеохимия позднечетвертичных донных осадков южной глубоководной части Черного моря [23]. В работе вскрываются основные черты сходства и различия в литогеохимии голоценовых и позднеплейстоценовых осадков.

Впервые составлена детальная карта подводных каньонов, являющихся основным и существенным элементом мезорельефа материковых склонов [22], разработана их классификация.

В результате плодотворного научного сотрудничества между МГИ АН УССР и ИГН АН УССР было создано ряд монографий.

В работе А. Ю. Митропольского с соавторами [24] приведены результаты изучения геохимических особенностей распределения макро- и микроэлементов в воде, взвеси и донных осадках Черного моря, рассмотрены вопросы геохимической эволюции микроэлементов от моби-

лизации их на континенте до погребения в донных осадках. Изучены основные источники поступления элементов в Черноморский бассейн; впервые показана роль атмосферного вклада; оценен баланс микроэлементов в море и продолжительность их пребывания там. Приведены данные о распределении элементов в донных осадках и рассмотрено их поведение в процессе осадкообразования и на последующих стадиях диагенеза.

В 1984—1985 гг. вышли монографии [4] и [17], в которых представлены карты распределения гидрохимических элементов (солености, растворенного кислорода, сероводорода, величины рН), а также карты химических компонентов в донных осадках верхнего слоя грунта. На основе обобщения экспедиционных материалов показано, что геохимическое поведение Cu , Zn , Mo и U в толще вод определяется системой течений и турбулентным перемешиванием вод, а также в кислородной зоне — равновесиями карбонатной системы, в сероводородной — сульфидной. Распределение микроэлементов в воде зависит от влияния локальных и общих факторов, к которым относятся взвеси. В иловых водах геохимическое поведение микроэлементов определяется активностью органического вещества, а распределение этих микроэлементов в верхнем слое осадков по поверхности дна — интенсивностью и схемой придонных течений. В целом преобладающими процессами, контролирующими указанные микроэлементы в Черном море, являются: для Zn — гидрогеологические, для Cu и Mo — гидродинамика и гидробиологические, для U — гидрохимические. В историческом плане роль факторов менялась. В новозвксинское время геохимия четырех микроэлементов зависела в основном от гидродинамики вод, в древнечерноморское — от физико-химических условий среды, в настоящее — от обоих факторов.

Путем постановки сети буйковых станций суточной продолжительности с самописцами течений уточнена схема квазистационарных течений восточной половины моря в период осенне-зимнего выхолаживания вод (ноябрь—декабрь). В слое от поверхности до горизонта 1600 м в исследованной части моря наблюдались два устойчивых циклонических круговорота, которые в общих чертах вписываются в схему квазистационарных течений, построенную для других сезонов. Между этими круговоротами наблюдается мощная струя устойчивого течения, которая ответвляется от основного черноморского течения на участке от порта Синоп (мыс Бафра) и направляется на северо-восток к Кавказскому берегу [14].

Как правило, наблюдаемые периоды инерционных течений на 0,2—1 ч меньше теоретического для данной широты. Модуль скорости инерционных течений уменьшается от 10 см/с в деятельном слое моря до 1—2 — на глубине 1500 м. Характерно, что с увеличением глубины возрастает роль инерционной компоненты в суммарном течении.

Обработка данных об изменении течений на автоматических буйковых станциях позволяет осветить главные особенности внутренних волн Черного моря. В энергетических спектрах колебаний температуры и скорости доминируют максимумы с периодами, близкими к инерционным (14—16 ч), прослеживаются также более слабые колебания с периодами 1—9 ч.

Обработка материалов многолетних наблюдений, включая результаты экспедиций МГИ АН УССР, позволила определить тенденцию межгодовых изменений некоторых гидрологических и гидрохимических элементов. Интервал времени 1900—1980 гг. можно разделить на три периода. Первый (1900—1940 гг.), когда преобладала зональная циркуляция в атмосфере, характеризовался повышением температуры; во втором (1940—1965 гг.) наблюдалось похолодание; в третьем (1965—1980 гг.) намечилось потепление со скоростью 0,1—0,2 °C за 10 лет [17]. В последнем периоде обнаружилось расширение зоны малых концентраций O_2 в центральной западной части моря и возрастание горизонтальных градиентов поля кислорода. Воды на горизонте 100 м

потеплели на $0,3^{\circ}\text{C}$, заметно распреснились; вертикальный перепад солености в слое 150—200 м увеличился на $0,1\text{‰}$, а кислорода — в 1,5 раза [19]. Выше галоклина вертикальные градиенты гидрологических и гидрохимических элементов уменьшились. На фоне колебаний с периодом солнечной активности наблюдается устойчивая тенденция к поднятию верхней границы сероводородной зоны, которая в третьем периоде поднялась на 25—30 м.

Изменения гидрохимического режима глубоководной части моря зависят главным образом от материкового стока, который в последние 15 лет имеет тенденцию к возрастанию, несмотря на частичное его изъятие на хозяйственные нужды.

Миграция химических элементов в морской среде и в системе море—атмосфера—суша играет важную роль во многих процессах, которые определяют образование биологических, минеральных и других ресурсов моря, а также имеют большое значение с точки зрения экологии.

Миграция химических элементов в Черном море была исследована изотопными методами. Так, скорость обмена CO_2 между морем и атмосферой определяли по радиоуглеродным данным [21, с. 120—125]. Решение этого вопроса играет важную роль в оценке влияния сжигаемого ископаемого топлива на климат Земли. В этой работе сделан вывод о том, что Черное море ежегодно выделяет в атмосферу $21,0 \cdot 10^6$ т CO_2 . На обмен CO_2 с атмосферой основное влияние оказывает речной сток; роль остальных факторов незначительна.

Другим изотопом, использованным для изучения процессов вертикального обмена и газообмена через поверхности море—атмосфера, море—дно, был ^{222}Rn . По данным вертикальных распределений концентрации ^{222}Rn , в работе [2] вычислена константа скорости газообмена для Черного моря вблизи берега Крыма; на основе наблюдений концентраций O_2 в поверхностных слоях оценен поток O_2 через границу море—атмосфера. В период проведения наблюдений (июнь—август) этот поток был направлен из воды в атмосферу и составил $0,7\text{—}2,4$ мл/м²·с. Метод оценки интенсивности вертикального обмена по концентрациям ^{222}Rn [2] позволяет находить места источников субмаринной разгрузки на дне прибрежных акваторий.

На основе данных экспедиционных исследований НИС «Михаил Ломоносов» проведены количественные исследования миграции элементов железо-марганцевой группы в центральных халистатических зонах Черного моря [21, с. 126—132]. Получены данные о распределении и вертикальном переносе Fe, Mn, Cu, Zn, Ni. Вертикальный перенос микроэлементов и обмен в системе вода—взвесь был исследован на одномерной стационарной адвекционно-диффузионной модели. Физико-химические реакции считались первого и нулевого порядка. Были оценены константы скоростей реакций, обуславливающих удаление химических элементов из раствора, скорости перехода химических элементов в раствор, интегральные потоки микроэлементов из воды на взвесь и обратно, поток их через пикноклин и полный поток со взвесью из воды в осадки. Установлено, что при переходе от прибрежных районов к центральной части бассейна ведущую роль в процессах седименто- и диagenеза играют гидрогенные формы микроэлементов, а значенные терригенных форм существенно снижается. Исключение составляет Fe, основная часть которого, оседающая на дно в зоне халистаза, имеет терригенный характер.

Исследовано распределение Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Al в жидкой и твердой фазах глубоководных черноморских осадков по результатам анализа проб на станциях судовых наблюдений [21, с. 126—139]. Было подтверждено представление о том, что в иловых водах черноморских и глубоководных отложений возникают условия, которые обеспечивают профиль распределения микроэлементов, характеризующийся минимумом в верхних слоях древнечерноморских осадков. За счет градиента концентраций микроэлементы могут диффундировать из совре-

менных осадков и древних слоев новоевксинских в древнечерноморские и сапропелевые, где будут связываться в твердую фазу.

Расчет миграции микроэлементов через осадочные слои, выполненный на основе уравнения диффузии с учетом скорости растворения и осаждения, показал, что в современных и новоевксинских слоях осадков происходит переход микроэлементов из твердой фазы в жидкую. В верхних слоях древнечерноморских и сапропелевых осадков происходит постоянное связывание микроэлементов в твердую фазу и их концентрирование в этих слоях.

С кругооборотом S, O₂ и C в Черном море связано наличие в нем сероводородной зоны. Динамика ее верхней границы, отвечающей аналитическому нулю концентрации H₂S, явилась предметом исследований последних лет.

В АН УССР выполняется межведомственная программа «Исследование динамики сероводородной зоны Черного моря с целью разработки методов и средств предотвращения негативной перестройки его экологической системы». Цель программы — оценка и прогноз состояния сероводородной зоны Черного моря на основе выяснения количественной оценки скорости процессов, ведущих к возобновлению H₂S при его непрерывном окислении растворенным кислородом морской воды, и оценки влияния на эти процессы антропогенных факторов. По мнению ряда исследователей [15], в последние десятилетия наблюдается тенденция к поднятию верхней границы сероводородной зоны. По всем имеющимся в настоящее время материалам, подъем верхней границы сероводородной зоны глубоководной части моря обусловлен природными, в первую очередь климатологическими факторами.

Исследованиями динамики верхней границы сероводородной зоны, проведенными на математических моделях, установлено, что фактором, определяющим этот процесс, является вертикальный водообмен [1, 10]. Экспедиционные работы, выполненные на НИС «Михаил Ломоносов» в период 1985—1986 гг., показали, что экстремальные подъемы H₂S обусловлены возникновением локальных циклонических циркуляций поверхностных течений. Эти эффекты связаны с погодой и столь же изменчивы. Амплитуда изменений положения верхней границы сероводородной зоны в пространстве и времени составляет около 100 м.

Основным процессом, обеспечивающим восполнение H₂S, непрерывно окисляемого кислородом атмосферы, является сульфатредукция при участии анаэробных бактерий. Наличие тиосульфатов в глубинных слоях моря указывает на этот основной характер образования в них H₂S. Судя по всему, он образуется в местах, которые интенсивно снабжаются углеродом органических соединений, поступающих из зоны фотосинтеза вследствие вертикальной циркуляции.

Математическая модель экологической системы северо-западного шельфа Черного моря, разработанная В. И. Беляевым [6], учитывает семь агрегированных, пространственно осредненных компонент системы: концентрации фито- и зоопланктона, рыб, водорослей макрофитов, неживого органического вещества, усвояемых соединений азота и фосфора. Вычисленный по соотношениям модели годовой ход параметров хорошо соответствует опытным данным [7]. В частности, как на наблюдаемых, так и теоретических кривых изменений биомассы фито-планктона имеют три максимума: ранневесенний, летний и осенний. Биомасса зоопланктона откликается на эти максимумы с некоторым сдвигом по фазе. Форма кривых и моменты появления на них максимумов могут несколько изменяться в зависимости от сочетания внешних факторов и характера внутренних связей.

Основываясь на принципе декомпозиции модели, мы рассчитали значения годового изменения концентрации O₂ в экологической системе [21, с. 63—70], а также важной ее оптической характеристики — коэффициента диффузного отражения солнечного света на поверхности морской среды в различных участках спектра [21, с. 26—37]. Полученный годовой ход содержания O₂ в экологической системе шельфа имеет

всего один абсолютный минимум в течение примерно двухнедельного периода во второй половине лета. Именно в это время в ряде районов изучаемой акватории наблюдаются заморные явления.

При вычислении коэффициента диффузного отражения моря использованы результаты моделирования годового хода концентрации биомассы фитопланктона и неживого органического вещества [7]. По последним были вычислены концентрации пигмента фитопланктона и желтого вещества, а также взвешенных частиц. При расчетах значений оптических характеристик морской среды использованы соотношения, принятые в гидрооптике. Полученные данные о годовом ходе коэффициента диффузного отражения моря, а также вычислявшиеся одновременно характеристики поглощения и рассеяния света в морской среде согласуются с имеющимися материалами натуральных наблюдений.

Переход от пространственно осередненных параметров системы, определяющихся в качестве первого шага анализа модели, к их значениям, зависящим от координат пространства [9, 10], позволил изучить пространственную структуру оптических свойств модели экологической системы [8], что, в свою очередь, открыло возможности ее экспериментальной проверки на основе дистанционных методов измерения. При этом соотношения модели связывают излучение моря в оптическом диапазоне с компонентами экологической системы, характеризующими ее биопродуктивность.

Как новый тип разработана логико-информационная модель эколого-экономической системы море—антропогенные факторы суши [11]. Модель используется для решения задачи управления развитием рекреационной сети Крыма при условии сохранения качества природной среды моря и суши.

Заключение

К наиболее важным проблемам дальнейшего изучения Черного моря можно отнести следующие: 1) обеспечение единства и комплексности в исследовании геологических и океанологических особенностей Черного моря всех организаций, участвующих в его изучении; 2) создание Атласа донных осадков всего Черноморского бассейна; 3) изучение особенностей рельефа, геологической истории, неотектоники и тектонического строения, закономерностей дифференциации веществ и литодинамических процессов, геохимических особенностей седиментогенеза материкового склона; 4) дальнейшее развитие моделей шельфа и пелагиали, разработка экологических прогнозов в условиях усиливающихся антропогенных воздействий; 5) создание модели циркуляции водных масс Черного моря, отвечающей целям долгосрочного экологического прогнозирования; 6) изучение закономерностей вертикального водообмена; 7) экспериментальные и теоретические исследования динамики сероводородной зоны для дальнейшего прогнозирования возможных изменений ее состояния; 8) комплексные исследования физико-химических процессов, обуславливающих формирование качества воды, особенно в прибрежных акваториях; 9) исследование газообмена через дно моря, поиск возможных выходов H_2S и углеводородов.

Проведение комплексных океанологических исследований Черного моря требует дальнейшего развития технических средств — создания мониторинговых систем, основанных на сочетании контактных и дистанционных методов измерения.

Summary

Studies of the Black Sea in the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR are carried out aimed at solving the problem of protection and efficient use of its natural resources and in interests of the oceanology development. Numerous expedition researches were conducted during 1980-1986. The data obtained have permitted creating some monographs

which throw light on peculiarities of the geological structure of the shelf and deep-water regions as well as constructing atlases of the basic hydrophysical and hydrochemical characteristics. Circulation of trace elements (copper, zinc, molybdenum, uranium) is studied as well as peculiarities of flows and of vertical water exchange. Mathematical models of the ecological shelf and pelagial systems using optic characteristics of the sea surface as output parameters that permits applying remote methods of measurement for control of models.

1. Айзатуллин Т. А., Леонов А. В., Фащук Д. Я., Багоцкий С. В. Динамика слоя существования кислорода и сероводорода и кинетика окисления сероводородом как показателя трансформации анаэробной зоны // Материалы конф. «Совершенствование управления развитием рекреационных систем» (Севастополь, 4—6 апр. 1985 г.).— Севастополь, 1985.— Ч. 2.— С. 403—445.— Деп. в ВИНТИ 06.11.85, № 7791.
2. Арбузова А. П., Батраков Г. Ф., Еремеев В. Н., Земляной А. Д. Временные вариации концентраций Rn^{222} в прибрежной зоне Черного моря // Докл. АН УССР. Сер. Б.— 1985.— № 3.— С. 3—5.
3. Астахова Т. В., Горак С. В., Краева Е. Я. и др. Геология шельфа УССР: Стратиграфия.— Киев: Наук. думка, 1984.— 184 с.
4. Бабинец А. Е., Жоров В. А., Богуславский С. Г. и др. Геохимия меди, цинка, молибдена, урана в водах Черного моря.— Севастополь, 1984.— 249 с.— Деп. в ВИНТИ 22.03.84, № 6611.
5. Баландин Ю. Г., Мельник В. И. Особенность состава и физико-химических свойств отложений западной мелководной части Черного моря.— Киев, 1984.— 60 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 83-2).
6. Беляев В. И. Модель шельфовой экосистемы для оценки ее потенциальной биопродуктивности // Системный анализ и моделирование процессов на шельфе.— Севастополь, 1983.— С. 7—18.
7. Беляев В. И., Жоров Н. А., Давыдова Е. П. Расчет годового хода компонент экосистемы шельфа // Там же.— С. 29—36.
8. Беляев В. И., Кондуфорова Н. В. Модельная оценка влияния внешних факторов на оптические поля северо-западного шельфа Черного моря. // Современные проблемы океанологии Черного моря.— Севастополь, 1986.— Ч. 2.— С. 248—252.— Деп. в ВИНТИ 17.09.86, № 6700.
9. Беляев В. И., Кондуфорова Н. В. Расчет пространственно-временных изменений компонент экологической системы северо-западного шельфа Черного моря // Там же.— Ч. 1.— С. 89—105.— Деп. в ВИНТИ 06.03.86, № 1579.
10. Беляев В. И., Сова Е. Е., Чепасова В. А. О влиянии физических и химических факторов на состояние верхней границы сероводородной зоны // Вопросы океанологии Черного моря.— Севастополь, 1984.— С. 15—20.— Деп. в ВИНТИ 16.01.85, № 460.
11. Беляев В. И., Худошина М. Ю. Оценка рекреационного потенциала региона на основе использования логико-информационной модели // V Съезд Геогр. о-ва УССР (Симферополь, март 1985 г.): Тез. докл.— Киев: Наук. думка, 1985.— С. 114—115.
12. Беляков Ю. М., Белякова О. М. Вертикальная структура инерционных течений в замкнутом глубоком море.— Севастополь, 1984.— 12 с.— Деп. в ВИНТИ 11.05.84, № 2227.
13. Богаец А. Т., Бондарчук Г. К., Лескив И. В. и др. Геология шельфа УССР: Нефтегазоносность.— Киев: Наук. думка, 1986.— 152 с.
14. Бозатко О. Н., Богуславский С. Г., Беляков Ю. М. Поверхностные течения Черного моря // Комплексные исследования Черного моря.— Севастополь, 1979.— С. 26.
15. Богуславский С. Г., Жоров В. А., Новоселов А. А. О проблемах сероводородной зоны Черного моря // Мор. гидрофиз. журн.— 1985.— № 1.— С. 54—58.
16. Борейко Л. Г., Емельянов В. А., Качанов Н. Н. и др. Проблемы инженерной геологии и гидрогеологии Черноморского шельфа УССР.— Киев, 1983.— 44 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 83-8).
17. Жоров В. А., Богуславский С. Г. Тенденция некоторых гидролого-гидрохимических процессов Черного моря // Метеорология и гидрология.— 1985.— № 11.— С. 63—69.
18. Жоров В. А., Богуславский С. Г., Бозатко О. Н. Распределение некоторых гидрохимических элементов в Черном море.— Севастополь, 1985.— 211 с.— Деп. в ВИНТИ 24.04.85, № 2747.
19. Звольский С. Т., Мельник В. И., Вовк П. К. Некоторые результаты изучения физико-механических свойств глубоководных донных осадков Черного моря с применением ядерно-геофизических методов // Геол. журн.— 1984.— Т. 44, № 5.— С. 76—84.
20. Изучение геологической истории и процессов современного осадкообразования Черного и Балтийского морей: Тр. междунар. симпоз. (Киев, 14—18 марта 1983 г.).— Киев: Наук. думка, 1984.— Ч. 1.— 148 с.; Ч. 2.— 160 с.
21. Комплексные исследования Черного моря / Под ред. Б. А. Нелепо.— Севастополь, 1984.— 144 с.
22. Мельник В. И. Подводные долины и каньоны Черного моря // Геол. журн.— 1986.— Т. 46, № 6.— С. 72—79.

23. Мельник В. И., Демедюк Ю. Н. Основные черты литогеохимии позднечетвертичных донных осадков южной части Черного моря.— Киев, 1985.—50 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; № 85-14).
24. Митропольский А. Ю., Безбородов А. А., Овсяный Е. И. Геохимия Черного моря.— Киев : Наук. думка, 1982.—144 с.
25. Молодых И. И., Усенко В. П., Палатная Н. Н. и др. Геология шельфа УССР: Лиманы.— Киев : Наук. думка, 1984.—176 с.
26. Соллогуб В. Б., Чекунов А. В., Пустильников М. Р. и др. Геология шельфа УССР: Тектоника.— Киев : Наук. думка, 1987.—152 с.
27. Шнюков Е. Ф., Аленкин В. М., Путь А. Л. и др. Геология шельфа УССР: Керченский пролив.— Киев : Наук. думка, 1981.—160 с.
28. Шнюков Е. Ф., Иноземцев Ю. И., Лялько В. И. и др. Геология шельфа УССР: Твердые полезные ископаемые.— Киев : Наук. думка, 1983.—200 с.
29. Шнюков Е. Ф., Мельник В. И., Иноземцев Ю. И. и др. Геология шельфа УССР: Литология.— Киев : Наук. думка, 1985.—189 с.
30. Шнюков Е. Ф., Мельник В. И., Митин Л. И. и др. Геология шельфа УССР: Среда. История и методика изучения.— Киев : Наук. думка, 1982.—176 с.

Мор. гидрофиз. ин-т АН УССР, Севастополь
Ин-т геол. наук АН УССР, Киев

Статья поступила
25.09.86

УДК 553.3.068.22

Железо-марганцевые конкреции поднятия Сьерра-Леоне (Атлантический океан)

В. Х. Геворкян, В. П. Малахов, В. П. Поповчак

Поднятие Сьерра-Леоне, расположенное в экваториальной зоне Атлантического океана (рис. 1), представляет собой обширное выровненное плато, разбитое на ряд крупных террасированных блоков, с глубинами океана 1350—1600 м. Лишь в западной части поднятия рельеф плато усложнен отдельными островершинными пиками с глубинами до 700 м. В геологическом отношении поднятие Сьерра-Леоне является изолированной структурой, отделенной от Африканского континента на востоке и горных сооружений Срединно-Атлантического хребта на западе широкими глубоководными (до 5000 м) желобами, а на севере и юге обрамляется глубоководными котловинами о-вов Зеленого Мыса и Либерийской (западная часть Гвинейской котловины).

Условия осадконакопления в этом регионе изучены довольно слабо, а данных о рудоносности практически нет. Поэтому вполне понятен тот интерес, который вызывали находки здесь фосфоритов, фосфоритизированных пород, железо-марганцевых конкреций и конкреционно-корковых образований во время проведения геологических исследований на НПС «Одиссей» Минрыбхоза СССР в 1982 г.

На ст. 27, 34, 35 и др. (рис. 1) с глубин 610—1220 м драгами и донными тралами на борт судна были подняты отдельные плиты размером до 120×90 см и мощностью 20—25 см, сложенные крупными обломками (до 15 см) перекристаллизованных скрытокристаллических и ракушечно-детритовых карбонатных пород. Эта масса обломков сцементирована тонкодисперсным интенсивно ожелезненным фосфатно-карбонатным веществом; вся плита, в свою очередь, перекрывается и дополнительно цементируется по различным порам и пустотам мощной (до 5—7 см) железо-марганцевой коркой, сглаживающей все неровности поверхности карбонатного конгломерата (рис. 2).

Среди фрагментов таких плит выявлены мраморизованные известняки, доломиты, фосфатизированные кости млекопитающих. Отмечено, что значительная часть ракушечно-детритовых известняков полностью претерпела процессы фосфатного метасоматоза, и сейчас они — настоящие фосфориты с содержанием P_2O_5 до 36%. Вероятно, доломиты также представляют собой метасоматические образования по известнякам, так как во многих случаях хорошо сохраняют первичную струк-