

ВІДДІЛЕННЯ МОРСЬКОЇ ГЕОЛОГІЇ ТА ОСАДОЧНОГО
РУДОУТВОРЕННЯ ЦНПМ НАН УКРАЇНИ

На правах рукопису
УДК 551.352:553.973(262.5)

БЛОХІНА ТАМАРА СЕРГІЇВНА

САПРОПЕЛЛЕВІ МУЛИ ЧОРНОГО МОРЯ
(РЕЧОВИННИЙ СКЛАД, ГЕНЕЗИС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ)

Спеціальність 04.00.10 - геологія океанів та морів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геолого-мінералогічних наук

КИЇВ - 1994

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00755895 (\$)

**ВІДДІЛЕННЯ МОРСЬКОЇ ГЕОЛОГІЇ ТА ОСАДОЧНОГО
РУДОУТВОРЕННЯ ЦНІМ НАН УКРАЇНИ**

На правах рукопису
УДК 551.352:553.973(262.5)

БЛОХІНА ТАМАРА СЕРГІЙВНА

**САПРОПЕЛЕВІ МУЛИ ЧОРНОГО МОРЯ
(РЕЧОВИННИЙ СКЛАД, ГЕНЕЗИС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ)**

Спеціальність 04.00.10 – геологія океанів та морів

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геолого-мінералогічних наук**

КИЇВ – 1994

ІНБ ім. В. Стефана
НАН України

ДВ. 57. 775

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана у відділі осадового рудоутворення
ВМГОР ЦНПМ НАН України.

Науковий керівник: академік НАН України, професор
С.Ф.Шникоу

Офіційні опоненти: доктор геолого-мінералогічних наук
Б.Ф.Зернецький (ІГН НАН України)

кандидат геолого-мінералогічних наук,
доцент В.І.Огородніков
(КНУ ім. Т.Шевченка)

Провідна установа: Державне Геологічне підприємство
"Кримгеологія"

Захист дисертації відбудеться "22" грудня 1994 р. в 10⁰⁰ год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради К.01.42.01 Відділення
морської геології та осадового рудоутворення ЦНПМ НАН України за
адресою: 252054, Київ, вул. Чкалова, 55-б.

З дисертаційною роботою можна ознайомитись у бібліотеці
Інституту геологічних наук НАН України.

Автореферат розісланий "21" листопада 1994 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, кандидат геолого-
мінералогічних наук

О.В. Іванніков

ЛНБ ім. В. Стефани
АН України

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ зумовлена складним економічним станом в країні, у зв'язку з чим велика увага приділяється детальному вивченню геологічної будови території України з метою виявлення нових геологічних об'єктів для пошуку та розвідки родовищ корисних копалин і довивчення уже розвіданих - для їх подальшого використання на основі нових науковомістких технологій. Кінцева ціль - забезпечення мінерально-сировинними, в тому числі морськими, ресурсами аграрно-індустріальної бази України. Тому фундаментальна роль морської геології, її практична значимість для раціонального освоєння морських мінерально-сировинних ресурсів не викликає сумнівів.

Чорноморський басейн є цінним геологічним об'єктом з точки зору науково-теоретичного і прикладного значення. Він потенційно багатий різними видами корисних копалин. Однак цей потенціал виявлений не в повній мірі, а питання можливості та доцільності його використання залишаються найменш розробленими.

Проведені в останні роки за участю автора дослідження по вивченню чорноморських сапропелей по лінії РЕВ 1 в рамках Програми ДНУТ "Дослідження і використання Світового океану в інтересах науки, народного господарства і оборони України" показали широке розповсюдження і унікальність в якості сировини багатощільового призначення цих специфічних органо-мінеральних відкладів.

Крім того, аналіз їх речовинного складу і розподілу по площі басейну дає матеріал для познання закономірностей процесу осадко-накопичення в Чорному морі в голоцені, що, в свою чергу, дозволяє не тільки реконструювати фізико-географічні і геологічні умови накопичення донних осадків, але і встановити умови формування та закономірності локалізації рудних і нерудних морських корисних копалин на більш ранніх етапах геологічної історії.

ЦІЛЬ РОБОТИ - комплексне детальне вивчення голоценових сапропелевих осадків Чорного моря, виявлення закономірностей формування їх літолого-геохімічних особливостей, попередня оцінка можливості та доцільності їх використання як сировини для виробництва різних видів продукції. Необхідність досягнення висунутої цілі зумовила постановку таких задач:

- систематизація та узагальнення всього накопиченого з цієї проблеми матеріалу з врахуванням нових даних;

- вивчення з високим ступенем детальності речовинного складу і літолого-геохімічних особливостей сапропелевих осаdkів;
- установлення методами статистичного аналізу структури взаємозв'язків змінних, що характеризують їх речовинний склад;
- виділення типів сапропелевих осаdkів і простеження їх просторового розподілу і розміщення в розрізі;
- уточнення генетичної природи морських сапропелей;
- оцінка можливості та доцільності використання чорноморських сапропелевих осаdkів як комплексної сировини.

ФАКТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. В основу дисертаційної роботи покладені матеріали, зібрані автором з 1989 по 1994 р. під час навчання в аспірантурі Інституту геологічних наук (ІГН) і роботи у Відділенні морської геології та осаdkочного рудоутворення (ВМГОР) НАН України. Фактичним матеріалом для рішення поставлених в роботі задач послужили колонки донних осаdkів, підняті гравітаційними трубками в експедиціях на НДС "М.Ломоносов" (1964, 1969, 1989,), "Муксун" (1972), "Ак.Вернадський" (1972, 1973, 1986, 1988, 1992,), "Академік" (1987, 1990,), "Іхтіандр" (1992-1993), "Проф. Водяницький" (1994), як за участю автора, так і люб'язно представлені йому співробітниками ВМГОР, ІГН та Інституту океанології БАН. Сапропелеві осаdkи вивчені по ґрунтовим колонкам і дочерпальним пробам зі 160 геостанцій західної частини Чорного моря.

В процесі роботи виконані і використовані 23 хімічних, 50 спектральних, 359 рентгенофлуоресцентних, 97 рентгеноспектральних, 50 рентгеноструктурних, 73 гранулометричних, 23 електронномікроскопічних, 100 мікроскопічних, 3 бітумологічних, 32 амінокислотних аналізів, 119 визначень C_{org} , 61 - U (загальний і рухливий), 8 датувань по ^{14}C . Проведено вивчення хімічного складу більш ніж 40 проб порових розчинів. Аналітичні роботи виконані в лабораторіях ВМГОР, ІГН, ІГФМ НАНУ за узвичаєними методиками. Вегетаційні досліді проведені на базі Інституту землеробства УААН.

Автором вивчені численні фондові матеріали і літературні джерела з теми досліджень. Математична обробка даних і побудова реконструктивних карт проведені на базі ВЦ Інституту ВПС МО України з застосуванням стандартних та оригінальних програм.

НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ:

- запропонована в якості дисертаційної робота є першою в Ук-

раїні спробою монографічного дослідження голоценових сапропелевих осадків західної частини Чорного моря;

- на основі детального вивчення розрізів донних осадків західної частини Чорного моря, їх речовинного складу розширені уявлення про сапропеленосну товщу; вона розглядається як сукупність давньочорноморських сапропелевих і глинисто-сапропелевих осадків, а також перехідних до сучасних відносно збагачених органічною речовиною сапропелевого типу ($OP_{\text{сап}}$) осадків;

- на базі вивчення розрізів сапропелевих осадків виділені типи останніх з урахуванням вмісту в них OP та інших осадкоутворюючих компонентів, простежений їх розподіл по площі і в розрізі;

- вперше проведені на базі кореляційного і факторного аналізів дослідження сапропелевих осадків дозволили отримати загальну картину структури взаємозв'язків змінних, які характеризують речовинний склад осадків і на основі факторної моделі - встановити розмірність виділеної системи, провести реконструкцію умов її формування, а також виявити деякі закономірності розподілу морських рудних і нерудних корисних копалин;

- розширені існуючі уявлення про механізми накопичення сапропелевих осадків.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ полягає в тому, що результати проведених автором досліджень дозволили дати попередню оцінку можливості і доцільності використання сапропелевих осадків як комплексної сировини, насамперед для агрохімічних і агробіологічних цілей. Побудовані рекогносцувальні карти потужностей сапропеленосної товщі і покрівлі, розподілу $S_{\text{орг}}$; їх комплексний розгляд дозволив намітити перспективну площу для проведення геолого-зйомочних робіт.

АПРОВАЦІЯ РОБОТИ І ПУБЛІКАЦІЇ. Основні положення і результати роботи увійшли у звіт з теми ДКНТ "Дослідження закономірностей формування сапропелевих мулів Чорного моря і можливостей їх використання" (Київ, 1992), послужили основою для розробки Національної програми "Дослідження і використання ресурсів Азово-Чорноморського басейну та інших районів Світового океану на період до 2000 року"; доповідались на конференції молодих вчених (Львів, 1993). З теми дисертації опубліковано 4 роботи.

ОБСЯГ І СТРУКТУРА РОБОТИ. Дисертаційна робота обсягом 168 сторінок друкованого тексту складається із вступу, 4 розділів і

заключення. Містить 28 таблиць, 25 малюнка і список літератури із 237 найменувань, з яких 89 іноземною мовою.

Робота виконана в 1989-1994 рр. у Відділенні морської геології і осадового рудоутворення ЦНПМ НАН України під науковим керівництвом доктора геолого-мінералогічних наук, професора, академіка НАН України Є.Ф.Шникова, якому автор виражає свою глибоку вдячність. Автор також щиро дякує за практичну допомогу і наукові консультації П.С.Дімітрову, В.Х.Велеву (ІО БАН), С.О.Клещенко, Г.М. Орловському, (ВМГОР НАНУ), Ю.М.Демеджу (НАМДІТ), О.А.Кичці (ІГН НАНУ), В.В.Куковському (ІВПС МО України).

ЗМІСТ РОБОТИ

І. Короткий нарис історії вивчення голоценових сапропелевих осадків Чорного моря

Сапропелеві шари в Чорному морі були відкриті М.І.Андрусом більше ста років тому. Незважаючи на відзначену багатьма авторами унікальність сапропелевих мулів, вони розглядались переважно як складова частина чорноморського верхньочетвертичного розрізу і не вивчались цілеспрямовано. До цього часу не існує їх систематичного дослідження, а нечислені публікації з окремих аспектів проблеми морського сапропелю не здатні охопити всієї її широти. У віковій історії досліджень Чорного моря умовно можна виділити 3 етапи, які відзначені підвищенням інтересом до сапропелевих мулів.

Перший - початковий (1894-1938 рр.); початок його співпадає з відкриттям М.І.Андрусом осадків, збагачених ОР, котрі згодом були описані А.Д.Архангельським і М.М.Страховим як "чорний мул і мікрошарувата глина" (1938). В рамках досліджень, проведених цими вченими, було встановлено, що останні є глибоководною фацією давньочорноморських відкладів, яка відрізняється від мілководної біологічними та літологічними особливостями, і можуть бути виділені майже скрізь в глибоководній частині басейну як самостійний комплекс осадків; вперше були приведені відомості по валовому хімічному складу, вмісту хлорофілу. Висказано припущення, що мезозойські і палеозойські глинисті сланці можуть виявитися гомологами глибоководних чорноморських осадків.

На другому етапі (1969-1985) були закладені основи знань з мікроелементного складу сапропелевих мулів (D.M.Hirst, E.Rona et al., I.I.Волков і Л.С.Фоміна, М.Ф.Пилипчук і I.I.Волков, 1974;

Г.Н.Батурін, 1975, 1982; О.Ю.Митропольський та ін., 1975, 1977, 1982), їх мінералогії (G.Muller, P.Stoffers, 1974), складу і геохімії складаючої їх ОР (B.R.Simoneit, J.H.Hunt, C.J.Lorenzen, E.Peake et al., E.T.Degens 1974; Н.Д.Старікова та ін. 1969, 1972), ізотопному складу вуглецю (W.G.Deuser, 1972, 1974), а також приведені дані щодо абсолютного віку сапропелів (по ^{14}C) (D.A.Ross, E.T.Degens, 1974), якісні та кількісні параметри видового складу фітопланктону епохи голоценового сапропеленакопичення і палінологічні характеристики (E.T.Degens et al., 1970; D.Walle, B.Dale, 1974; S.Roman, 1974; D.Burky, 1974). Літостратиграфія і умови накопичення висвітлені М.М.Страховим, 1971; К.М.Шимкусом та ін., 1975; Ф.А.Щербаковим та ін., 1976, 1978; Н.М.Андреевою та ін., 1979; Є.М.Смельяновим та ін., 1982; В.М.Сорокіним та ін., 1982, 1984.

Новий етап знаменується появою наприкінці 80-х - початку 90-х років робіт з сапропелевої тематики, що зумовлено зростанням потреби освоєння ресурсів морського дна і його надр (П.Дімітров і В.Велєв, 1988; Н.Ніколов, П.Дімітров та ін., 1990; П.Дімітров, 1990), і підвищеною увагою до проблем генезису т. зв. *наусто-* і *акаусто-*біолітів (С.Калверт, 1987, 1990; Т.Педерсен і С.Калверт 1992).

Склад і розподіл ОР в сапропелях вивчали Н.Б. Вассоевич та ін. (1986), І.Ковачева (1988), Є.С.Ларська та ін. (1990), Г.М.Парпарова та ін. (1990), Л.А.Кодіна та ін. (1990, 1991). В публікаціях з геохімії ОР наведені в основному результати вивчення бітумоїдів, в меншій мірі - гумінових кислот, дані щодо складу нерозчинної фракції та результати ізотопно-геохімічних досліджень.

Літологія сапропелевих осадків описана в роботах В.М.Гавшина та ін., 1988; Ю.М.Демедюка і В.І.Мельника, 1988, 1990; П.С.Дімітрова, 1990; Є.Ф.Шнюкова та ін., 1993, 1994.

2. ОСОБЛИВОСТІ БАСЕЙНУ ОСАДКОНАКОПИЧЕННЯ

2.1. Основні риси геологічної будови району досліджень та прилеглої суші

Приведена в цьому підрозділі характеристика геологічної будови Чорноморської западини і обрамовуючої її суші побудована на аналізі вітчизняних та закордонних наукових матеріалів. В стислому вигляді розглянуті такі аспекти цієї проблеми:

- глибинна будова і тектоніка Чорноморської западини;
- походження, вік і історія її розвитку;

- морфологія дна західного сектору Чорноморської западини;
- структура і будова осадового чохла;
- рель'єф та геологічна будова обрамування Західно-Чорноморської западини.

В роботі прийнятий розділ західної акваторії Чорного моря на чотири райони: Прибосфорський (західний і східний підрайони), західний, Дніпровсько-Дунайський і Кримський (західний і південний підрайони). При цьому приймалися до уваги в основному особливості геоморфологічної та геологічної будови западини і обрамування.

2.2. Умови і фактори пізньочетвертичного осаждонакопичення.

Особливості формування верхньочетвертичної товщі осадків Чорного моря в основному зумовлювались геологічною будовою і геоморфологією континентальної частини водозбірного басейну, яка є областю живлення теригенним матеріалом, а також геологічною будовою, тектонікою, морфологією дна і взаємопов'язаними гідрологічними, гідродинамічними і гідрохімічними якостями басейну седиментації. Окреме місце займав підводний вулканізм.

Клімат мав значний вплив на формування складу вихідного класичного матеріалу, а також визначив співвідношення теригенної і біогенної складових. Зміни клімату відбувалися в тісному зв'язку зі змінами режиму та інтенсивності тектонічних рухів. У відповідності до тектонічних рухів і коливань клімату змінювався і гідрологічний режим Чорного моря. Безпосередньою причиною його зміни були прориви солоних середземноморських вод у прісноводне Чорне море і короточасні, але значні надходження талих прісних вод з півночі. Індикаторами змін клімату і гідрологічного режиму басейну можуть розглядатися горизонти з підвищеним вмістом ОР.

Збагачені ОР осадки здатні формуватися в будь-якому районі, де зберігаються високий рівень поставки органічного матеріалу, відносно спокійний гідродинамічний режим і середні швидкості накопичення тонкозернистих мінеральних часток. Для зберігання і акумуляції ОР в осадках необхідно збалансоване, оптимальне співвідношення між динамічною активністю водних мас і швидкістю седиментації. Коли ж швидкість седиментації надмірна, відбувається розубожування, і формуються осадки з низьким вмістом ОР. Загалом, широкі межі коливань вмісту ОР в сучасних осадках можна пояснити взаємодією

трьох факторів: рівня біологічної активності, швидкості акумуляції органічної і мінеральної речовини і вмісту кисню (Дж.Хант, 1982).

2.3. Літостратиграфічна характеристика верхньочетвертичних відкладів західного сектору Чорного моря з елементами геохронології

При розчленуванні глибоководних осадків традиційно вживається літостратиграфічний метод. Верхньочетвертичні глибоководні осадки розчленовуються за літостратиграфічними ознаками на три літостратиграфічні одиниці: коколітові, сапропелеві мули і лютит, які позначені Е.Дегенсом і Д.Россом (1975) як Ia, Ib, Ic відповідно. До літостратиграфічних одиниць наближаються виділені раніше Д.А.Архангельським і М.М.Страховим (1938) для північно-західного континентального схилу і центральної котловини сучасні чорноморські, давньочорноморські і новоевксинські мули, що мають більше регіональне поширення, бо включають шельфові осадки. Сучасні осадки відповідають джеметинським, а давньочорноморські - каламітським, вітязевським і бугазським шарам схеми Л.А. і Є.Н.Невеських (1960) для шельфу. В кожному з цих трьох горизонтів виділяють пачки (Х.Г.Хричев та ін., В.М.Гавшин та ін., 1988; П.С.Дімітров, 1990) з характерним набором осадкоутворюючих інгредієнтів. Та чи інша сукупність пачок утворює реальні розрізи пізньочетвертичної глибоководної товщі осадків. Виділені горизонти є єдиним осадковим комплексом, сформованим у дві фази пізньоплейстоцен-голоценового етапу розвитку Чорноморського басейну (Ю.М.Демедюк і В.І.Мельник, 1990).

Виконаний короткий опис розрізів донних осадків, які характеризують процес пізньоплейстоцен-голоценового осадконакопичення на різних ділянках західної частини Чорного моря. Схематично представлені розрізи донних осадків, викриті колонками на цих ділянках.

Найімовірніший абсолютний вік сучасних, давньочорноморських, пізньоноевксинських осадків складає приблизно до 3; 3-7; 7-II тис. рр. відповідно (А.Д.Архангельський і М.М.Страхов, 1932, 1938; D.A.Ross et al., 1970, 1974; К.М.Шимкус та ін., 1975 та ін.). Для різних районів моря ці числа можуть вар'ювати. Згідно сучасній точці зору (Ю.М.Демедюк та ін., 1988; В.І.Мельник та ін., 1990), літологічні горизонти пізньочетвертичної пелагічної осадкової товщі Чорного моря формувались протягом значних проміжок часу, а вік їх кордонів не фіксований, а змінний.

3. ЛІТОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА І УМОВИ ФОРМУВАННЯ ГОЛОЦЕНОВИХ САПРОПЕЛЕВИХ ОСАДКІВ ЗАХІДНОГО СЕКТОРУ ЧОРНОГО МОРЯ.

Відомості про речовинний склад голоценових сапропелевих осадків Чорного моря далеко не повні і часом суперечливі. Усвідомлюючи складність проблеми, автор ставив перед собою мету проведення комплексного літолого-геохімічного вивчення чорноморських сапропелей, маючи на увазі перш за все якомога повну характеристику їх речовинного складу. На основі математичної обробки оригінального матеріалу і узагальнення літературних даних встановлені і проаналізовані закономірності формування гранулометричного, мінералогічного, хімічного, в тому числі мікроелементного, складу, і складу ОР сапропелевих осадків західної частини Чорного моря.

Особливості формування речовинного складу сапропелевих осадків розглядаються по двох основних компонентах, що складають їх масу: теригенному і органогенному. Такий підхід у свій час був запропонований О.Ю.Митропольським зі співавторами (1975,1977) при вивченні речовинного складу донних осадків Чорного моря.

Результати досліджень відображені на графіках і в таблицях. Приведені карти-схеми розповсюдження сапропелевих осадків з врахуванням розподілу в них $S_{орг}$, карти-схеми їх потужностей і потужностей покриваючих їх сучасних осадків (покрівлі), а також картовані значення факторів для всього досліджуемого району Чорного моря.

3.1. Методи літолого-геохімічних досліджень

При вивченні складу і властивостей осадків застосовувався комплекс сучасних методів досліджень: хімічний, спектральний, гранулометричний, рентгенофлуоресцентний, рентгеноструктурний, електронномікроскопічний аналізи, відпресування порових розчинів та інші види аналітичних і визначувальних робіт; по ряду проб виконано визначення абсолютного віку по ^{14}C . Аналіз органічної компоненти зводився до визначення бітумінозної частини ОР і амінокислотного складу (рідинна хроматографія).

Математичні методи, використувані при аналізі експериментальних даних, в роботі обмежені статистичним аналізом, в тому числі кореляційним і факторним. Останні, як уявляється, є найбільш ефективними з точки зору наглядності, і здатності розкриття існуючих закономірностей. В роботі описані методики їх виконання.

3.2. Літолого-мінералогічні особливості, розповсюдження і потужності сапропелевих осадків в західному секторі Чорного моря

3.2.1. Особливості гранулометричного складу сапропелевих осадків

Для групування осадків за гранулометричним складом було використано принцип тричленної класифікації. Згідно з ним сапропелеві осадки віднесені в основному до пелітових, рідше - до алеврито-пелітових мулів. Відмічено існування впливу біогенного матеріалу на гранулометричний склад осадків. Загальною ознакою всіх пелітових мулів є переважання крупнопелітової фракції осаду над субколоїдною. Очевидно, дещо нижчий вміст субколоїдної фракції цих осадків пов'язаний з домішкою часток ОР у вигляді рослинного теригенного і планктоногенного детриту. Помітний вміст алевриту (до 20%) відмічено для сапропелевих осадків схилу, прилеглого до Південного Криму, Дніпровсько-Дунайського і Прибосфорського районів; це відображає істотно теригенний характер цих осадків і пов'язано з інтенсивним знесенням уламочного матеріалу з континенту. Для гранулометричного складу сапропелевих осадків характерна мізерно мала кількість пісчано-алевритового матеріалу. В розподілі середніх вмістів пісчаної і алевритової частини осадків виразно проявляється різке переважання алевриту над псаммітом. Загальний вміст псаммітового матеріалу найнижчий по всій товщині верхньочетвертичних осадків.

3.2.2. Особливості мінералогічного складу сапропелевих осадків

Формування мінералогічного складу голоценових сапропелевих осадків зумовлено насамперед седиментаційними процесами. Діагенетичні перетворення зачіпають такі осадки не повною мірою.

Мінеральна частина голоценових сапропелевих осадків представлена в основному полікомпонентною сумішшю глинистих мінералів: переважають іліт і монтморилоніт, а в підлеглий кількості містяться хлорит і каолінит (G.Muller & P.Stoffers, 1974; Ф.А.Щербаков та ін., 1978; В.І.Мельник та ін., 1988; В.М.Гавшин та ін., 1988, П.С. Дімітров, 1990). Глинисті мінерали утворюють, як правило, певні мінеральні асоціації, що є результатом змішування осадкового матеріалу з різних джерел. Співвідношення між основними мінералами в мінеральних асоціаціях - величина змінна. Сапропелеві осадки моно-мінерального гідрослюдистого складу (50-80%) займають невеликі по площі ділянки в північно-західній частині акваторії; припускається

ся, що гідрослюда поступала з обширних просторів Східно-європейської платформи. На південь і в Прикримському районі кількість її значно знижується. Вміст монтморилоніту і змішаношаруватих гідрослюдисто-монтморилонітових утворень найбільший (30-50%) в Прикримському і Прибосфорському районах. В інших частинах басейну він не перевищує 20-30%. Підвищений вміст монтморилоніту в осадах Прикримського району пов'язаний, певно, з вивітрюванням вулканогенних порід Кримського складчатого спорудження. Крім того, розповсюдження і формування сапропелевих осадків суттєво монтморилонітового складу могло контролюватися вулканічною і гідротермальною діяльністю. Сапропелеві осадки переважно гідрослюдистого складу з незначною домішкою каолініту і хлориту (до 20%) розвинуті по всьому басейну. В північно-західному районі зафіксовані ділянки з відносно високими вмістами каолініту в сапропелях. Напевно, каолініт поступав за рахунок размиву древніх кор вивітрювання. Дані Н.С. Yoder & Н.Р. Eugster (1955), С.Е. Weaver. (1958), М.А. Ратеева (1964) свідчать на користь алотигенної природи глинистих мінералів.

Крім мінералів глинистої фракції, в пробах присутні карбонати, польові шпати, кварц, в значно менших кількостях спостерігаються піроксени, амфіболи, епідот (G. Muller & P. Stoffers, 1974; В.М. Гавшин та ін., 1988; Ю.М. Демедюк і В.І. Мельник, 1990). Вміст кварцу в сапропелях низький (20-30%). На ділянках з розвитком турбідитів і в палеоканьонах він збільшується.

Поряд з кластичними мінералами сапропелеві мули містять аутигенні мінерали у складі пісчано-алевритової фракції: сульфід заліза (насамперед піріт) і гіпс. Їх поява пов'язана з процесами хімічного перетворення ОР.

Підвищений вміст біогенної складової в алевритовому матеріалі свідчить про різку активізацію біологічної продуктивності басейну в давньочорноморські часи. Водночас сапропелеві осадки мінералогічним складом більше нагадують лютити, ніж коколітові мули. Таким чином вони є результатом нормальної кластичної седиментації і одночасного відкладу великої кількості ОР (G. Muller, P. Stoffers, 1974).

3.2.3. Літофаціальна характеристика і потужності сапропелевих осадків

В результаті проведених досліджень встановлено, що горизонт сапропелевих осадків, фіксуемий у товщі голоценових відкладів Чор-

ного моря, поширений в межах всієї глибоководної западини, включаючи підніжжя і нижню частину материкового схилу, а "заражені" сапропелем осадки спостерігаються і на шельфі. Сапропелеві осадки простежуються вгору по схилу до глибин 400-500 м, виклинюючись із розрізу в найкрутішій частині схилу північно-західного району. У верхній зоні материкового схилу південно-західного району (105-250 м) розрізи голоценових осадків поєднують в собі риси мілководної і глибоководної зон і складені сильно розубоженими пелітовими і дрібноалевритовими коколітово-сапропелевими мулами. На схилі на глибинах більше 500 м встановлені нечислені ділянки, де сапропелеві та інші голоценові осадки відсутні, що пов'язано безпосередньо з морфологією схилу і, отже, пануючими на ньому динамічними процесами.

Нижня межа сапропелевих осадків з новоевксинськими мулами, що їх підстеляють, чітка і добре літологічно виражена; подекуди межа розмита. Розташована вона на глибині 1-2 м, інколи понад 3 м від поверхні дна. Верхня межа цих осадків, як правило, поступова; це може бути наслідком нестійкого режиму поверхневих вод під час осадконакопичення, що зумовив заміну етапів накопичення сапропелевої ОР, глинистих часток і шарків коколітового і діатомового мулів. Найтонші прошарки сапропелю, встановлені в сучасних мулах, дають змогу визначити глибину верхньої межі сапропелевих осадків від поверхні дна, рівну 20-50 см. В районах з переважно теригенною седиментацією ця межа розташована значно глибше (до 1 м і більше).

Найявний фактичний матеріал дозволив вперше розглянути особливості розподілу потужностей сапропелевих осадків, а також одержати їх кількісні значення. Потужність всієї товщі збагачених сапропелевою ОР осадків коливається від 35 см до 2 м, інколи більше. Максимальні сумарні потужності установлені біля підніжжя окремих найкрутіших ділянок схилу, де відзначена наявність турбідітоподібних і зсувних товщ. Потужність найзбагаченішої ОР_{сап} частини осадків в непорушеному заляганні коливається від 10-20 до 50 см. План розподілу сумарних потужностей цих осадків відображує істотні розбіжності в умовах їх накопичення.

Наведені в підрозділі 2.3, матеріали свідчать про широкую літофаціальну різноманітність сапропелевих осадків. В основу рішення питання, що вважати літофацією, а що - вертикальною мінливістю, покладений принцип J. Walther (1894) і поняття про т. зв. "літоло-

гічний пакет", що передбачає вивчення взаємного розташування фацій і їх осадових текстур у певній послідовності, а не тільки індивідуальних фацій з їх набором текстур (Ф.Петтіджон, 1981).

Площа типового розвитку одиниці Ib обмежена абісальною рівниною і частково поширена на підніжжя і нижню зону схилу (А.Д.Архангельський і М.М.Страхов, 1938; Х.Хрисчев, 1988). Тут розвинуті сапропелеві (літофація Ib_1) і глинисто-сапропелеві мули (Ib_{2-1}). На схилі поширені глинисто-сапропелеві (Ib_{2-1}), сапропелєво-глинисті (Ib_2), глинисті теригенні сапропелєвидні (Ib_t), брекчировані сапропелєві мули (Ib^0).

3.3. Геохімія осадоутворюючих та інших макро- і мікрокомпонентів сапропелєвих осадків

3.3.1. Склад та геохімічна характеристика органічної речовини сапропелєвих осадків

Специфіка досліджуваних осадків визначається присутністю в них значної частки аморфної безструктурної ОР, яку прийнято називати сапропелєвою (Б.Тіссо, Д.Вельте, 1981; Д.Хант, 1980; М.Б.Вассоевич, 1986). Відомо, що аморфна сапропелєва ОР походить з планктону. Згідно W.Deuser (1971), Ю.І.Сорокіну (1982), важливим джерелом ОР, що поступала в донні осадки, поряд з фітопланктоном був бактеріопланктон. Разом з тим, ряду проб із областей лавинної седиментації властива домішка безструктурної дисперсної алохтонної ОР (гумусової, $OR_{гум}$), продукуємої наземними рослинами (при макроописі виявлена значна кількість залишків вищих рослин). $OR_{сап}$ в основному є продуктом перетворення жирних кислот, якими багаті залишки низчих рослин і тварин. Для нього характерне переважання аліфатичних і аліциклічних структур, тоді як для $OR_{гум}$ - ароматичних.

Критеріями для визначення типу ОР в досліджуваних осадках служили ізотопний склад $C_{орг}$ і значення відношень C/N в ОР, Н/С в нерозчинній ОР (НОР) (O.Bordowski, 1965; Ф.А.Щербakov та ін., 1978; B.Simoneit, 1974; S.Calvert et al., 1987; Л.А.Кодіна та ін., 1991). Сапропелєва ОР відрізняється важчим ізотопним складом $C_{орг}$ (-23,3- -23,6‰), нижчим значенням відношень C/N (до 10) і вищим - Н/С (1,7-1,9) у порівнянні з ОР наземного походження (до -28‰; більше 15; 1-1,5 відповідно). Вміщена в сапропелєвих осадках з різних частин басейну ОР генетично неоднорідна, що пов'язано з різним поєднанням авто- і алохтонного матеріалу, і може бути представлена

чисто сапропелевим типом або змішаним гумусо-гумоїдно-сапропелевим (Г.М.Парпарова та ін., 1990).

Груповий склад ОР, сформований в сапропелевих осадах, характеризується найбільшим вмістом легкогідролізуємих речовин (до 31,7%), значною часткою бітумоїдів (2,3-3,2%) і найнижчим вмістом НОР (56,3-58,1%) (А.Ф.Щербаков та ін., 1978; Л.И.Потапова, 1982). Особливий груповий склад визначається специфікою вихідного матеріалу і ступенем його перетвореності.

При вивченні молекулярної структури ОР морського сапропелю (B.R.Simoneit, 1974; J.N.Hunt, 1974; E.Peake et al., 1974; Л.А.Кодіна та ін., 1991 та ін.) ідентифікований ряд органічних сполук, успадкованих від молекулярних структур живої речовини (насамперед планктону і бактерій): нормальні алкани з довжиною ланцюга від C_{13} до C_{33} з переважанням непарних молекул над парними; ізопреноїдні алкани (прістан C_{19} , фітан C_{20}) та близькі до них алкани, подібні фітадієнам; тритерпени C_{30} і тетратерпени C_{40} (в тому числі каротиноїди); ряд карбоксильних кислот - вірогідно, похідні каротиноїдних структур; жирні кислоти з довжиною ланцюга від C_{14} до C_{34} з переважанням парних молекул над непарними (пальмітинова кислота C_{16} складає 26-27% від загальної кількості кислот).

Одержані автором дані свідчать про високий (до 19407 мкг/г) і представлений широким спектром (17 одиниць) вміст амінокислот в сапропелі, що складає до 6,3% від вмісту ОР.

3.3.2. Вміст органічного вуглецю в сапропелевих осадах

Ступінь збагаченості осадків ОР характеризується вмістом $C_{орг}$. Аналіз наявних даних дозволив виявити закономірності розподілу $C_{орг}$ в розрізі осадків, по площі басейну, встановити ступінь залежності вмісту $C_{орг}$ від батиметричних обставин, з глибиною занурення осадку від поверхні дна, від ступеню дисперсності осадку.

Вміст $C_{орг}$ в досліджуваних сапропелевих осадах коливається від 1,7% в коколітово-сапропелевих до 22,9% в сапропелевих мулах, а середні значення $C_{орг}$ для різних літофацій, збагачених сапропелевим ОР, - від 3,0 до 14,1%. В розрізах з областей розвитку уповільненої суттєво біогенної седиментації ОР збагачена більшою мірою середня частина розрізу сапропелевої товщі, представлена мулом, який текстурою, складом і властивостями найповніше відповідає по-

няття "сапропель" ($C_{орг} = 8-18\%$ і вище). Вміст $C_{орг}$ різко падає вище і нижче по розрізу. На ділянках, де осадконакопичення носило більш теригенний і менш упорядкований характер (області лавинної седиментації), розрізи осадків досить сильно видозмінені і в них звичайно важко означити стабільне положення максимально збагаченого ОР шару, але все ж максимум частіше тяжіє до низів горизонту. Вміст $C_{орг}$ не піднімається вище 8%, переважними є значення 3-4%. В турбідітних глинистих мулах відмічається підвищений вміст $C_{орг}$ (від 1,20 до 3,00%) у порівнянні з новоевксинськими мулами.

Напевно, не слід очікувати значимого зв'язку між вмістом в осадках ОР та глибиною занурення їх від поверхні дна.

Запропонована схема розподілу $C_{орг}$ в досліджуваних осадках по площі басейну найбільш адекватно відображує реальні обставини сапропеленакопичення: найвищі значення $C_{орг}$ відмічені в халістатичній області і для нижньої зони материкового схилу та його підніжжя в північно-західній і західній частинах басейну. В південній частині басейну і біля Південного Криму в голоцені на схилі накопичувались теригенні відклади з підвищеною домішкою біогенного матеріалу.

Вміст $C_{орг}$ в "заражених" ОР_{сап} мулах північно-західного мілководдя змінюється від 1 до 3,5% (Ф.А.Шербаков та ін., 1976) і від 2 до 3% - в мулах південно-західного шельфу (П.С.Дімітров, 1990).

Апроксимація експериментальних даних методом кубічної сплайн-інтерполяції дозволяє установити в цілому експоненціальну залежність вмісту $C_{орг}$ від глибини моря.

Раніше був установлений зв'язок ОР з тонкозернистими осадками (P.Bitterli, 1963). Високий вміст $C_{орг}$ в осадках добре корелює з високими концентраціями часток субколоїдного розміру (<1мм) і з розповсюдженням іліту і монтморилоніту (К.М.Шимкус та ін., 1974); перше, певно, пов'язано з численністю суспендованого матеріалу (>0,7-1мм), вміщуючого помітну кількість $C_{орг}$. Разом з тим, А.М. Горською (1956); В.М.Фроловською та ін., (1970) встановлений взаємозв'язок між вмістом $C_{орг}$ і сумами гранулометричних фракцій 0,01-0,005 і 0,005-0,001 мм в досліджуваних осадках.

3.3.3. Типизація сапропелевих осадків західного сектору Чорного моря

На сьогоднішній день не існує єдиної загальноприйнятої класифікації морських сапропелевих осадків, як це має місце для озерних

сапропелів. Однак ще А.Д.Архангельський і М.М.Страхов (1938) серед збагачених ОР верхньочетвертичних чорноморських осадків виділяли "мікросхарувату глину" (2,5-3,5% $C_{орг}$) і "чорний мул" (8,65-13,76% $C_{орг}$). Крім того, ними описані перехідний і глинисто-вапнистий мули, відносно збагачені сапропелевою ОР (в середньому 3,68% $C_{орг}$). На пізнішому етапі досліджень Чорноморського басейну К.М.Шимкус і співавтори (1975) запропонували свою схему, в якій був здійснений розділ осадків за вмістом в них ОР. Тоді ж вперше виділені сапропелевидні, слабосапропелеві і сапропелеві мули. Згодом ці ж автори внесли деякі поправки і доповнення: запропоновано виділяти осадки, збагачені ОР (1-3% $C_{орг}$), сапропелевидні (3-5%), слабосапропелеві (5-10%) і сапропелеві (понад 10%). Цією класифікаційною схемою користувались багато дослідників, хоч досить часто мало місце вільне поводження з термінологією, не завжди чітко проводилась грань між виділеними групами, тому існують деякі розбіжності в описах складу і властивостей сапропелевих осадків, приведених різними авторами.

Наприкінці 80-х з загостренням потреби в нових нетрадиційних видах сировини морські сапропелі стають предметом більш детального вивчення; виникає потреба їх типизації. Запропонована автором методика вивчення сапропелевих осадків передбачає пошарове дослідження їх товщі, що сприяє більш точній характеристиці різних видів сапропелю в межах одного басейну і навіть в межах одного розрізу.

Уявляється доцільним виділення принаймні семи типів сапропелевих осадків: власне сапропелевий (1), глинисто-сапропелевий (сапропелево-глинистий) (2) мули, сапропелева брекчія (3), глинисто-сапропелевий мул з розвитком хемогенних карбонатів (4), глинистий теригенний сапропелевидний мул (5), коколітово-сапропелевий (6) і діатомово-коколітово-сапропелевий мул (7). В роботі міститься докладний опис кожного з виділених типів сапропелевих осадків. Аналіз фактичного матеріалу і даних по $C_{орг}$ з застосуванням методів математичної статистики виявив найбільш оптимальні граничні вмісти: для збагачених ОР осадків - 1-2,75%; сапропелевидних - 2,75-4,00%; слабосапропелевих - 4,00-8,00% і власне сапропелевих осадків - понад 8,00% $C_{орг}$. Отже, група біогенних сапропелевих осадків представлена власне сапропелевим мулом; вона досить добре відокремлена. Незважаючи на це, в полі її розповсюдження трапляються одиничні проби сапропелевої брекчії. Група теригенно-біогенних слабосапро-

пелевих осадків містить переважно глинисто-сапропелеві осадки, сапропелеву брекцію, глинисто-сапропелеві мули з хемогенними карбонатами і діатомово-сапропелеві мули плюс одиничні проби коколітово-сапропелевого і сапропелево-глинистого мулів. Перші чотири перераховані типи потрапляють також в групу біогенно-теригенних сапропелевидних осадків разом з останніми двома, котрі домінують в цій групі. В неї також потрапляють окремі проби теригенних глинистих сапропелевидних мулів - насамперед представники групи теригенних осадків, збагачених ОР. Остання буде представлена і одиничними пробами сапропелево-глинистих і коколітово-сапропелевих мулів.

3.3.4. Вміст і розподіл CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 ,

інших хімічних сполук, макро- і мікроелементів

Установлено, що сапропелеві осадки мають досить специфічний хімічний склад, який відрізняється від складу карбонатних мікрошаруватих, передусім коколітових, мулів та лютитів.

Для цих осадків характерні такі геохімічні особливості: крім того, що осадки значно збагачені ОР, вони в цілому збіднені CaCO_3 (17%; приведено середнє значення з врахуванням значень для нижніх інтервалів сапропелевих осадків з розвитком хемогенних карбонатів і для перехідного до коколітових мулів шару осадків); вміст в них інших осадкоутворюючих компонентів змінюється в широких межах: SiO_2 вал - 20-50%, SiO_2 ам - 0-10%, Al_2O_3 - 5-16%. При цьому суми вмістів найголовніших осадкоутворюючих елементів - Si і Al - в послідовності "червоноколірні, сапропелеві і коколітові мули" відносяться як 1:0,55; 0,23, а кількості теригенного матеріалу - як 1:0,66:0,32 відповідно (В.М.Гавшин та ін. 1988).

Хімічний аналіз показав, дещо підвищені в сапропелях, порівняно з вище- і нижчезалягаючими мулами, середні вмісти Na_2O (2,05% при граничних вмістах 0,91-4,37%), K_2O (1,98%; 1,01-2,84%), P_2O_5 (0,12%; 0,02-0,30%). Вмісти Fe, Mn, Ti практично збігаються з вмістами цих елементів у сучасних мулах: відповідно 2,5-5%; до 5%; 0,15-0,20%. Але вони істотно знижені у порівнянні з вмістом Fe, Mn, Ti в новоевксинських мулах.

З отриманих даних випливає, що розподіл $S_{\text{сар}}$, Cl в цілому повторює розподіл $C_{\text{орг}}$ (коефіцієнт кореляції $r=0,51$; 0,45 відповідно). Вмісти цих елементів дещо збільшені в сапропелевих осадках (середні значення для $S_{\text{сар}}$ - 1,0; для Cl - 2,04) порівняно з їх

вмістом в вище- і нижчезалягаючих мулах.

Для всіх типів сапропелевих осадків установлена обов'язкова присутність більше 20 мікроелементів (Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, As, Pb, Se, Br, Mo, U, V, Au, Ag та ін.). Вміст деяких (Mo, U, Cu, Zn, Ni, As, Se, Au, Ag) часто перевищує кларкові вмісти цих елементів в осадкових породах, осадках і ґрунтах.

В роботі у вигляді табличного матеріалу приводяться відомості по граничним і середнім вмістам хімічних елементів і сполук, отримані на основі оригінальних матеріалів.

Істотний розкид валового хімічного складу сапропелевих осадків, напевно, є результатом нерівномірного розподілу по площі басейну і в розрізі $C_{орг}$, $CaCO_3$ і розбіжностей мінералогічного складу, що, в свою чергу, зумовлюється гідродинамікою басейну, змінами його біологічної продуктивності під час накопичення осадків, складом порід навколишньої суші і рядом інших факторів.

На прикладі Дніпровського каньйону і Західного Криму, де сапропелеві осадки представлені найповніше, розглянутий розподіл найбільш інформативних оксидів: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 і цілого ряду хімічних елементів для різних типів сапропелевих осадків. Дані приводяться у вигляді табличного матеріалу з коментарем до нього. Геохімічні особливості різних типів сапропелевих осадків установлені за індикаторним співвідношенням окислів: SiO_2/Al_2O_3 , Na_2O/K_2O , FeO/Fe_2O_3 .

Особливості геохімії ряду хімічних сполук і елементів виявлені також на базі кореляційного аналізу. В розрахунку кореляційної матриці R хімічного складу сапропелевих осадків досліджуваного району використана матриця вихідних даних Y розмірністю 108×37.

Прямий, але не високий кореляційний зв'язок SiO_2 вал і Al_2O_3 ($r=0,28$) свідчить про те, що основними мінеральними формами є силікати; водночас в ряді випадків збільшена роль кварцу. Високі кореляційні зв'язки Al_2O_3 з K_2O ($r=0,96$), MgO ($r=0,81$), Fe ($r=0,54$) свідчать про теригенне джерело K, Mg, Fe, мігруючих в структурі алюмосилікату. Співвідношення SiO_2/Al_2O_3 (3,5-4,7) вказує на все ще значну роль теригенної складової в процесі сапропеленакопичення. Для глинисто-сапропелевих мулів Західного Криму співвідношення SiO_2/Al_2O_3 досягає значень 10,3, що може бути пов'язано з присутністю значних кількостей кварцу в цих осадках. Разом з тим, високі

значення цього співвідношення (в середньому 7,01) в діатомово-сапропелевих мулах Дніпровського каньйону, певно, є результатом підвищеної біологічної продуктивності за рахунок розвитку діатомей.

Співвідношення $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ коливається в межах 0,62- 1,74. Нижчі значення пов'язані з вищим ступенем накопичення теригенного матеріалу, вищі - свідчать про зростаючу роль біогенної седиментації.

Аналіз розподілу $\text{C}_{\text{орг}}$ і SiO_2 ам дозволив виявити спільність поведінки цих компонентів в розрізах осадків, що, в свою чергу, свідчить про тісний генетичний зв'язок $\text{C}_{\text{орг}}$ і SiO_2 ам.

Для всіх типів сапропелевих осадків особливість поведінки Fe така, що закисна його форма значно переважає над окисною за рахунок інтенсивного відновлення ОР вихідного седиментаційного Fe до закисних форм ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3-5$ і більше).

За характером кореляційних зв'язків елементи поділені на групи: 1) Cu, Ni, U, Br, Se, As (підвищений вміст цих елементів характерний для осадків, високо збагачених ОР); 2) Rb, Tl, Zn, Y, Ga, Mn і Pb (елементи цієї групи тісно пов'язані з залізом і між собою); 3) Sr (проявляє підвищену позитивну кореляцію з Ca ($r=0,61$)). Виділення елементів в групи корисно при обґрунтуванні розподілу останніх між різними типами сапропелей.

Щоб врахувати змінність складу сапропелевих осадків, викликану непостійністю співвідношення алюмосилікатної і неалюмосилікатної фаз, встановити різні алюмосилікатні фази і відносно збагачення або виснаження елементами інших фракцій, використано відношення мікроелемент/Al. Припускалось, що всі елементи присутні в деяких кількостях в алюмосилікатній фазі; Al служив еталонним елементом.

3.3.5. Асоціації мікроелементів і факторна модель формування речовинного складу сапропелевих осадків

Конкретна факторна модель приготована для отримання загальної картини структури взаємозв'язків змінних, які характеризують речовинний склад сапропелевих осадків, і для оцінки на її основі розмірності виділеної системи. Вона відображує структуру зв'язків в кореляційній матриці. Структура взаємозв'язків змінних представлена 4 факторами (F_1, F_2, F_3, F_4), що об'єднують 50% загальної дисперсії. При розшифруванні факторів враховувались відмінності в складах законспірих асоціацій елементів (парагенезисів).

Отримані угруповання елементів в площинах F_1 і F_3, F_2 і F_4

свідчать, з одного боку, про неоднорідний літологічний склад оса-дків, з другого - про специфіку фізико-хімічних умов і незначних постседиментаційних перетвореннях.

В парагенетичну асоціацію I, об'єднану F_1 (дисперсія 21,3%), з високими і значимими навантаженнями увійшли Rb, Fe, K, Zn, Tl, Y, Al, Mn, Ga, Pb, більша частина яких концентрується в теригенних глинистих мінералах. В цілому F_1 відображує зв'язок мінералого-геохімічного обрису осаdkів зі складом і кількістю зносу порід обла-стей живлення, що дозволяє інтерпретувати його як теригенний. При картуванні F_1 установлена приуроченість підвищених його значень до зон розвитку теригенно-біогенних осаdkів.

Друга парагенетична асоціація (F_2 , дисперсія 14,7%) включає $C_{орг}$, Cu, S, Cl, Se, Ni, Br, As, Zn. Структура зв'язків змінних F_2 відображує, з одного боку, залежність перелічених елементів від $C_{орг}$, а з другого - взаємозв'язок $C_{орг}$ з F_2 . При картуванні F_2 установлена приуроченість його максимальних значень до халістатази і Дніпровсько-Дунайського району, що співпадає також з розподілом $C_{орг}$ і дозволяє інтерпретувати F_2 як біогенний.

Загальною рисою третьої асоціації (Sr,Ca) є високі позитивні навантаження на фактор F_3 (дисперсія 7,9%), для якого спостерігає-ться просторова приуроченість до зон інтенсивного карбонатакопи-чення (Дніпровсько-Дунайський і Прибосфорський райони).

Високе позитивне навантаження на F_4 (дисперсія 6,1%) встанов-лена для P. Отже, фактор F_4 контролює значні зміни у вмісті P. Аналіз зв'язків F_4 з іншими елементами дозволяє припустити, що го-ловним джерелом надходження P в басейн є річковий стік. Інші дже-рела мають другорядне значення.

Таким чином, сапропелеві осаdки характеризуються не тільки унікальною насиченістю ОР, але й стійко підвищеною концентрацією широкого набору елементів - P, S, Cu, Ni, Zn, U, Mo, Br, Se, As, Ag, Au, більша частина яких виразно асоціює з сапропелевою ОР. В ході досліджень установлено також, що хімічні елементи Fe, K, Mn, Rb, Zn, Y, Ga, Pb в основному асоціюють з теригенною фракцією сапропелевих осаdkів, а Ca, Sr - з карбонатною. В межах кожної з груп розподіл елементів цілком одноманітний.

В підрозділі розглядається роль в накопиченні хімічних елеме-нтів глинистих мінералів, карбонатної і органічної речовини, можл-

ивість вносу ряду елементів (P, U, V, Ni, Cu, Co, As) з глибинних джерел разом з вулканічним матеріалом і гідротермальними розчинами в періоди інтенсифікації сеймотектонічної активності, і вплив цих процесів на бурхливий розвиток фітопланктону (С.Г.Неручев, 1982). Показано, що ОР була головною рушійною силою діагенезу, що знайшло відбиття і в складі мулових розчинів. З іншого боку, збагачені ОР_{сап} мули були геохімічним бар'єром для багатьох елементів (О.Ю. Митропольський і Л.В.Єремєєва, 1983), однак їх концентрації на бар'єрі не досягають промислових значень.

3.4. Генезис сапропелевих осадків

Процес формування голоценових чорноморських сапропелей прийнято розглядати (М.М.Страхов, 1971; К.М.Шимкус та ін., 1975; Ф.А. Щербakov та ін.; 1976, 1978; Є.М.Ємельянов та ін., 1982; В.М.Сорокін та ін. 1982, 1984; Г.М.Парпарова та ін, 1990) як результат відбувщихся в голоцені глобальних змін клімату, рівня Світового океану, які зумовили трансгресію моря за рахунок прориву середземноморських вод через Босфор і збільшення річкового стоку з континенту, зростання зносу органічного матеріалу з суші, бурхливий розвиток фіто- і зоопланктону і різке збільшення його продуктивності, а, як результат, накопичення сапропелевих осадків. Належним чином враховується роль гідродинамічного режиму басейну, структурно-тектонічної, гідрологічної і гідрохімічної обстановки, впливаючих на накопичення і розподіл ОР по площі басейну.

Запропонована Н.М.Андреевою зі співавторами (1979) гіпотеза бактеріального хемосинтезу передбачає якісно інший механізм накопичення сапропелей в Чорному морі. Суть його полягає у розвитку в зоні H_2S/O_2 процесів бактеріального хемосинтезу, продукти якого служили важливою складовою частиною ОР_{сап} осадків. Разом з тим кількісні оцінки продукції хемосинтезу для зони H_2S/O_2 (Ю.І.Сорокін, 1982; А.І.Нестеров та ін., 1990; Г.Г.Полікарпов та ін., 1990) свідчать про невисокий (біля 10%) вклад хемосинтезованої ОР в загальний кругообіг $C_{орг}$, явно недостатній для того, щоб накопичувались мули, основна доля ОР яких складена продуктами бактеріального хемосинтезу, що дозволило автору припустити, що утворення чорноморських сапропелей обумовлено ще більш масштабними процесами бактеріального хемосинтезу і метаноокислення в давньочорноморський час.

Широкий розвиток цих процесів міг бути результатом впливу як екзогенних, так і ендегенних, пов'язаних з інтенсивною сейсмотектонічною активністю (Є.В.Максимов, 1972), в тому числі вулканічною діяльністю (Є.Ф.Шнюков та ін., 1992, 1993, 1994), факторів. Джерелом енергії могли бути крім автохтонних алохтонні відновлені сполуки (H^2 , H_2S , S^0 , $S_2O_3^2$, SO_2 , NH_3), які надходять у складі газових струменів і холодних "сіпів" діагенетичного походження, або з ендегенних; в тому числі гідротермальних, джерел.

Напевно, механізм формування сапропелевих осадків в Чорному морі обумовлений глобальними взаємопов'язаними факторами (змінami клімату, магнітного поля Землі, значним підйомом рівня Світового океану), котрі відобразились в розвитку трансресії, проявленні сейсмотектонічної кризи, на збільшенні біопродуктивності в басейні (С.Г.Неручев, 1982), що дало поштовх для інтенсивного сапропеленакопичення, в основі якого лежать процеси бактеріального синтезу і метанотрофії. Специфіка місцевих фаціальних, гідродинамічних і гідрохімічних умов внесла деякі особливості в накопичення OP_{cap} в голоцені. Ці тези пропонуються як гіпотеза.

4. ПРОБЛЕМА ОСВОЄННЯ ГОЛОЦЕНОВИХ САПРОПЕЛЕВИХ ОСАДКІВ ЯК КОМПЛЕКСНОЇ СИРОВИНИ

4.1. Аналіз основних властивостей і складу голоценових сапропелевих осадків Чорного моря

Специфічні органо-мінеральні донні осадки голоцену Чорного моря, що іменуються сапропелями, являють собою однорідну желеподібну масу з колоїдальною структурою, і характеризуються високою вологістю (60-97%), підвищеним або високим вмістом OP (3-45%), підвищеною і високою зольністю (50-85%).

Для них характерна шарувата макро- і мезотекстура або безладна мезо- та мікротекстура. Колір їх досить різноманітний і залежить від наявності органічних і неорганічних речовин. Маючи малу питому вагу, велику вологість і пористість, сапропелевим осадкам присутня відносно висока пластична міцність.

Компонентний склад OP сапропелевих осадків, хімічні особливості її будови далеко не цілком вивчені, але із вже наявної інформації ясно, що ці осадки є акумулятором багатьох хімічно активних і корисних речовин (каротини, амінокислоти).

Мінеральна частина цих осадків містить велику кількість пожи-

вних речовин (K_2O , P_2O_5 , N та ін.) і біологічно активних елементів (Ca, Cu, Mn, Zn та ін.). Присутність в мінеральній частині монтморилоніту, гідрослюди обумовлює їх сорбційні властивості.

4.2. Про можливість використання голоценових сапропелевих осадків Чорного моря для агробіологічних та промислових цілей

Враховуючи високу збагаченість досліджуваних осадків ОР, корисними і біологічно активними макро- і мікроелементами, а також широке розповсюдження та відносно великі потужності, можна говорити про значні запаси (вимірювані триліонами тон) органо-мінеральної сировини в Чорному морі. В той же час у світовій практиці до цього часу не відомі приклади використання морських сапропелів в аграрному чи промисловому комплексах. Планомірне ж виконання геолого-розвідувальних робіт з вивчення озерних родовищ сапропелю ведеться з початку 60-х рр., що вже дало певні результати в плані використання їх в якості комплексної сировини. А значна схожість в складах класичних озерних сапропелів та їх морських аналогів підтверджує можливість використання останніх в практичних цілях з врахуванням уже накопичених раніше знань та досвіду.

Природна різноманітність сапропелевих осадків, сполучення в їх складі дрібнодиспергованих та колоїдних мінеральних силікатів, різних металів і величезної кількості органічних сполук зумовлює широкий діапазон їх застосування.

Використання морських сапропелів у практиці та теорії землеробства є виключно новим питанням. Перша серія дослідів з застосування чорноморських сапропелевих осадків для агрохімічних і агробіологічних цілей була проведена в кількох профільних інститутах Болгарії. В якості технологічних проб використовувались сапропелеві мули, відібрані в північно-західній (український сектор) і південно-західній (болгарський сектор) частинах моря. Установлено, що оптимальна кількість сапропелю покращує якість та урожайність ґрунтів (в 1,5 рази пшениці, в 2 рази люцерни і бобових), забезпечує тривалу стабілізацію структури ґрунтів (П.Дімітров, В.Велев, 1988; Н.Ніколов, П.Дімітров та ін., 1990; П.Дімітров, 1990). Перші вегетаційні досліді в Україні показали, що прирости загальної маси зерна 100 рослин ячменю при застосуванні 80 т/га морського сапропелю майже на 10% вищі, ніж при внесенні такої ж дози озерного і на 23% вищі, ніж на контролі (Є.Г.Дегоджик, Т.С.Блохіна та ін., 1994).

Певні можливості застосування сапропелевих мулів існують в медицині (напр., лікувальні грязі, сорбенти) і фармакології (різноманітні біостимулятори). Крім того, вони можуть бути широко застосовані в будівництві як звуко- і теплоізолювальні матеріали, наповнювачі. Сапропелі також можуть служити фільтрами для очистки води і газів. Непогані результати показали одиничні досліди з використання діатомово-сапропелевого мулу як сировини для кераміки.

Отже, незважаючи на нечислені експериментальні дані зі застосування морських сапропелевих мулів, уже на цій стадії вивченості з упевненістю можна говорити, що глибоководні сапропелеві осадки є важливою потенційною сировиною багатопільового призначення.

ВИСНОВОК

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ

1. Сапропелеві осадки є особливий генетичний тип осадків, що характеризується певним набором геологічних, літологічних, геохімічних і біологічних ознак, які дозволяють розглядати їх накопичення як єдиний для всієї водойми і закономірний етап верхньочетвертичної епохи.

2. Склад і вміст ОР визначає не тільки приналежність до групи сапропелевих осадків сапропелевого мулу, максимально збагаченого ОР, але й суттєво розубожених мулів одиниці Ib, а також перехідних до одиниці Ia коколітово-сапропелевих мулів, відносно збагачених ОР сапропелевого типу, які потрапляють в поле розповсюдження слабосапропелевих та/або сапропелевидних мулів.

3. Процес формування речовинного складу голоценових сапропелевих осадків Чорного моря найбільш адекватно відбиває літолого-геохімічна модель на базі кореляційного і факторного аналізів.

4. Висока збагаченість сапропелевих осадків ОР, корисними і біологічно активними компонентами, а також їх широке розповсюдження і відносно великі потужності дозволяють стверджувати про наявність значних запасів органічно-мінеральної сировини в західній частині акваторії Чорного моря.

Отже, автором отримані важливі науково-методичні і практичні результати, до основних з яких треба також віднести такі:

На підставі вивчення речовинного вмісту і літолого-геохімічних особливостей верхньочетвертичних осадків розширені уявлення

про межі сапропеленосної товщі і про механізм її утворення.

Запропонована методика пошарового вивчення сапропеленосної товщі (поділ на "мікрозони") і виділені типи сапропелевих осадків.

Створена серія карт, дозволивших спрогнозувати ділянки з оптимальними потужностями продуктивного і технологічного шарів, що необхідно для оцінки запасів родовищ і розробки добувної техніки.

Результати проведених автором досліджень дозволили дати попередню оцінку можливості і доцільності використання сапропелевих осадків як комплексної сировини, і, насамперед, для агробіологічних та агрохімічних цілей. Перші вегетаційні дослідження показали більшу ефективність морських сапропелів, ніж їх озерних аналогів.

Викладені вище основні положення та висновки визначають ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК автора в розробку наукових результатів, що виносяться на захист.

З теми дисертації опубліковані такі роботи:

1. Аминокислотный анализ палеобиогеохимии, его значение для изучения проблем, связанных с эволюцией, биоминерализацией и геохронологией // Ежегодник ВПО, т.32. - Ленинград: Наука, Ленинградск. отд., 1987. С.163-168. (в соавт.).

2. Результаты исследований сапропелевых осадков // Геологические исследования 44 рейса НИС "Ак.Вернадский" в Черном море (Препринт / АНУ ОМГОР ЦНПМ; 93-1). - Киев, 1993. - с 33-45.

3. Результаты исследований макро- и микрокомпонентного состава сапропелевых осадков // Геологические исследования рейса НИС "Ихтиандр" в Черном море (Препринт / НАНУ ОМГОР ЦНПМ; 94-1). - Киев, 1994. - с. 66-81.

4. Природна різноманітність морських сапропелів: класифікація за складом і властивостями (на прикладі Чорного моря) // Тези доповідей конференції молодих вчених "Сучасні проблеми геології і геохімії корисних копалин". - Львів, 1993. С. 31-32.

Ключові слова:

Сапропель, Чорне море, голоцен, донні осадки, сировина багатощільового призначення, органо-мінеральні добрива.

Блохина Т.С. Сапропелевые илы Чёрного моря (вещественный состав, генезис и перспективы использования).

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 04.00.10 - геология океанов и морей, Отд-е морск. геол. и осад. рудообраз-я ЦНПМ НАНУ, Киев, 1994.

Защищаются основные положения теоретического исследования закономерностей распределения, вещественного состава и свойств морских сапропелей, а также возможности и целесообразности их использования в национальной экономике, и результаты экспериментальных исследований. Установлено, что сапропели представляют особый генетический тип осадков, характеризующихся высоким содержанием полезных и биологически активных компонентов. Широкое их распространение и большие мощности в Чёрном море позволяют утверждать о наличии значительных запасов комплексного сырья. Проведены первые опыты, приводятся данные об их эффективности как органо-минерального удобрений.

Blochina T.S. The Black Sea Sapropeloides (Material Composition, Origin & Perspective of the Utilization).

Thesis for a Candidate Degree of Geologic-Mineralogical Sciences on the speciality 04.00.10 - Geology of Oceans & Seas, Marine Geology & Sedimentary Ore Depart., Ukraine Nat.Acad. of Sc. Kiev, 1994.

The main principles of the theoretical research of the distribution, material composition & properties of the marine sapropeloides (MS) as well as their possible & sensible use in the national economy & experimental research results are defended. MS are found out to be special genetic type sediment with the great content of useful & biological active components. Due to MS wide spread & large thickness in the Black Sea one can ascertain considerable composite resources to exist. The results of the first experiments carried out testify to the MS effectiveness as organic mineral fertilizers.

Подписано в печать 18.11.94 г. Формат 60x84/16

Бумага писчая. Усл.печ.л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 4065

Отпечатано в ГИЛП "ТИРАЖ"

455333

AB 31.445

AB 31.445