

Литохимическая эволюция позднечетвертичной пелагической циклотемы юга Черного моря

Формирование позднечетвертичной пелагической циклотемы Черного моря происходило в два этапа. На первом этапе, который характеризуется повышенным уровнем гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации, образуется терригенный (новоэвксинский) литолого-геохимический горизонт и реализуется нижний виток литохимической спирали осадочной толщи. В начале второго этапа с резким падением уровня гидроэнергетического потенциала происходит резкое уменьшение роли терригенных компонентов и формируется терригенно-биогенный разрез древнечерноморской толщи. Инверсионный характер колебания относительного уровня гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации запечатлен в литолого-геохимической структуре циклотемы и реализован в литохимической спирали осадочной толщи.

Позднечетвертичная пелагическая циклотема (ППЦ)* Черного моря включает в себя закономерно слоистый комплекс глубоководных донных осадков, различающихся между собой существенно-генетическими параметрами, характером и условиями их седиментации. Представлена тремя литолого-геохимическими горизонтами: нижним — существенно терригенным (новоэвксинским), средним — терригенно-биогенным (древнечерноморским) и верхним — терригенно-биогенным (новочерноморским). Биогенная часть древнечерноморского горизонта, как известно, сложена в основном сапропелевидным веществом, а новочерноморского — сапропеле-кокколитоидным.

К настоящему времени единого мнения о возрасте или времени формирования этих трех литолого-геохимических горизонтов нет. Согласно нашим данным, по крайней мере для южной части Черноморского бассейна возраст основных границ ППЦ является скользящим. Так, подошва ППЦ сформировалась в период от 18 до 9 тыс. лет назад, радиоуглеродный же возраст кровли составляет от 10 до нескольких тысяч лет. Наконец, начиная с 5—6 тыс. лет назад и, вероятно, по настоящее время происходит активное преобладающее накопление осадков новочерноморского литолого-геохимического горизонта. В целом же ППЦ Черного моря сформирована при колеблющемся на протяжении последних 22—25 тыс. лет уровне гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации, который определил своеобразие и характерные черты пелагического седиментогенеза, отраженные в особенностях литохимии осадков.

Химический состав донных образований ППЦ Черного моря довольно однородный (см. таблицу), установлены незначительные колебания средних содержаний химических компонентов в осадочном материале из разных литолого-геохимических горизонтов. «Химический костяк» этих пелагических осадков составляют, как правило, несколько химических компонентов — SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и $\text{CO}_{2\text{карб}}$, суммарное содержание которых обычно варьирует в пределах 80—90%. Кроме отмеченных компонентов в составе позднечетвертичных донных образований Черного моря в количествах, превышающих 1%, обычно фиксируются Fe_2O_3 , FeO , MgO , Na_2O и K_2O , вариации суммарного содержания которых (9—13%) вместе с породобразующими оксидами и определяют химическую специфику рассматриваемых осадков.

В ряду отложений от новоэвксинского литолого-геохимического горизонта к новочерноморскому (от более древних к более молодым образованиям) ощутимо уменьшается содержание $\text{SiO}_{2\text{вал}}$ (практически

* «Циклотемой называется пачка осадков, заключенная в определенных границах, поддающаяся прослеживанию на большом пространстве и отличающаяся как последовательностью фаз в седиментационном цикле, так и смещением фациальных зон. Циклическая последовательность свойств может быть различной в разных пунктах данной циклотемы, ... т. е. понятие циклотема относится к осадкам, имеющим циклическую последовательность свойств» (Гродзинский Р., Костецкий А., Радомский А. Седиментология. — М.: Недра, 1980. — С. 551.).

Химический состав (%) пелагических донных осадков южной части Черного моря

Оксид	Новозвксинские отложения (35)	Древнечерноморские отложения (12)	Новочерноморские отложения (40)	Позднечетвертичные отложения (87)
SiO ₂	36,93—81,72 58,92	17,95—56,74 39,85	14,06—56,10 36,51	14,06—81,72 48,55
TiO ₂	0,11—0,94 0,67	0,41—0,94 0,68	0,13—0,94 0,49	0,11—0,94 0,63
Al ₂ O ₃	4,99—15,91 10,27	7,87—20,84 12,11	5,76—14,35 11,60	4,99—20,84 11,07
Fe ₂ O ₃	0,26—4,61 2,27	0,34—7,52 2,56	0,85—4,51 2,96	0,26—7,52 2,52
FeO	0,28—3,58 1,90	1,70—4,73 2,98	1,30—4,16 2,25	0,28—4,73 2,26
MnO	0,02—0,28 0,106	0,02—0,10 0,063	0,03—0,13 0,078	0,02—0,28 0,089
CaO	1,54—14,57 7,85	1,75—30,61 9,64	5,37—30,92 13,61	1,54—30,92 9,74
MgO	0,97—4,51 2,88	2,25—4,10 3,33	1,50—4,30 3,19	0,97—4,51 3,07
Na ₂ O	0,84—2,82 1,49	0,31—2,90 1,98	0,98—3,00 2,43	0,31—3,00 1,85
K ₂ O	0,88—2,88 1,85	1,30—2,77 2,06	1,00—2,38 2,04	0,88—2,88 1,95
P ₂ O ₅	0,03—0,20 0,141	0,14—0,38 0,192	0,14—1,12 0,170	0,03—1,12 0,161
SO ₃	0,22—0,79 0,344	0,36—2,07 1,19	0,24—1,97 0,684	0,22—2,07 0,641
S	0,02—1,70 0,425	0,26—1,62 0,927	0,31—1,46 0,975	0,02—1,70 0,688
H ₂ O	0,02—3,65 1,104	0,76—5,05 3,12	1,59—3,91 2,64	0,02—5,05 1,99
CO _{2 карб}	3,60—14,08 8,33	12,40—25,52 17,04	8,80—28,16 15,37	3,60—28,16 12,27
П. п. п.	0,08—4,14 1,716	1,37—9,08 4,01	1,50—5,67 4,40	0,08—9,08 2,96
C _{орг}	0,13—0,57 0,35	0,26—0,59 0,52	0,41—3,86 0,75	0,13—3,86 0,50

Примечание. В скобках приведено количество анализов. В числителе — пределы содержания, в знаменателе — среднее содержание.

на одну треть), что компенсируется повышенным содержанием всех остальных компонентов (за исключением TiO₂ и MnO). Важно отметить, что в рамках указанной тенденции в составе осадков древнечерноморского литолого-геохимического горизонта обычно фиксируются несколько повышенные содержания TiO₂, Al₂O₃, FeO, MgO, K₂O, P₂O₅, SO₃ и CO_{2 карб}. Установленная закономерность изменчивости химического состава позднечетвертичных осадочных образований является наиболее общей и по площади пелагиали Черноморского бассейна достаточно хорошо выражена. Она отражена прежде всего в их вещественно-генетических параметрах: в том же ряду резко уменьшается роль терригенной обломочной составляющей (при достаточно резком изменением характера мобилизации осадочного материала в пределах континентальных питающих провинций) и, наоборот, повышается — биогенной. Вместе с тем механизм и особенности реализации указанных превращений в реальных разрезах ППЦ до настоящего времени изучены недостаточно.

Накопление химических компонентов в реальных разрезах позднечетвертичного осадочного чехла, как правило, импульсивное по времени, с большим разбросом значений содержания этих компонентов и не

всегда однозначно может быть проинтерпретировано (рис. 1). Интерпретация особенно затруднена для монотонных разрезов осадочной толщи, которые сложно расчленить с литологической точки зрения и выделить в их пределах какие-либо стратиграфические подразделения. Нередко химическая интерпретация реальных разрезов как бы противоречит данным вещественно-генетического состава и не согласуется с возрастом осадочных образований.

Так, проанализировав химические данные по геологическому разрезу ст. Б-79-16 (рис. 1) с учетом абсолютных значений и характера из-

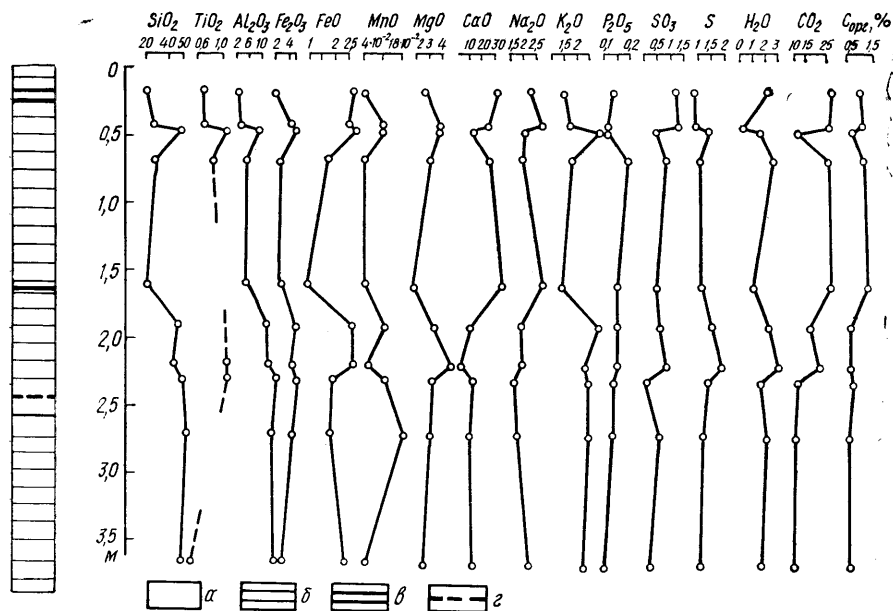


Рис. 1. Характер накопления и содержания химических компонентов по геологическому разрезу ст. Б-79-26, расположенной в Центрально-Анатолийской глубоководной области Черного моря

α — терригенные пелитовые илы; β — терригенно-биогенные циклиты; γ — биогенные (сапропелевидные) алевритовые прослои; δ — то же терригенные

менчивости химических компонентов (особенно SiO_2) в инт. 230—250 см, можно наметить кровлю новоэвксинского горизонта. Но такому выводу не соответствуют литологические данные (весь разрез — терригенно-биогенный циклит с макроскопически видимыми скоплениями кокколитов, начиная с самых его нижних частей он отнесен нами к новочерноморскому горизонту) и результаты определения радиоуглеродного возраста осадков для двух интервалов в низах разреза (инт. 328—342 см — $11\,260 \pm 440$, а инт. 342—392 см — $(14\,780 \pm 470)$ лет). Между тем очевидно, что в данном и любых других реальных разрезах позднечетвертичного осадочного чехла Черноморского бассейна обязательно есть логика литохимической структуры, элементы которой генетически взаимосвязаны во времени и между собой.

На основании обобщения данных определения радиоуглеродного возраста по ^{14}C и валового химического состава донных осадков (по 18 образцам литологических разновидностей осадочных образований из отдельных интервалов 12 разобобщенных геологических станций в южной части Черного моря) нами предпринята попытка выяснить характер накопления некоторых химических компонентов позднечетвертичных пелагических донных осадков 12—16,5 тыс. лет назад. Этому периоду времени, по нашим данным, соответствует переход от преобладающего накопления осадков новоэвксинского горизонта к таковому — древнечерноморского.

Накопление ряда химических компонентов в рассматриваемом временном интервале носит ярко выраженный синусоидальный характер

(рис. 2) с периодом, равным 3 тыс. лет для терригенных компонентов и около 3,5—4 тыс. лет — для биогенных. Обращает на себя внимание, что колебания интенсивности накопления SiO_2 вал и $\text{C}_{\text{орг}}$ практически находятся в одной фазе. Это свидетельствует о том, что в течение указанного временного интервала эти химические компоненты были генетически связаны. Важной особенностью характера накопления химических компонентов являются временные смещения их синусоид. Так, кривая накопления SiO_2 смещена по фазе относительно кривой накопления, например Na_2O , примерно на 1000 лет (то же отмечается и для синусоиды Al_2O_3), что соответствует, по-видимому, времени инерционности седиментационной системы бассейна.

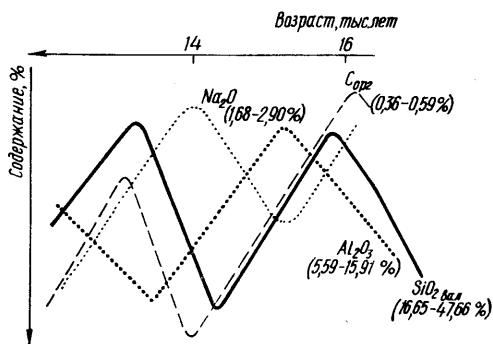


Рис. 2. Характер накопления ряда химических компонентов донных осадков южной части Черного моря 12—16 тыс. лет назад

Кривые содержания химических компонентов скомпонованы в условном поле содержаний

Отражая самые общие закономерности, синусоидальный характер накопления химических компонентов не противоречит механизму перехода в этом интервале времени от преобладающего накопления новоэвксинских к таковому древнечерноморских осадков и во многом его детализирует (во всяком случае отрицает линейную зависимость). Кроме того, равнопериодность колебаний синусоид накопления химических компонентов свидетельствует об их тесном генетическом и временном родстве.

Таким образом, синусоидальный характер накопления химических компонентов пелагических донных осадков должен лежать в основе литохимической структуры как позднечетвертичной осадочной толщи в целом, так и реальных разрезов (особенно полных) ППЦ Черного моря.

Для апробации этого тезиса нами проанализирована литохимическая структура одного из типичных реальных разрезов позднечетвертичной осадочной толщи в южной части восточной халистатической области Черного моря (рис. 3, А). По литологическим критериям в разрезе рассматриваемой геологической станции выделены снизу вверх три литолого-геохимических горизонта, границы которых проведены с определенной степенью условности. Для нижних частей этого разреза (инт. 248—290 см) получена радиоуглеродная датировка (13410 ± 510) лет, не противоречащая осуществленному расчленению. Химический состав анализируемого разреза, между тем, недостаточно подтверждал (или опровергал) однозначность расчленения, особенно в его нижних частях (в отношении выделения новоэвксинских образований в связи с низким содержанием SiO_2 в обр. 1, рис. 3). Однако при анализе литохимической спирали этого разреза (рис. 3, Б), все, на первый взгляд, случайные содержания химических компонентов осадков закономерно эволюционируют в пространстве и времени, а также отчетливо и однозначно подтверждают трехчленное его строение. Кроме того, используя период синусоидальных колебаний накопления химических компонентов донных осадков (около 4 тыс. лет), по числу витков (3) реальной литохимической спирали можно теоретически рассчитать возраст начала его первого (нижнего) витка, который будет соответствовать 12 тыс. лет и незначительно (в пределах времени инерционности седиментационной системы) отличаться от полученного по аналитическим данным.

Вместе с тем литохимическая спираль однозначно свидетельствует о существовании трех основных эволюционных моментов в формировании литохимической структуры ППЦ Черного моря, отражающих осо-

бенности колебания бассейна седиментации и соответствующих трехчленному ее строению.

Одной из характеристик условий пелагического осадконакопления в замкнутых внутриконтинентальных морских бассейнах является их гидроэнергетический потенциал, уровень которого контролирует основные черты и условия локального седиментогенеза в исследуемом водоеме. Важно отметить, что до настоящего времени вопросы количественной оценки современного уровня гидроэнергетического потенциала и

его более древних уровней остаются еще неразрешенными. Учитывая определяющую роль этого показателя в седиментогенезе морских бассейнов, представляется возможным, оперируя его относительными значениями, рассмотреть ход седиментогенеза и установить некоторые закономерности ко-

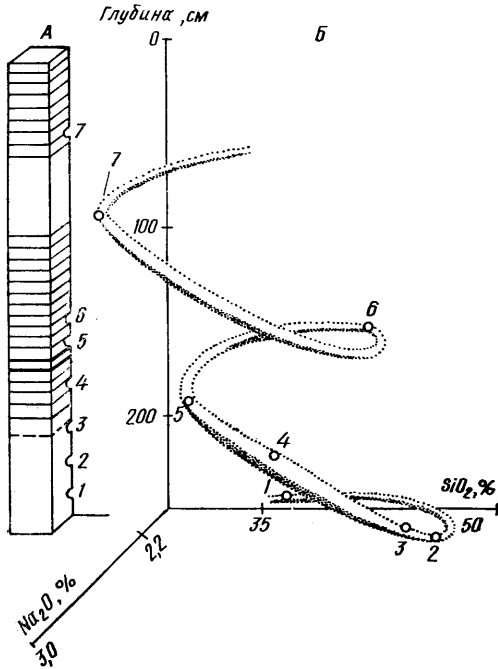


Рис. 3. Формирование реального геологического разреза позднечетвертичного осадочного чехла на ст. Б-79-101 (А) и литохимическая спираль (Б), отражающая особенности и характер эволюции процессов седиментации на протяжении последних 12—14 тыс. лет 1—7 — точки отбора

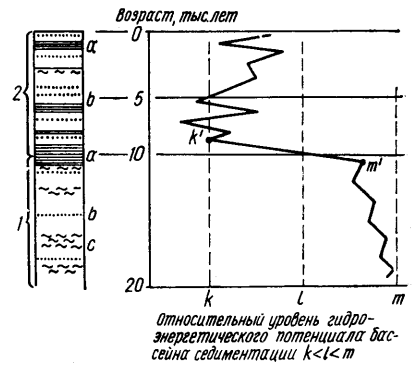


Рис. 4. Принципиальная схема формирования ППЦ Черного моря

лебания этого уровня на протяжении последних 25—20 тыс. лет.

Основой анализа позднечетвертичного колебания уровня гидроэнергетического потенциала Черноморского бассейна является предположение, что этот уровень прежде всего тесно связан с гипсометрическим положением уровня моря и в значительной степени им контролируется. Вопросы инерционности гидроэнергетического потенциала водного бассейна до настоящего времени практически не рассматривались. Поэтому в своих построениях мы будем исходить из того, что колебания уровня гидроэнергетического потенциала синхронны с основными моментами изменения гипсометрического уровня морского бассейна. При этом, одоко, следует помнить, что изменения (особенно незначительные) уровня гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации, подчиняясь в целом особенностям колебаний уровня моря, не совпадают между собой по знаку и в большинстве случаев контрастно не соответствуют друг другу по амплитуде.

Формирование ППЦ Черного моря происходило в два основных этапа (рис. 4). На раннем этапе при повышенном уровне гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации ($l—m$) образуется существенно терригенный (новозвксинский) литолого-геохимический горизонт (1) и реализуется самый нижний фиксируемый виток литохимической спирали позднечетвертичной осадочной толщи. В начале второго этапа с резким падением уровня гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации ($m'—k'$) происходит резкое уменьше-

ние роли терригенных компонентов и формируется терригенно-биоге-
ный разрез древнечерноморской толщи (2). Несмотря на отмеченные
резкие изменения условий седиментогенеза, литохимическая структура
осадочного чехла, реализуясь в двух верхних витках литохимической
спирали, сохраняет основные закономерности синусоидального характе-
ра накопления химических компонентов. Важно отметить, что осажде-
ние биогеогенных компонентов (массовое осаждение и формирование от-
носительно мощных прослоев) возможно только в условиях резкого па-
дения уровня гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации
и принципиально допустимо при его пониженных относительных значе-
ниях ($k - l$), когда роль терригенных компонентов в составе осадков
закономерно подчиненная. Вместе с тем на фоне преобладания общей
терригенной линии седиментации в пелагиали Черноморского бассейна
крупность обломков возрастает (σ) при резких увеличениях уровня
гидроэнергетического потенциала и, наоборот, резко падает (до осаж-
дения чистых пелитов (c)) при его незначительных (неконтрастных)
понижениях.

Таким образом, инверсионный характер колебания относительного
уровня гидроэнергетического потенциала бассейна седиментации запе-
чатлен в литолого-химической структуре ППЦ и реализован в литохи-
мической спирали осадочной толщи, достаточно наглядно отражающей,
на наш взгляд, механизм компенсации и сохранение внутренней логики
седиментационной системы Черного моря.

Ин-т геол. наук АН УССР, Киев

Статья поступила
29.12.89

Summary

Late Quaternary pelagic cyclothem of the Black Sea have formed in two stages. Ter-
rigenous (New-Euxinian) lithological-geochemical horizon forms and lower coil of the
lithochemical spiral of sedimentary series is realized at the first stage characterized by
high level of hydraulic-power potential of the sedimentation basin. At the beginning of
the second stage sharp fall of the hydraulic power potential promotes a sharp decrease
in the significance of terrigenous components and formation of the terrigenous-biogenic
section of the old Black-Sea series. Inversion character of the variation relative to the
level of hydraulic power potential of the sedimentation basin is imprinted in the litho-
logical-geochemical isotherm structure and realized in the lithochemical coil of the se-
dimentary series.

УДК 553.04(265)

О. Д. Корсаков, Н. Н. Гавдан

Закономерности изменчивости физико-химических параметров конкрециеобразования центральной части Тихого океана

На основании данных геологического дешифрирования фотоснимков морского дна, по-
лученных в центральной части Тихого океана, выявлена высокая лито- и гидродинами-
ческая изменчивость на границе вода—дно, которая может быть причиной наличия или
отсутствия конкреций в пределах конкретных площадей морского дна.

Для понимания процессов, обуславливающих оптимальные физико-химические
параметры среды конкрециеобразования, морское дно в пелагической области океана
условно разделено на высоко- и низкоэнергетические зоны, связанные с участками раз-
личной лито- и гидродинамической изменчивости.