



УДК 553.98

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НАФТИДОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ



THE TRACE ELEMENT COMPOSITION OF NAPHTHIDES AS REFLECTION GENETIC FEATURES OF THEIR FORMATION

Пуананова Светлана Александровна

доктор геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа РАН
punanova@mail.ru

Punanova Svetlana Aleksandrovna

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences Senior Researcher,
Senior Researcher, Leading Researcher,
Institute of Oil and Gas Problems
of the Russian Academy of Sciences
punanova@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности распределения микроэлементов в нафтидах с привязкой к Периодической таблице Д.И. Менделеева. Рассмотрены гипотезы происхождения нефти, разработанные Д.И. Менделеевым и другими учеными. Нами обосновывается полигенный источник микроэлементов в нефтях, связанный, как с захороненным в осадочных породах органическим веществом, так и с возможностью нахождения в нефтях микроэлементов, привнесенных из глубинных зон земной коры.

Annotation. The article discusses the features of the distribution of trace elements in various classes of naphthides with reference to the Periodic Table D.I. Mendeleev. The hypotheses of the origin of oil developed by D.I. Mendeleev and other scientists. We substantiate the polygenic source of trace elements in oils, related both to organic matter buried in sedimentary rocks and to the possibility of occurring in trace elements oils brought from deep zones of the earth's crust.

Ключевые слова: нафтиды, микроэлементы, земная кора, углеводороды, нефть.

Keywords: naphthides, trace elements, earth's crust, hydrocarbons, oil.

Прошедший 2019 год научным сообществом признан Международным годом Периодической таблицы Д.И. Менделеева в связи со 150-летним юбилеем её создания. Существует несколько геохимических классификаций элементов, в основе которых лежит Периодический закон. Классификации В.М. Гольдшмидта (1923), В.И. Вернадского (1927), А.Е. Ферсмана (1933), Н.А. Солодова (1932), А.Н. Заварицкого (1944) и других подразделяют химические элементы по их геохимическому сходству, т.е. по признаку их совместной концентрации в определённых природных системах [1]. По классификации В.И. Вернадского [2], наибольшее число химических элементов попадает в группу «циклических», или органогенов. Их геохимическая история выражена круговыми процессами (циклами), важное значение для течения которых имеет живое вещество.

Геохимическая дифференциация элементов, т.е. строгая их приуроченность к определенным природным образованиям, обусловлена как химической природой самих атомов, так и возможностью реализации ими своих свойств при определенных физико-химических условиях среды. Так, большое влияние на миграцию и концентрацию элементов оказывают величины ионных радиусов, склонность к реакциям окисления-восстановления, способность давать комплексные ионы, растворимость и т.д. Воздействие среды на характер дифференциации элементов определяется главным образом концентрацией водородных ионов и окислительно-восстановительным потенциалом [1].

На рисунке 1 в поле Периодической таблицы Д.И. Менделеева и с учетом классификации элементов по А.Н. Заварицкому зафиксированы элементы, называемые микроэлементами (МЭ), идентифицированные в нефтях [3, 4]. Нами выделены по величине K (K = концентрация элемента в нефти/кларк этого элемента в глинах по А.П. Виноградову) четыре градации статистической оценки: $K \leq 0,6$ (Ba, Sr, Be, Sc, La, Ti, Zr, Sn, Pb, Mn); $K = 0,6-1,4$ (Ge); $K = 1,4-2,0$ (Eu); $K > 2,0$ (Ga, Rb, Cs, V, Mo, U, Cu, Ag, Au, Zn, Hg, As, Se, Cr, Co, Ni). Анализ этих данных подчеркивает широкое разнообразие состава МЭ в нафтидах. В группу элементов, обогащающих нефти, входят элементы горных пород, группы железа, металлические, редкие, металлоидные, радиоактивные и др. Максимальные величины обогащения характерны для высокоподвижных в условиях земной коры элементов (Hg, Se, Cs, Mo, As, Au, U и др.), что возможно указывает на активность процессов миграции при формировании месторождений углеводородов (УВ). Величины обогащения оказываются в ряде случаев аналогичны концентрациям элементов в рудных месторождениях, что позволяет использовать месторождения каустобиолитов комплексно, т.е. и как потенциальный источник ряда рудных элементов. Трактовка месторождений как ресурса добычи наравне с УВ сырьем также промышленно значимых рудных элементов подтверждает актуальность указания Д.И. Менделеева на чрезвычайную ценность нефти как комплексного химического сырья.

Из изученных МЭ были выбраны элементы, наиболее показательные для всех типов каустобиолитов, и распределение отношений этих элементов в нефтях, углях, сланцах и глинистых породах показаны на рисунке 2.

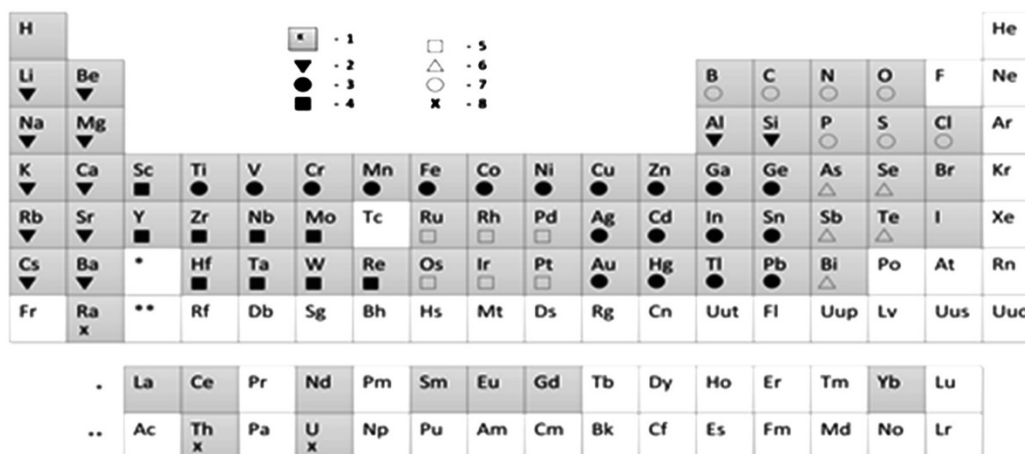


Рисунок 1 – Микроэлементы нефтидов и система химических элементов Д.И. Менделеева: 1 – МЭ, идентифицированные в нефти; элементы, согласно классификации А.Н. Заварицкого: 2 – горных пород; 3 – металлические и группы железа; 4 – редкие; 5 – платины; 6 – металлоидные; 7 – магматических эманаций; 8 – радиоактивные

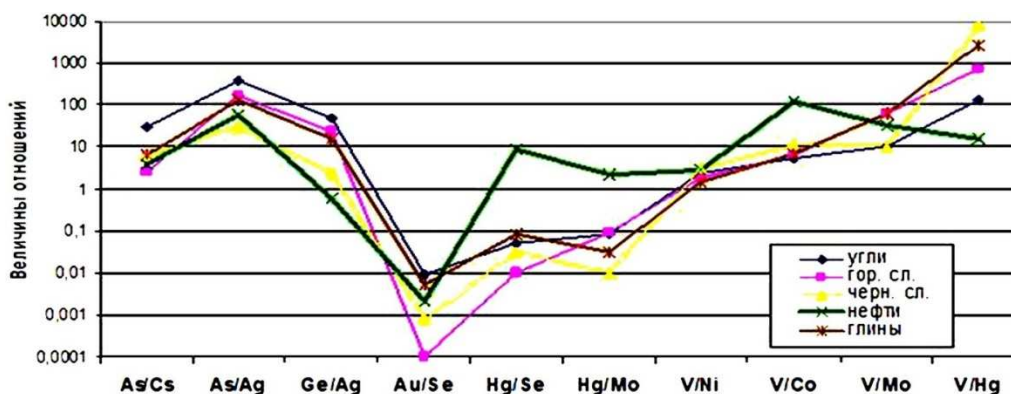


Рисунок 2 – Отношения МЭ в золе каустобиолитов и глин

Несмотря на имеющие место отличия величин отношений, симбатный характер изменений соотношений пар элементов свидетельствует о том, что накопление характерных элементов в исследуемых каустобиолитах происходит в осадочном процессе однонаправленно. Исключением является Hg и отчасти V. Нефти, по сравнению с другими природными объектами, аномально обогащены этими металлами, что, вероятно, связано с недостаточной достоверностью определения среднего содержания Hg в нефтях и вторичным обогащением V [5].

Д.И. Менделеев, наравне с разработкой Периодического закона и созданием Периодической таблицы химических элементов, широко известен и значительным вкладом в другие области науки. В 1876 году на заседании Русского химического общества Д.И. Менделеев предложил гипотезу образования нефти. Согласно его взглядам, в ходе горообразовательных процессов вглубь Земли по разломам и/или трещинам поступает вода. При реакциях взаимодействия воды с карбидами железа под воздействием высоких температур и давления образуются оксиды железа и УВ, которые по тем же разломам поднимаются вверх и, заполняя пористые горные породы, скапливаются и формируют месторождения нефти [6].

Великий русский ученый М.В. Ломоносов, который был одним из первых, кто обратил внимание на проблему «возникновения» нефти, предложил альтернативную биогенную модель. М.В. Ломоносов в знаменитом труде «О слоях земных» писал: «...нефть образовалась в результате разложения органического вещества под действием подземного тепла» [7]. В настоящее время по истечении почти 150 лет с даты выступления Д.И. Менделеева и более 250 лет с выхода в свет труда М.В. Ломоносова по-прежнему конкурируют биогенная и абиогенные модели нефтеобразования. Существуют и концепции полигенеза нефти [8].

В рамках «осадочно-миграционной теории» (термин Н.Б. Вассоевича) источником нефтидов является «живое вещество» (термин В.И. Вернадского), которое при погружении и прогреве осадочных толщ постепенно преобразуется в микронефть. Рассеянные УВ, мигрируя затем по осадочной толще под действием поля напряжений и насыщая различные типы коллекторов-ловушек, формируют месторождения. По мнению В.И. Вернадского [2], подтвержденному дальнейшими геохимическими исследованиями, общее количество рассеянной нефти в осадочной оболочке Земли намного превышает общее количество нефти в месторождениях.



Процесс нефтеобразования носит сложный комплексный характер, обусловленный комбинацией экзогенных и эндогенных факторов. И при оценке влияния вклада глубинных и осадочных процессов на характер нефтеобразования может существенно помочь интерпретация данных по МЭ составу нафтидов. К настоящему времени нет единой, четко сложившейся точки зрения на источник МЭ в нефтях. Анализ и обобщение большого фактического материала дают нам возможность аргументировать существование трех источников МЭ в нефтях – унаследованного от живого вещества, заимствованного нефтью из окружающих пород и пластовых вод и привнесенного по проницаемым зонам из глубинных участков земной коры, т.е. полигенное их происхождение [9].

Выводы о полигенности МЭ состава нефтей, разработанные нами, носят, отчасти, качественный характер. Для получения количественных оценок тесноты связи МЭ состава нефтей с составом земной коры разного уровня и биотой были рассчитаны коэффициенты корреляции между концентрациями химических элементов [10]. Установлено, что для некоторых нефтегазоносных бассейнов наблюдается систематически более высокая корреляционная связь МЭ состава нефтей с химическим составом средней и нижней континентальной коры, нежели с верхней. Детальный анализ проведенных расчетов показал, что основная часть МЭ наследуется нефтью из ОВ. Обогащение нефтей подвижными элементами указывает на активность процессов миграции при формировании УВ месторождений, при этом высокая корреляция МЭ нефтей с химическим составом нижней коры свидетельствует о вовлеченности в процесс миграции также и нижнекоровых флюидов.

Таким образом, в докладе кратко рассмотрены гипотезы происхождения нефти, разработанные Д.И. Менделеевым и другими учеными. Нами обосновывается полигенный источник МЭ в нефтях, связанный, как с захороненным в осадочных породах ОВ, так и с возможностью нахождения в нефтях МЭ, привнесенных из глубинных зон земной коры. Микроэлементный состав нафтидов является отражением генетических особенностей их формирования. Научные идеи Д.И. Менделеева развиваются и в настоящее время на более высоком уровне научного познания.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений УВ в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов», АААА-А19-119022890063-9

Литература

1. Сауков А.А. Геохимия. – М. : Наука, 1975. – 4-е изд. – 477 с.
2. Вернадский В.И. Химические элементы и механизм земной коры : Избр. соч., – М. : Изд-во АН СССР 1954. – Т. 1. – С. 513–519.
3. Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре // Геохимия. – 1956. – № 1. – С. 6–52.
4. Заварицкий А.Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. – Изд-во АН СССР, 1944.
5. Шпирт М.Я., Пунанова С.А. Микроэлементы каустобиолитов. Проблемы генезиса и промышленного использования. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2012. – 368 с.
6. Менделеев Д.И. Происхождение нефти // Журнал Русского химического общества и физического общества. – 1877. – Вып. 2. – С. 36–37.
7. Ломоносов М.В. О слоях земных. Прибавление второе к «Первым основаниям металлургии или рудных дел». – СПб. : типография Императорской Академии Наук, 1763, – С. 237–416.
8. Дмитриевский А.Н. Полигенез нефти и газа // ДАН. – 2008. – Т. 419. – № 3. – С. 373–377.
9. Пунанова С.А. О полигенной природе источника микроэлементов нефтей // Геохимия. – 2004. – № 8. – С. 893–907.
10. Пунанова С.А., Родкин М.В. Сравнение вклада разноглубинных геологических процессов в формирование микроэлементного облика каустобиолитов // Георесурсы. – 2019. – Вып. 21. – № 3. – С. 14–24.

References

1. Saukov A.A. Geochemistry. – M. : Science, 1975. – 4th ed. – 477 p.
2. Vernadsky V.I. Chemical elements and mechanism of the Earth's crust : Izbr. op. cit. – M. : Izd vo AS USSR 1954. – Vol. 1. – P. 513–519.
3. Vinogradov A.P. Laws of distribution of chemical elements in the Earth's crust // Geochemistry. – 1956. – № 1. – P. 6–52.
4. Zavaritsky A.N. Introduction to petrochemistry of eroded rocks. – Published in the Academy of Sciences of the USSR, 1944.
5. Shpirt M.Ya., Puanova S.A. Microelements of Caustobiolites. Problems of Genesis and Industrial Use. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2012. – 368 p.
6. Mendeleev D.I. Origin of oil // Journal of Russian chemical society and physical community. – 1877. – Issue. 2. – P. 36–37.
7. Lomonosov M.V. About the layers of the Earth. Adding the second to «The first bases of metallurgy or ore business». – St. Petersburg. Typography of the Imperial Academy of Sciences, 1763, – P. 237–416.
8. Dmitrievskiy A.N. Polygenesis of oil and gas // DAN. – 2008. – Vol. 419. – № 3. – P. 373–377.
9. Puanova S.A. About the polygenic nature of the oil microelement source // Geochemistry. – 2004. – № 8. – P. 893–907.
10. Puanova S.A., Rodkin M.V. Comparison of the contribution of the different deep geological processes in formation of the microelement shape of caustobiolites // Geosursy. – 2019. – Release 21. – № 3. – P. 14–24.