

Морска геология

Строеж и състав на холоценските сапропелоиди от западната част на Черно море

Венелин Х. Велев*, Петко С. Димитров*, Мария М. Файер**

*Институт по океанология, БАН, (Варна)

** Московский государственный университет, ГСП (Москва)

Холоценските сапропелни и сапропело-подобни тини, определени в текста общо като „сапропелоиди“, представляват специфично утаечно образувание, което е било обект на разностранни изследвания. По-голямата част от данните, характеризиращи този вид утайки, са систематизирани главно от Архангелски и

Страхов (1938), Щербakov и др. (1978), Сорокин и др. (1984). Някои автори разглеждат сапропелоидите като аналози на нефтомайчини скали (Хричев, 1987) или като възможен суровинен източник (Димитров, Велев, 1988).

Без да се навлиза в генетични проблеми на сапропелоидите ще бъдат разгледани особеностите на строежа на сапропелоидния хоризонт. В това отношение като главен белег трябва да служи тяхното първично отлагане като единен и свързан хоризонт върху голяма площ от басейновото пространство, с което се отличават от своите аналози, образувани в други солени басейни. Фациесът на холоценовите сапропелоиди започва да се оформя върху периферията на шелфа и горната част на континенталния склон. Тук на дълбочина по-голяма от 180 m се отлагат неяснослоести теригенни тини с алевропелитова структура, все още слабо обогатени на органично

вещество ($C_{org} \leq 2\%$). На дълбочина 250 – 300 m съдържанието на C_{org} нараства до около 3%, а утайките придобиват ясно и тънкослоиста текстура, която е най-характерна за сапропелоидния фациес като цяло.

Неясно стратифицираните утайки от периферията на шелфа и горната част на континенталния склон в дълбочина постепенно се диференцират по структурно-текстурни особености, оформяйки в общия случай генетична последователност от 4 пласта. Отдолу нагоре следват: 1) слабокарбонатна пелитова тиня, масивна, умерено обогатена с органично вещество; 2) тънкослоиста пластично-еластична сапропелна тиня; 3) неясно- или разнослоиста сапропелна тиня; 4) сапропелна тиня, масивна, със землест изглед.

Описаната последователност може да бъде в различна степен непълна или да се отличава с редица особености, свързани с проявата на широка гама гравитационно-реседиментационни явления.

Сапропелоидният хоризонт се подстила от алевропелитови или силно карбонатни (тип „езекрайде“) плейстоценови тини, бедни на органично вещество. За покривка служат съвременни коколитови тини в различна степен обогатени на теригенни ком-

поненти и органично вещество.

Първите два пласта на сапропелоидния хоризонт са образувани в резултат на нормална и ускорена пелагична или нефелозна седиментация. Тектурните особености на другите два пласта подсказват, че основната част на утайките е натрупана или с участието на пълзящи надолу по склона обводнени частици (крип), или с веществото на различнопътни суспензионни потоци, или с материал от формите на латералния гравитационен масотранспорт. Това особено добре се наблюдава в разрезът от долната част на континенталния склон и подножието, където се припопняват шлейфовете на ретранспортираните по подводните долини утайки. Седиментният материал, който образува акумулативните шлейфове, се мобилизира от периферията на шелфа и от континенталния склон. На значително разстояние по осите на подводните долини и по техните склонове холоценските наслаги частично или изцяло отсъстват. В една или друга степен биват засегнати от подводната ерозия и подсилватите ги новоевксински седименти. Съответно в морфологичните капани на релефа в долната част на континенталния склон и в дълбочина се натрупват многометрови образувания от холоценски, плейстоценски или смесени материали.

Гранулометричният състав на утайките, образувани сапропелоидния хоризонт, е разнообразен. Основната част от седиментите е представена от алевро-пелити и пело-алеврити, като количеството на фракцията, по-едра от 0,05 mm не превишава 10%. Отклонения има и в двете страни, което дава основание за отделянето на вариететни фацеси: глинест, алевритов, пясъчлив (Хрисчев и др., 1988).

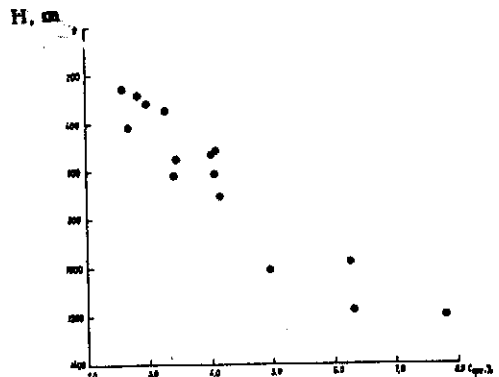
Примесните компоненти с псамитови и алевритови размери се представят главно от кварц, плагиоклаз, вулканско стъкло (с различна степен на деградация), опал и халцедон (отделни зърна), марказит, калцит и арагонит; често се срещат частици черупков детрит.

Глинестите образувания са по правило финодисперсни системи, намират се на ниска степен на кристализация. По-отчетливо се засебават кристални агрегати от типа на хидрослюдите. Рентгено-дифрак-

тометричните изследвания показват, че в сред глинестите образувания преобладава групата на хидрослюдите (вероятно диоктаедрични с преобладаване на алуминий в октаедрите). Добре е застъпена и групата на хлорита — желязосъдържащ, от типа на шамозита. Присъстват единични кристали от каолинит, вермикулит, монтморилонит и смесенослоисти образувания. Възможно е също присъствието на алофан и хидроталкит.

Карбонатните минерални видове в сапропелоидите са представени най-често от нискомагнезиален калцит, арагонит, доломит и калцит (Бутузова, 1971; Геворгиев, 1984, 1988; Сорokin, 1978). Характерно е присъствието на различно количество аморфни окиси на силиция — опал, халцедон и вулканско стъкло. Наличието на подобни минерали затруднява количествените изследвания на минералния и химичния състав на утайките чрез инструментално-физични методи.

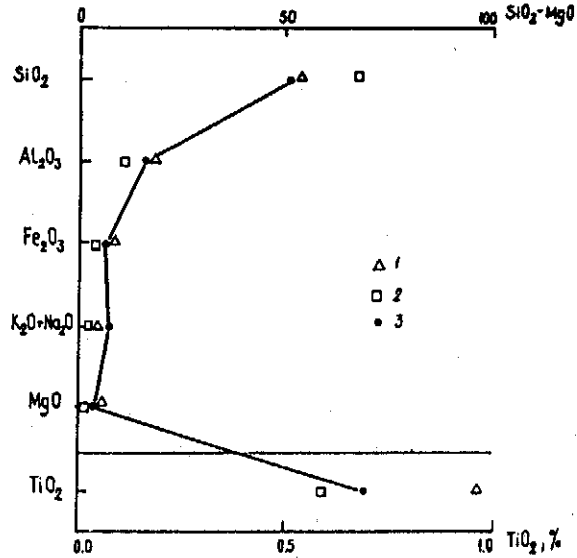
Съдържанието на So_{org} в утайките на сапропелоидния хоризонт варира в широк диапазон. Най-често то е около 5-6%, а максималните му стойности се доближават до 12% и се регистрират в долната част на хоризонта, където се намират плътните тънкослоисти сапропелити с бучковидна и землеста текстура. Забелязва се отчетлива положителна корелация между съдържанието на So_{org} в утайките от склона и тяхното батиметрично положение. В рамките на дълбочинния интервал 250 —



Фиг. 1. Зависимост между дълбочината на залегане и съдържанието на So_{org} в холоценските сапропели от континенталния склон на изток от Бургас

1500 m тази зависимост има квазилинеен характер (фиг.1). В непосредствено подстилащия сапропелитен слой по всички налични опробвани разрези съдържанието на S_{org} бързо се понижава до около 1% и дори до по-малки стойности.

По общи химични показатели (табл.1) холоценските сапропелоиди показват значителни отклонения от известните формационни еталони — неогенските глини от Руската платформ, глинестоаргилитовите наслаги от котиненталния сектор на стратисферата, пелагичните глини и т.н. Тези отклонения са свързани до голяма степен с наличието на вода и органично вещество, асоциирани с глинесто-минералната матрица на холоценските утайки. Преизчислените анализи, позволяващи сравнението да става на еднотипна основа, показват, че показателите на сапропелоидите фактически не се отклоняват рязко от характерните за пелитолитите на Руската платформа. По отношение на пелитолитите от стратисферата в цялост се установява изравняване на съдържанието на двуалуминиев триоксид, двуелезен триоксид и титанов двуоксид. В сапропелоидите има повече калциев оксид и окиси на алкалните метали, а по-малко — силициев двуоксид. Взет в цялост, съставът на сапропелоидите също не се отличава рязко от разпрост-



Фиг. 2. Съдържание на окисите на главните елементи в различни пелагични утайки
1 — океанска червена глина; 2 — силицизова тиня (Краткий геохимический справочник, 1977); 3 — холоценски сапропели от Черно море

Т а б л и ц а 1. Осреднени данни за химичния състав на някои пелитолитови седименти (% тегл.)

Компонент	Сапропелни тини, холоцен, Ч. море	Глини, неоген, Руска платформа	Глини и аргилити в стратисферата	Пелагична червена глина
SiO ₂	53,75	64,5	64,07	58,74
TiO ₂	0,74	0,98	0,72	1,06
Al ₂ O ₃	16,70	13,62	16,97	19,21
Fe ₂ O ₃	6,83	6,81	7,13	9,38
CaO	10,08	7,35	3,43	1,47
MgO	3,50	2,71	2,69	4,78
K ₂ O	3,50	2,86	3,57	3,96
Na ₂ O	4,90	1,17	1,42	1,40
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00

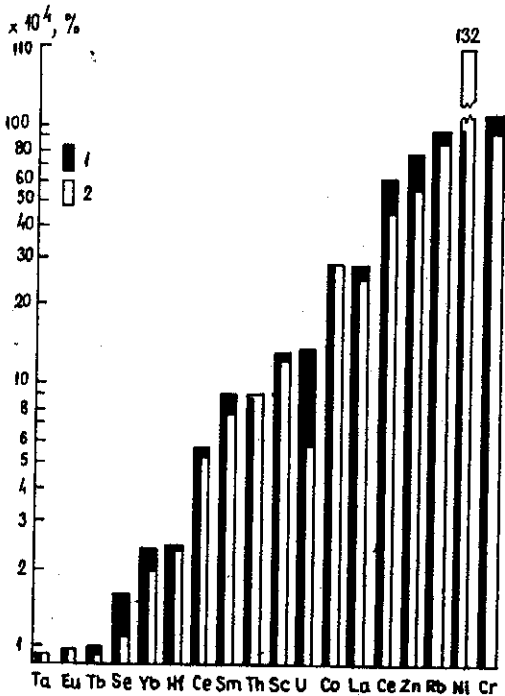
По данни от Краткий справочник по геохимии (1977).

ранените върху континентите пелитолитови формации с фанерозойска възраст.

Съпоставката на холоценските сапропелоиди с пелагичните образувания от рода на червената дълбоководна тиня и силици-

товите (диатомовите) тини показва, че сапропелоидите заемат междинно положение (фиг.2). По съдържанието на силициев двуоксид, двуалуминиев триоксид и алкални окиси сапропелоидите са близки до червената дълбоководна глина, а по съдържанието на двуелезен триоксид и титанов оксид — до силициевите тини.

Микроелементното съдържание на холоценските сапропелоиди от Черно море, определяно по различни аналитични методи, е показано в сравнение с показателите на други формационни типове (табл.2, фиг.3). Отчитайки високата степен на обогатеност с органично вещество на холоценските сапропелоиди, можеше да се очаква и повишено съдържание на редица елементи. Фактически това се установява със сигурност по отношение на цинка, медта, урана и молибдена. Коэффициентът на концентрация на първите три елемента



Фиг. 3. Съдържание на някои микроелементи в холоценовите сапропели (1) и в подстилащите ги плейстоценовски утайки (2) по данни от неутронно-активационния анализ (16 определения)

варира между 1,2 и 8. Впечатлява обогатяването на сапропелоидите с молибден, което надвишава с 1-2 порядъка кларковото

Т а б л и ц а 2. Съдържание на микроелементи в някои пелитолитови седименти (10^{-4} , % тегл)

Микроелемент	Сапропелитни, холоцен, Ч. море	Глини и аргилити в стратосферата	Пелагична червена глина	Баженовцити, Западен Сибир**
V	110	130	120	317
Cr	70	100	9	160
Co	18	20	74	25
Ni	80	95	225	173
Cu	70	57	250	109
Ga	30	30	20	11
Sr	250	450	180	156
Zr	90	200	150	210
Mo	150	2	27	66
Pb	15	20	80	17
U	14	3,2	1,3	-

* По данни от Краткий справочник по геохимии (1977).

** По данни на Нестеров и др. (1986).

съдържание на елемента в пелитолитите на стратисферата.

Характеристиката на сапропелоидите като геоложко образувание не би била пълна без някои данни за характеристика на разсеяното в тях органично вещество.

Добивът на хлороформен екстракт — битумоид, от изследваните образци варира между 0,5 и 2,0 % (на суха проба). Елементният състав на битумоида е както следва (средни стойности): въглерод — 73,3 %; водород — 10,85 %; кислород — 10,9 %; азот — 0,8 %. Съдържанието на сяра не е определено.

Груповите компоненти на битумоида се разпределят така: масла — $19 \div 35$ %, смоли — $45 \div 51$ %; асфалтени — $20 \div 30$ %. Съдейки по инфрачервените спектри на битумоидите в тях взимат участие компоненти с линейна и разклонена въглеродна верига, а също така и с цикланова структура. Характерно е, че в битумоидната част ароматните въглеводороди присъстват в минимално количество — само като следи.

По данни от газово-течната хроматография гамата на нормалните алканови въглеводороди в битумоида съдържа компоненти с 14 — 34 въглеродни атома в молекулата. Преобладават високомолекулните въглеводороди, за които $CPI > 1,6$ и достига до 3. Нискомолекулната част на *n*-алкановата гама се характеризира със значения на $CPI > 1$. Максималните концентрации на индивидуални *n*-алкани падат върху въглеродите C_{22} , C_{25} , C_{27} , C_{29} и даже C_{31} . Разпределението на *n*-алканите има разнообразна конфигурация, често с два и дори с три върха. Съотношението между изопреноидните компоненти пристан и фитан се колебае в широки граници — от 0,5 до 1,8. Подобни показатели свидетелстват за хетероген генезис на въглеводородите, влизащи в състава на битумоидната фракция.

Количеството на „хуминовите киселини“ в сапропелоидите е ниско — от следи до 0,8 %. По-високите им стойности са характерни за утайките от периферията на шелфа и най-горната част на континенталния склон. Тук, за разлика от битумоидите, в състава на „хуминовите киселини“ са установени и ароматни структури (Велев, Маркова, 1988).

Инфрачервените спектри на керогена от сапропеллоидите показват, че като цяло органичното вещество на този вид утайки се състои основно от алифатни хетероструктури с много кислородосъдържащи групи с киселинен и алкохолен характер. Добре изразеният пик на 1000 — 1020 cm^{-1} се свързва с наличието на цикланови структури. И за керогеновата макромолекула е характерно отсъствието на $\text{C}=\text{C}$ връзката от ароматните пръстени.

От всичко казано дотук, макар и в най-общ план, достатъчно ясно се очертава типовата характеристика на сапропеллоидните утайки не само в геоложки, но и в чисто аналитичен аспект.

Обаче все още липсват данни, които да определят пригодността на тези седименти за използване в селското стопанство и в промишлеността на страната. Досега са проведени експерименти за оценка на силицитово-сапропеллоидните им разновидности като суровина за производството на различни видове керамика. Получените резултати показват, че температурата за изпичане на суровината е сравнително ниска (950°C). Получената керамична маза има ниско обемно тегло (1,2 — 1,6 g/cm^3), висока обща пористост (35 — 55 %) и е оцветена в пастелножълти и лилави тонове. Якостта на натиск варира широко (52 — 235 kg/cm^2 , или 5,1 — 23 МПа). Високото съдържание на алкални окиси в суровината подсказва ниски показатели на температурата на топене, а това е благоприятна предпоставка за нейното използване като компонент на глазури.

Известно е, че в ОНД езерно-блатистите сапропели намират приложение в земеделието, животновъдството и курортологията (Проблеми използвания сапропелей в народном хозяйстве, 1974). В земеделието сапропелите се използват за наторяване, неутрализиране на кисели почви, структуриране на разпрашените и укрепване (колматиране) на пещъчливите почви. В животновъдството те служат като добавка към хранителните смеси и като лечебно средство. В курортологията се ценят антибактерийните свойства на сапропелните тини по отношение на патогенните гъбички и други микроорганизми.

В Унгария проблемите за утилизация на сапропелите се разработват твърде отдав-

на. Днес тези седименти се разглеждат като перспективна суровина на силикатната промишленост — за производство на стъклокерамични изделия, цимент, стъклени перли, влакна и брашно (Solti, 1985a).

В селското стопанство на Унгария сапропелите се употребяват като наторяващ и подхранващ с макро- и микроелементи продукт, който влияе благоприятно на растежа на слънчогледа и други растения. Смеси от сапропел и бентонитови глинки успешно заместват някои фирмени сорбенти в хранителната и нефтената промишленост. Специалистите считат, че по съдържанието си на калай и азот сапропелите се изравняват с първокачествените черноземи и могат без ограничение да се прибавят към киселени, бедни, разпрашени почви дори и към свършените лишени от хранителни вещества пясъци (Solti, 1985b).

Изводи. Разпространените в западната част на Черно море холоценовски сапропеллоиди по своите показатели, общо взето, се вписват в рамковата характеристика на фациеса. Техните свойства се контролират от батиметрията и морфологията на дънния релеф, а също и от надлъжната и напречната зоналност, характерна за Западночерноморския седиментационен басейн (Христчев и др., 1988).

Образуването на сапропеллоидните утайки е резултат от взаимодействието на два процеса: нормална нефелоидна седиментация и реседиментация под влиянието на склоново-гравитационни фактори. Първият процес доминира при натрупването на утайките върху континенталния склон, вторият — върху подводните долини, континенталното подножие и близката част на абисалното дъно.

Минералният, макро- и микроелементният състав на неорганичната матрица на сапропеллоидните тини не показва резки качествени разлики в сравнение с показателите, характерни за глинесто-аргилитовите скали въобще и за кватернерните глинки на Руската платформа. В сравнение с тези еталони в сапропеллоидите е понижено съдържанието на силициев двуокис, хром, stronций, а е повишено съдържанието на калциев окис, натриев двуокис, молибден, уран, мед и цинк.

По отношение на подстилащите плейс-

тоенски седименти холоценоските сапропелюиди на Черно море са обогатени с много метални компоненти; обратните случаи са редки.

Съдържанието на органично вещество в сапропелюидите широко варира, като може да достигне до 1/3 от масата на утайките. То има главно аквагенен произход, което се доказва от ниското съдържание на алкално разтворими продукти. Органичното вещество има поликомпонентен състав, водеща е ролята на безскелетните планктонни организми, но участие взимат още много други видове. Органичните компоненти на сапропелюидите са химично слабо трансформирани, но степента на морфологична и физична деградация на изход-

ните организми е висока.

Въпреки че най-общата характеристика на сапропелюидните тини като геоложки обекти е значително изяснена, още много страни от тяхната минералогична и геохимична характеристика остават неопознати. Очевидно, необходима е системна програма за изучаване на тези потенциално полезни за народното стопанство образувания по отношение на техните специфични свойства като ресурси, намиращи приложение в курортното дело, фармацията, хуманната и ветеринарната медицина и т.н. Подобна програма може да се реализира само на национално ниво, с обединените усилия на много изследователски и технологични звена от различен ранг и профил.

Литература

Архангельский, А., Н. Страхов. 1938. Геологическое строение и история развития Черного моря. Л., АН СССР. 310 с. Бутузова, Г. 1971. Карбонаты в донных отложениях Черного моря. — Литология и полезные ископаемые, 3, 18 — 28. Велев, В. 1988. Голоценовые сапропелюиды Черного моря — современные аналоги пелитолоитовых нефтегазоносных формаций. — В: Доклады по геохимическим и химико-физическим вопросам разведки и добычи нефти и газа. Т. 1. Геохимия. Сольнок (ВНР), 184 — 192. Велев, В., К. Маркова. 1988. Исследование гуминовых кислот, изолированных из шельфовых, склоновых и абиссальных осадков в западной части Черноморской впадины. Пак там, 137 — 145. Георгиев, В. 1984. Карбонатнакопление на континентальном склоне юго-западной части Черного моря в четвертичное время. — *Geologica Balc.* Георгиев, Г. 1988. Магнезиальный кальцит и проблема генезиса карбонатов в древнечерноморских глубоководных осадках. — *Geologica Balc.* Димитров, П., В. Велев. 1988. Върху възможностите за използване на дълбоководните сапропелюидни тини на Черно море за агробиологични и промишлени цели. — *Океанология (С.)*, 17, 92 — 95. Краткий справочник по геохимии. 1977. М., Недра 184 с. Нестеров, И., И. Ушатицкий, А. Рылков. 1986. Минеральные и органические индикаторы нефтематеринских отложений.

М., Наука, 114 — 120. Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. 1984. — В: Тезисы докладов 2-й республиканской научной конференции. Минск, Наука и техника. 89 с. Сорокин, В. 1978. О хемогенных карбонатах в осадках Черного моря. — Литология и полезные ископаемые, 5, 87 — 90. Сорокин, В. и др. 1984. Состав и условия формирования позднечетвертичных осадков западной части Черного моря. — В: Изучение геологической истории и процессов современного осадкообразования Черного и Балтийского морей. Ч. 1. Киев, Наукова думка, 89 — 95. Хрищев, Х. 1987. Черно море — съвременен модел на рудообразователни и нефтеобразователни басейни. — Списание БАН, 6, 30 — 37. Хрищев, Х. и др. 1988. Литостратиграфия и литофациалные особенности верхнечетвертичных глубоководных осадков Западночерноморской депрессии. — *Geologica Balc.*, 18, №2, 3 — 17. Щербак, Ф. и др. 1987. Осадконакопление на континентальной окраине Черного моря. М., Наука. 210 с. Solti, G. 1985a. Prospection and utilization of alginite and oil shale in Hungary. — In: Neogene mineral resources in the Carpathian basin. Budapest, VIIIth RCMNS congress, 503 - 517. Solti, G. 1985b. Agricultural utilization of neogen mineral raw materials in Hungary. — In: Neogen mineral resources in the Carpathian basin. Budapest, VIIIth RCMNS congress, 519 - 530.

Structure and composition of Hologene sapropelites in the western part of the Black Sea

Venelin H. Velev, Petko S. Dimitrov, Maria M. Fayer

(Summary)

The sapropelites being deposited in the western part of the Black Sea are characteristic of the continental slope and the abyssal bottom of the basin. Their structure is a result of two rival processes of sedimentation — nephelitic sedimentation and overland flow.

Chemical composition of the mineral fraction of the sapropelites is not qualitatively different from the composition of the well studied ancient clay-argillite formations which are used as a pattern in the facies analyses. Quantitative differences are related to the content of some of the main lithophilous elements (silicon, calcium, sodium) and microelements (molybdenum,

copper, zinc, uranium etc.). These indicators may have an informative value when comparison is made between different types of studied areas and also when decisions for classifications are taken. Organic substance in sapropelites amounts to 1/3 of their weight (dry substance). Its various components are at low degree of transformation state and possess high reaction ability. The content of hydrocarbons and alkali-soluble substances is relatively small. Attempts made for economical utilization of the sapropelites have given positive results but the quantity and variety of sapropelites are still quite limited.

Постъпила на 3.07.1989 г.