

# ЛИТОГЕНЕЗ '23

18 - 23 Сентября  
Воронеж, Россия



## МАТЕРИАЛЫ

**X** Международного  
совещания

**«Литогенез и минерагения  
осадочных комплексов  
докембрия и фанерозоя  
Евразии»**

Совещание проводилось при финансовой  
поддержке ООО «Формматериалы»,  
г.Воронеж и Ассоциации  
Недропользователей Черноземья,  
г.Воронеж



УДК 551 : 553  
ББК 26.348  
Л 64

Л 64            **Литогенез и минерагения осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии.** Материалы X Международного совещания по литологии (г. Воронеж, ВГУ, 18–23 сентября 2023 г). / Воронеж, 2023. – 528 с.

**ISBN 978-5-907669-37-6**

**Редакторы:** Ю.О. Гаврилов, А.Д. Савко

**Ответственные за выпуск:** А.В. Крайнов, С.В. Бондаренко

**Аннотация.** В сборнике представлены материалы по изучению процессов гипергенеза, образующих формацию коры выветривания и полезные ископаемые, связанные с ней. Большой раздел посвящен седиментогенезу и его эволюции в истории Земли, включающие тектонические, физико-географические, биогенные, вулканогенные факторы, геохимию осадочного процесса и фациальный анализ. Рассмотрены современные подходы к реконструкции палеогеографических обстановок в истории Земли с широким использованием литогеохимических методов. На основе стадийного анализа показана роль постседиментационных процессов в литогенезе осадочных и вулканогенно-осадочных толщ. В серии статей по эволюционной минерагении охвачен широкий круг металлических и неметаллических полезных ископаемых. Это железные и марганцевые руды, бокситы, полиметаллы, титан-циркониевые россыпи, редкие и редкоземельные элементы, каолины, калийные соли и другие виды минерального сырья. Особое место уделено формированию залежей углеводородов в процессах литогенеза, в том числе нефти, горючих сланцев и битумов. Приводятся характеристики коллекторов разновозрастных толщ, рассматриваются закономерности размещения в них залежей УВ

УДК 551 : 553  
ББК 26.348

**ISBN 978-5-907669-37-6**

© Макарихин И.Н. (верстка), 2023  
© Издательство «Цифровая полиграфия», 2023

---

положительную нагрузку для Si, Ti и высокую отрицательную нагрузку для S. Фактор III имеет высокую отрицательную нагрузку по Ca и положительную по As.

Корреляционный и факторный анализ показывает, что геохимическая ассоциация большинства микроэлементов и РЗЭ в органоминеральных отложениях в основном связана с глинами, тяжелыми минералами, гидроксидами железа. Геохимический состав органоминеральных отложений также определяется составом исходной породы, интенсивностью выветривания и процессами, контролирующими распределение элементов в осадочной толще при осадконакоплении.

Для анализа условий осадконакопления использовались отношения химических элементов и модулей, в частности индекс интенсивности химического выветривания (CIA). Для исследуемых осадков CIA колеблется в пределах 62 - 86. Наименьшая степень переработки материала у пород донных отложений зафиксированы на глубине 65-120 см и наибольшая у донных осадков на глубине 120-740 см (CIA > 70). Осадки с глубины 680-690, 720-730, 740-750 имеют коэффициент CIA 85-86, что указывает на выветренные породы, и вероятность образования каолинита.

Тенденция выветривания может быть оценена с помощью соотношения Th/U, значение Th/U более 4, является показателем химического выветривания вследствие большей потери U в этом процессе. Значение Th/U варьирует в интервале 3-4, что указывает на умеренную стадию выветривания и отсутствие сильного воздействия атмосферных явлений на органоминеральные отложения. Данный вывод позволяет предположить, что отложения образовались из горных пород и что преобладающим процессом является физическое выветривание в бассейне и поверхностный снос.

### Литература

Радомская, В.И. Минеральный состав и геохимические особенности органоминеральных отложений урочища озера Песчаное в южной части Амуро-Зейского междуречья / В.И. Радомская, Д.В. Юсупов, Л.М. Павлова, С.М. Радомский, В.А. Демчук, Н.В. Моисеенко, Т.В. Кезина, Т.Н. Веклич, С.Я. Кулик // Литосфера. – 2022. – № 2. – С. 251–271.

Радомская, В.И. Редкоземельные элементы в атмосферных осадках на территории г. Благовещенска / В.И. Радомская, Д.В. Юсупов, Л.М. Павлова // Геохимия. – 2018а. – № 2. – С. 197-206.

Радомская, И.В. Многомерный статистический анализ содержаний элементов в снеговом покрове г. Благовещенска / И.В. Радомская, Д.В. Юсупов, Л.М. Павлова, А.Г. Сергеева, Н.А. Бородин // Региональная экология. – 2018б. – №2. – С. 15-28.

Тейлор, С.Р. Континентальная кора: ее состав и эволюция / С.Р. Тейлор, С.М. Мак-Леннан. – М.: Мир, 1988. – 384с.

## Geochemical features of the sediments of Lake Peschanoe in the mouth part of the Zeya River

Radomskaya V.I.<sup>1</sup>, Yusupov D.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geology and Environmental Management FEB RAS, Russia, 675000, Blagoveshchensk, Relochny per., 1, radomskaya@ascnet.ru

<sup>2</sup>Amur State University, Russia, 675027, Blagoveshchensk, Ignatievskoe shosse 21, yusupovd@mail.ru

The regularities of the distribution of elements in the bottom sediments of Lake Peschanoe, located in the estuarine part of the Zeya River, were determined. The formation of the lake and the accumulation of sediments took place in the late period of the Holocene. The spatial distribution of microelements in bottom sediments was determined by the intensity of weathering processes and surface runoff from the catchment area of the Lower Zeya depression. The content of trace elements is determined by clays, heavy minerals, iron hydroxides and does not depend on the concentration of organic matter. Anthropogenic accumulation of some elements in the upper part of the lake layer was revealed.

Keywords: lake sediments, microelements, correlation analysis.

УДК 552.5+553.9+551.762.3

### Позднеюрско-раннемеловое дизоксидно-аноксидное событие (SDAE) в эпиконтинентальных морских бассейнах Северного полушария

Рогов М.А.<sup>1</sup>, Щепетова Е.В.<sup>1</sup>, Захаров В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Геологический институт Российской Академии наук. Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7 стр. 1, russianjurassic@gmail.com; shchepetova@ginras.ru

Проанализированы седиментологические, геохимические и биотические признаки высокоуглеродистых отложений верхней юры – низов нижнего мела, накопившихся на Русской плите и в других районах Северного полушария; обосновано проявление субглобального продолжительного (около 20 млн. лет) шельфового дизоксидно-аноксидного события (SDAE) на рубеже юры и мела в высоких и средних широтах, сформулированы его основные особенности, отличающие данное событие от океанских аноксидных событий (OAE) – диахронность его наступления в разных регионах, отсутствие существенных изотопных сдвигов и нарушений углеродного цикла, значимых биотических кризисов. Показано, что в течение этого события формировались углеродистые сланцы двух типов: 1) суббореального – в виде тонких прослоев, исключительно высоко (>10%) обогащенных морским ОВ (тип керогена I-II), содержащих многочисленные остатки бентосной фауны а также 2) бореального типа – в виде довольно мощных толщ морских осадков с относительно равномерным распределением высоких содержаний ОВ и признаками существования стабильной бассейновой аноксии. Широкое распространение чёрных сланцев в конце юры – начале мела могло быть связано с потеплением и изменениями в океанской циркуляции, а также долговременной дестабилизацией планктонных сообществ и ростом их продуктивности: расширением ареалов обитания первичных продуцентов ОВ за счет прохладных, относительно более «мутных», но богатых нутриентами обширных эпиконтинентальных морей умеренных и высоких широт, и всплесками биопродуктивности на начальных этапах их освоения.

Ключевые слова: черные сланцы, поздняя юра–ранний мел, дизоксидно-аноксидное событие

В мезозойских отложениях черносланцевые толщи распространены необычайно широко. Накопление существенной части чёрных сланцев связывается с проявлением кратковременных, но глобально выраженных океанических аноксидных событий (oceanic anoxic events, или OAE (Jenkyns, 1980, 1999, 2010) и др.)

Чёрные сланцы, связанные с OAE, обладают рядом общих признаков:

1) как правило, они накапливались в глубоководных океанических, реже в мелководных шельфовых обстановках и были широко распространены по всему миру;

2) с черносланцевыми эпизодами обычно ассоциируются существенные колебания изотопного состава углерода, а также резкие изменения климата (обычно резкое потепление в начале события), и уровня моря (обширные трансгрессии);

3) длительность океанических аноксидных событий в масштабах геологического времени невелика и составляет десятки – сотни тысяч лет; соответственно, и мощность чёрных сланцев обычно мала, от дециметров до метров;

4) начало и окончание накопления чёрных сланцев во время таких событий, как правило, синхронны в разных бассейнах, и с появлением чёрных сланцев часто связаны наиболее значимые изотопные экскурсы.

Высокоуглеродистые отложения пограничного интервала юры и мела привлекают пристальное внимание специалистов во всем мире. В морских отложениях этого возрастного интервала углеродистые сланцы известны на шельфах Северного, Норвежского и Баренцева морей, в Восточной и Северной Гренландии, на Шпицбергене и Земле Франца-Иосифа, в Западной и Восточной Сибири, в европейской части России и Центральной Польше, в Арктической Канаде и на Аляске, на Тибете и в Антарктиде, Аргентине и Фолклендских островах.

Эти, как правило, исключительно высокоуглеродистые толщи ( $C_{орг} > 10\%$ ) или отдельные горизонты, которые характеризуются следующими специфическими особенностями:

1) они приурочены главным образом к шельфовым отложениям высоких и средних широт Северного и Южного полушария и практически отсутствуют в низких широтах, практически нет их и в глубоководных отложениях;

2) и начало, и окончание накопления чёрных сланцев внутри этого временного интервала диахронны в различных палеобассейнах, а иногда и в пределах одного бассейна осадконакопления;

3) накопление обогащённых морским органическим веществом тонкослоистых осадков происходило в течение миллионов лет (до примерно 20 млн. лет на шельфе Баренцева моря);

4) в рассматриваемом интервале не установлены сколько-нибудь широко прослеживаемые изотопные экскурсы, нет и признаков резких колебаний климата;

5) несмотря на то, что столь длительные условия с дефицитом кислорода в придонных водах влияли на бентосные сообщества, в этом временном интервале в регионах развития чёрных сланцев не отмечается существенных биотических перестроек или ярко выраженных явлений вымирания тех или иных организмов.

Ранее некоторые исследователи предлагали выделять «позднеюрское аноксидное океаническое событие» или «оксфорд-кимериджское океаническое аноксидное событие» (Nozaki et al. 2013; Trabucho-Alexandre et al. 2012;), однако специфические черты и существенные отличия обстановок

накопления черносланцевых отложений в пределах рассматриваемого интервала позволяют установить здесь принципиально новый тип событий, связанных с дефицитом кислорода в придонных водах – а именно, позднеюрско– раннемеловое «шельфовое дизоксидно-аноксидное событие» (Rogov et al., 2020).

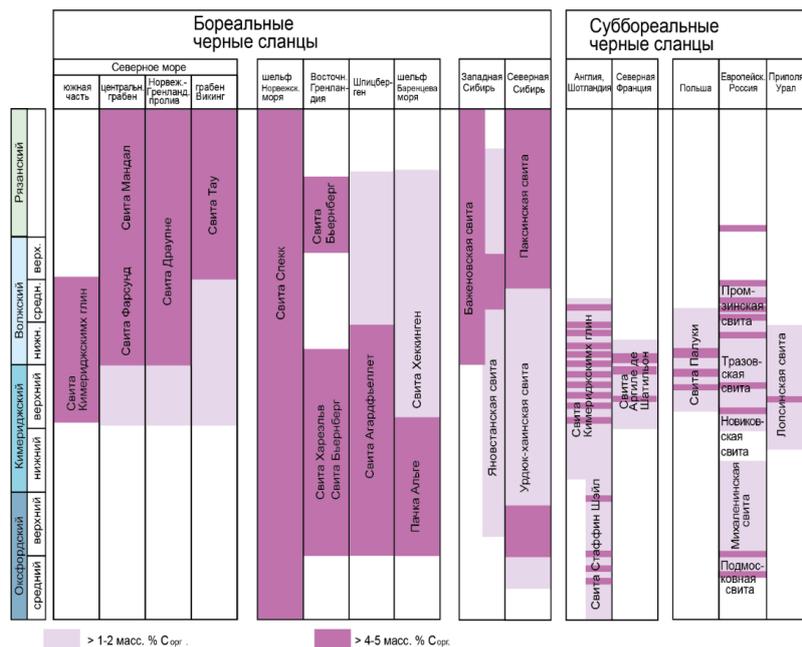


Рис. 1. Распространение черных сланцев бореального (холодноводного) и суббореального (прохладные воды) типов, накопившихся в течение позднеюрско-неокомского дизоксидно-аноксидного события (SDAE) в Северном полушарии. Светло- и тёмно-розовой заливкой показаны интервалы с относительно более и менее высокой концентрацией органического углерода в отложениях, по (Rogov et al., 2020), с изменениями

Показано, что в течение этого события формировались углеродистые сланцы двух типов: суббореального – в виде тонких прослоев, исключительно высоко (>10%) обогащенных морским ОБ (тип керогена I-II), обычно содержащих многочисленные остатки бентосной фауны (Страхов, 1934; Гаврилов и др., 2008; 2014; Ribulleau et al., 2001; Tribovillard et al., 2001 и др.), а также бореального типа – в виде довольно мощных толщ морских осадков с относительно равномерным распределением высоких содержаний ОБ и признаками существования стабильной бассейновой анокии (Брадучан, 1976; 1989; Рыжкова и др., 2018; Ineson et al., 2003; 2023; Langrock, Stein, 2001 и др.).

Нами были детально рассмотрены особенности строения разрезов в разных районах развития данного события. Оказалось, что в пограничном интервале юры и мела можно выделить два существенно различающихся типа черносланцевых отложений. Один из них, приуроченный к сравнительно низкоширотным районам запада Евразии (главным образом от Англии до европейской части России, восточнее это тип отмечается только на Приполярном Урале) был отнесен к «суббореальному» типу черных сланцев. Для него характерно переслаивание тонкослоистых чёрных сланцев, в которых нередко отмечаются исключительно высокие концентрации органического вещества (обычно 20–30, до 40%), с глинами, алевритами и песками, в которых органического вещества практически нет. Соответственно, накопление таких черносланцевых прослоев происходило в обстановках периодического изменения содержания кислорода в придонном слое воды от сильного дефицита до нормальной концентрации. Это хорошо видно по тем окаменелостям, которые встречаются в черносланцевых прослоях и между ними – хотя нектонные и планктонные организмы представлены и там, и там, и зачастую это одни и те же виды, бентос в черносланцевых прослоях и вне их различается весьма существенно. Как правило, в черносланцевых прослоях разнообразие бентоса низкое, и по числу находок резко доминируют один-два вида (обычно это двусторки *Vuchia* и *Inoceramus*). Черные сланцы «суббореального» типа широко распространены в верхней юре и базальной части мела европейской части России.

Второй тип чёрных сланцев – «бореальный» – развит преимущественно в более высоких широтах. Он характеризуется преобладанием монотонных слоёв и пачек черносланцевых отложений (обычно мощностью в десятки метров). В таких отложениях могут присутствовать единичные прослои алевролитов, песчаников или карбонатных конкреций, но обычно они составляют весьма незначительную часть отложений. Для бореальных чёрных сланцев характерны менее значительные колебания количества захороненного в осадке органического вещества во времени, но при этом максимальные величины его содержания обычно несколько меньше, чем характерные для

суббореальных чёрных сланцев (обычно до 10%, реже до 20% и выше). Биота бореальных чёрных сланцев достаточно однообразна – обычно в них встречаются остатки головоногих моллюсков, двустворчатые моллюски *Vuchia* и *Inoceramus* (иногда им сопутствуют устрицы, прикреплявшиеся к плавающим аммонитам), а также устойчивые к дефициту кислорода брахиоподы *Lingula*. Условия дефицита кислорода благоприятны для сохранения остатков морских позвоночных, и в бореальных чёрных сланцах известны местонахождения скелетов морских рептилий (например, на Шпицбергене и Земле Франца-Иосифа см. *Delsett et al.*, 2016); впрочем, многочисленные и разнообразные позвоночные встречаются также и в суббореальных чёрных сланцах (*Zverkov, Efimov*, 2019). В каждом отдельном регионе стратиграфические уровни появления и исчезновением чёрных сланцев, приуроченных к «шельфовому диксидно-аноксидному событию» различаются. Тем не менее, в пределах интервала на границе юры и мела, соответствующего средне- и верхневолжскому подъярусам, подобные отложения были распространены практически повсеместно (рис. 1).

Но каковы же причины шельфового диксидно-аноксидного события? Известно, что на позднюю юру приходится отчетливо выраженное потепление, однако его масштабы были не настолько значительны, чтобы вызвать подобное субглобальное событие. Других более или менее ярко выраженных абиотических событий в конце юры – начале мела тоже, на первый взгляд, нет. Распад Пангеи начался задолго до этого времени, и если судить по соотношению изотопов стронция в раковинах моллюсков, то связанный с этим процессом пик гидротермальной активности пришёлся на конец средней юры – самое начало поздней юры. В конце юры – начале мела фиксируется несколько крупных импактных событий, но их связь с какими-либо биотическими перестройками спорна, и тем более сомнительно их влияние на накопление черносланцевых отложений.

По-видимому, причины крупного шельфового диксидно-аноксидного события следует искать в изменениях морской биоты. Широкое распространение чёрных сланцев в конце юры – начале мела могло быть связано с долговременной дестабилизацией планктонных сообществ и ростом их продуктивности: расширением ареалов обитания первичных продуцентов ОВ за счет прохладных, относительно более «мутных», но богатых нутриентами обширных эпиконтинентальных морей умеренных и высоких широт, и всплесками биопродуктивности на начальных этапах их освоения.

### Литература

Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтегазоносность). Новосибирск: Наука, 1986. 216 с.

Брадучан Ю.В., Захаров В.А., Месежников М.С. Стратиграфия и условия образования битуминозных отложений верхней юры-неокома Европейской части СССР и Западной Сибири // Осадочная оболочка Земли в пространстве и времени. Стратиграфия и палеонтология: Докл. сов. геологов на XXVIII сессии МГК. / Под ред. Соколова Б.С. М.: Наука, 1989 С. 108–115.

Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Рогов М.А., Щербинина Е.А. Седиментология, геохимия и биота волжских углеродистых отложений северной части Среднерусского моря (Костромская область) // Литология и полез. ископаемые. 2008. № 4. С. 396–424.

Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Щербинина Е.А. (2014) Седиментологические и геохимические обстановки формирования углеродистых толщ в мезозойских палеобассейнах Европейской части России // Георесурсы. Геознергетика. Геополитика. 2014. Вып. 1(9). С. 1-30.

Страхов Н.М. Горючие сланцы зоны *Perisphinctes panderi* d'Orb. (Очерк литологии) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1934. Т. XII., Вып. 2. С. 200–248.

Рыжкова С.Д., Бурштейн Л.М. Ершов С.В. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины // Геология и геофизика, 2018. Т. 59. № 7. С. 1053-1074.

*Delsett L.L., Novis, L.K., Roberts A.J., Koevoets M.J. et al. The Slottsmoya marine reptile Lagerstätt: depositional environments, taphonomy and diagenesis // Geol. Soc. Spec. Pub. 2016. V. 434. P. 165-188.*

*Ineson J.R., Bojesen-Koefoed J.A., Dybkjær K., Nielsen L.H. Volgian-Ryazanian 'hot shales' of the Bo Member (Farsund Formation) in the Danish Central Graben, North Sea: stratigraphy, facies and geochemistry // Geological Survey of Denmark and Greenland Bull. 2003. V. 1. P. 403–436.*

*Langrock U., Stein R. Origin of marine petroleum source rocks from the Late Jurassic to Early Cretaceous Norwegian Greenland Seaway – evidence for stagnation and upwelling // Mar. Pet. Geol. 2004. V. 21. P. 157-176.*

*Nozaki T., Kato Y., Suzuki K. Late Jurassic Ocean anoxic event: evidence from voluminous sulphide deposition and preservation in the Panthalassa // Scientific Reports. 2013. V. 3, 1889.*

*Jenkyns H.C. Cretaceous anoxic events: from continents to oceans // J. Geol. Soc. 1980. V. 137. P. 171-188.*

*Jenkyns H.C. 2010. Geochemistry of oceanic anoxic events // Geochem. Geophys. Geosyst. 2010. V. 11(3). Q03004.*

*Rogov M.A., Shchepetova E.V., Zakharov V.A. Late Jurassic – earliest Cretaceous prolonged shelf dysoxic–anoxic event and its possible causes // Geol. Mag. 2020. V. 157. P. 1622–1642*

Riboulleau A., Baudin F., Deconink J.-F. et al. Depositional conditions and organic matter preservation pathways in an epicontinental environment: the Upper Jurassic Kashpir Oil Shales (Volga Basin, Russia) // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2003. V. 197. P.171–197.

Trabucho-Alexandre J., Hay W.W., De Boer P.L. Phanerozoic environments of black shale deposition and the Wilson Cycle // *Solid Earth.* 2012. V.3. P. 29–42.

Tribouvillard, N., Bialkowski A., Tyson, R.V. et al. Organic facies variation in the late Kimmeridgian of the Boulonnais area northernmost France) // *Mar. Pet. Geol.* 2001. V. 18. P. 371-389.

Zverkov N.G., Efimov V.M. Revision of *Undorosaurus*, a mysterious Late Jurassic ichthyosaur of the Boreal Realm // *J. Syst. Palaeontol.* 2019. V. 17. P. 963-993.

## **Late Jurassic – Early Cretaceous dysoxic-anoxic event (SDAE) in the epicontinental seas of the Northern Hemisphere**

**Rogov M.A.<sup>1</sup>, Shchepetova E.V.<sup>1</sup>, Zakharov V.A.<sup>1</sup>**

1 – *Geological Institute of Russian Academy of sciences, 119017, Moscow, Pyzhevsky lane 7, bld. 1, russianjurassic@gmail.com; shchepetova@ginras.ru*

Sedimentological, geochemical and biotic characteristics of the Upper Jurassic–Lower Cretaceous organic-rich shales accumulated in epicontinental seas covered the Russian Platform and other areas were analyzed, and occurrence of a sub-global long-lasting (up to ~ 20 My) shelf dysoxic-anoxic event (SDAE) in the Northern Hemisphere inferred. The main features that distinguish this event from oceanic anoxic events (OAE) such as the diachroneity of its onset and termination in different regions, no isotopic signatures of significant carbon cycle disturbances and evidences of any remarkable biotic extinctions, were summarized. It is shown that two patterns of black shale deposition during SDAE are recognized: Subboreal type, with numerous thin black shale beds, bounded by sediments with very low organic carbon values; (2) Boreal type, distinguished by predominantly thick black shale successions showing high organic carbon concentrations and brief signs of prolonged anoxic to dysoxic conditions. The causes of this SDAE are linked to long-term warming and changes in oceanic circulation and, additionally, the long-term disturbance of planktonic communities, due to expansion into the cool, more "turbid" and nutrient-rich epicontinental seas of moderate and high latitudes, may have triggered overall increased productivity in anoxia-prone environments

Keywords: black shales, Upper Jurassic–Lower Cretaceous, dysoxic-anoxic event

### **УДК 553.98**

## **Закономерности преобразования нефтидов в процессе гипергенеза на основе корреляционного анализа их микроэлементного состава**

**Родкин М.В.<sup>1,2</sup>, Пунанова С.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт проблем нефти и газа Российской академии наук. Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3. mihail.rodkin@gmail.com, punanova@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки 1Б, 693022, Южно-Сахалинск, Россия*

Обобщены результаты корреляционного анализа микроэлементного (МЭ) состава нефтидов в процессе гипергенеза в нефтегазоносных бассейнах мира (НГБ). Материалом для обобщения послужили анализы МЭ состава нефтидов по данным разных авторов. Проводился расчет коэффициентов корреляции МЭ состава нефтидов с модельными химическими составами верхней, средней и нижней земной коры и с разными типами биоты. Показано систематическое изменение характера МЭ состава в процессе преобразования от исходного рассеянного органического вещества к нефтям и далее к продуктам деградации нефти (битумам, асфальтам). В ходе такого преобразования систематически уменьшается корреляция с составом биоты и растет связь с составом нижних горизонтов коры. Такая тенденция интерпретируется как следствие переработки рассеянного органического вещества и далее нефтидов восходящим потоком флюидов с глубиной заложения флюидной системы на уровне нижней коры.

Ключевые слова: нефтиды, микроэлементы, глубинный флюидный режим