

УДК 552.574.477.62/61

ЯНОВСКИЙ В.М., БАХТАРОВА Е.П., НАГОРНАЯ Е.А. (ДонНТУ)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭВОЛЮЦИИ ПРОЦЕССОВ СЕДИМЕНТАЦИИ В ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКОЕ ВРЕМЯ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

Посвящается памяти проф. Л.П. Нестеренко

Рассматривается характер ритмичности верхнепалеозойских отложений Донбасса и особенности распределения в них ассоциаций малых элементов. Отмечено усложнение систем седиментации вверх по разрезу и в латеральном направлении, при переходе от субгеосинклинального к субплатформенному типу разреза.

Основу современной стратиграфии составляет эволюция органического мира, заключающаяся в приуроченности определенных ископаемых организмов и их комплексов к различным по возрасту толщам осадков. По биостратиграфической (палеонтологической) методике производится расчленение осадков фанерозоя и отчасти верхнего протерозоя. На основе этой методики создана современная шкала общих стратиграфических подразделений фанерозоя, разрабатываются вопросы эволюции процессов седиментации.

Между тем, для весьма дробного стратиграфического расчленения многих осадочных образований биостратиграфическая методика не может быть применима в полной мере. Связано это с тем, что эволюция органического мира находит свое отражение в более или менее значительных по мощности толщах, которые, например, в геосинклиналях измеряются сотнями метров. Практическая необходимость дробного расчленения осадочных образований в отдельных регионах потребовала поэтому разработки других, непалеонтологических методов стратиграфии.

Одной из таких методик явилась лутугинская (донецкая) методика стратиграфических исследований, разработанная в конце прошлого столетия Л.И. Лутугиным при проведении в Донецком бассейне детальной геологической съемки каменноугольных отложений. Лутугинская методика успешно использовалась и совершенствовалась в Донбассе заведующим кафедрой геологии ДонНТУ (1957–1987 г.г.) проф. Л.П. Нестеренко [1].

Сущность методики, заключается в том, что среди осадочных образований однообразной каменноугольной толщи выделяются неповторимые в вертикальном разрезе маркирующие карбонатные горизонты и пласты углей и их сочетания, как между собой, так и между вмещающими их песчано-глинистыми осадками. Благодаря этому изучаемый разрез расчленяется весьма дробно, вплоть до отдельных мало-мощных пластов различных пород. Органические остатки изучались лутугинцами главным образом как показатели фациальных обстановок, а не в эволюционном плане.

Принципиальную основу лутугинской методики составляет эволюция процессов осадконакопления в пространстве и во времени. Большое внимание при этом уделялось элементам повторяемости в разрезе, выделению циклов и ритмов. Необходимо отметить, что в каменноугольных отложениях Донбасса наблюдается «классическая» ритмичность, известная даже из учебной литературы [2].

В настоящей работе сделана попытка изучить некоторые вопросы пространственной эволюции отложений среднего и верхнего отделов каменноугольной системы и картамышской свиты нижней перми на основе явлений периодичности (ритмично-

сти) в разрезе, а также характера распределения в породах малых химических элементов.

Разрезы каменноугольных отложений Донецко-Макеевского района изучались по керну буровых скважин. Для исследования разрезов верхнекаменноугольных и нижнепермских отложений использовались образцы, отобранные в обнажениях и скважинах Кальмиус-Торецкой и Бахмутской котловин, а также субплатформенного разреза северо-восточной части Донецкого прогиба (колл. Л.П. Нестеренко).

Возможность изучения периодичности (ритмичности) достигалась цифровым кодированием литотипов пород с шагом по разрезу 2,5 м (например, код песчаников — 1, алевролитов — 2, известняков — 5 и т.д.). Содержание химических элементов определялось полуколичественным спектральным анализом в лабораториях Луганской ГРЭ и Комплексной Артемовской ГРЭ, общее количество проанализированных проб — 1451.

Все исходные данные обрабатывались на компьютере с использованием специального математического аппарата и эффективных программ [3].

Характер ритмичности разреза. Анализ ритмичности производится путем изучения в разрезе закодированной последовательности литотипов пород. При этом программой MARKOV рассчитываются вероятности перехода между различными дискретными состояниями объекта (в данном случае литотипами пород) и устанавливается присутствие периодических составляющих. В специальной литературе определенную таким образом периодичность называют «марковским свойством второго порядка» [4]. Из всех выделенных ритмов учитывались только те, для которых значение статистического коэффициента превышало критическое значение коэффициента хи-квадрат при 5% уровне значимости.

В каменноугольных отложениях установлена многопорядковая ритмичность с минимальным по величине («элементарным») ритмом, равным 40 м. Формирование ритмов более крупных порядков происходит чаще путем удвоения их величины (коэф. 2). Обычен также переход к более крупным ритмам через коэффициенты 3,5 и 4,5 (рис. 1).

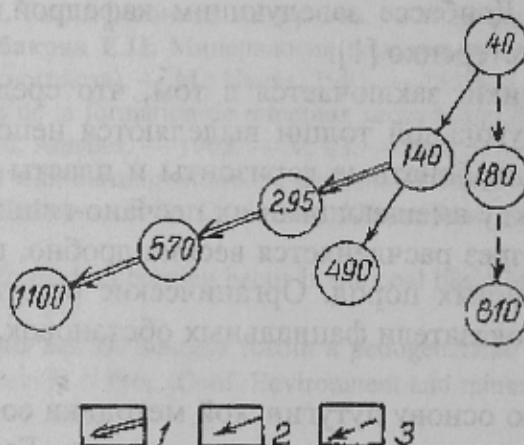


Рис. 1. Иерархия ритмов в каменноугольных отложениях: 1–3 — кратность увеличения ритмов (1 — в 2 раза, 2 — в 3,5 раза, 3 — в 4,5 раза). Цифры в кружках — величина ритма в метрах

Минимальные по величине ритмы отражают, очевидно, временной (и стратиграфический) интервал формирования угольного пласта вместе с межпластовой

толщей вмещающих пород [2]. Действительно, при мощности угленосных каменноугольных отложений около 10 км и минимальной величине ритма 40 м, количество угольных пластов может составить $10000/40=250$ ед., что близко к реальной цифре.

Наиболее крупные по величине ритмы (810, 1100 м) могут соответствовать объему целой угленосной свиты.

Попытка выделить статистически значимые ритмические составляющие в разрезе нижнепермских отложений дала отрицательные результаты.

Характер накопления малых элементов в разрезе. При исследовании особенностей распределения малых элементов в различных частях разреза верхнепалеозойских отложений и использованы следующие методы:

- статистический анализ (расчет средних, дисперсий, корреляционных связей);
- определение естественных ассоциаций элементов;
- анализ вертикальной и латеральной зональности в накоплении элементов.

Ассоциации химических элементов определялись методами факторного анализа [5]. В каждый рассчитанный фактор входят коррелирующиеся между собой элементы, образующие естественную ассоциацию. Обычно при геохимических построениях используют несколько ведущих факторов, информативность которых убывает от первого к каждому последующему.

При анализе зональности использовалось проектирование факторных значений химических составов пород (в отношении малых элементов) в поле треугольных диаграмм. Факторные значения рассчитывались по коэффициентам, с которыми химические элементы входят в каждый фактор.

При анализе распределения малых элементов и их ассоциаций в породах применялась геохимическая классификация по В.М. Гольдшмидту.

Для песчаников и карбонатных пород верхнепалеозойских отложений Донбасса характерно повышенное по сравнению с кларками для данного типа осадков накопление ряда литофильных (Be, Ti, Ba, Mn, V, Sr), халькофильных (As, Bi, Sn, Cu) и сидерофильных (Co, Mo) элементов. Ртуть и германий накапливаются только в карбонатных породах, а цинк - в песчаниках.

Структура ведущих факторов, характеризующих ассоциации химических элементов (на примере песчаников), следующая:

- первый фактор (информативность 21,7% от общей информативности геохимической системы) представлен комбинацией преимущественно литофильных элементов (Li, Sc, La, Zr, Ti, V);
- во второй фактор (15,8%) входят типично литофильные элементы (Ba, Y, Sr, Mn);
- третий фактор (8,3%) объединяет группу халькофильных элементов (Pb, Ag, As, Hg, Cu, Bi);
- в четвертый фактор (8,1%) входят элементы различной принадлежности, преимущественно халькофильные и сидерофильные;
- в пятый фактор (6,4%) входят халькофильные элементы (Pb, Ag и др.).

Подразделение разновозрастных пород основано главным образом на участии в среднекаменноугольных породах ассоциации литофильных элементов, а в более молодых — халькофильных и сидерофильных. Так вверх по разрезу возрастают максимальные, а в ряде случаев — средние содержания халькофильных элементов. Резко возрастают коэффициенты вариации и разброс точек составов в поле треугольных диаграмм факторных значений.

Показательна в этой связи диаграмма факторных значений химических составов песчаников в координатах II–III–V факторов (рис. 2). Поля составов разновозра-

стных пород перекрываются. Однако от среднекаменноугольных к верхнекаменноугольным и затем — нижнепермским песчаникам резко увеличиваются площади полей, занятые фигуративными точками составов данных пород. Причем разброс точек наиболее молодых — нижнепермских песчаников не беспорядочен. От области их сгущения скопления отдельных точек вытянуты к вершинам диаграмм: в направлении второго фактора (ассоциация литофильных элементов), третьего фактора (ассоциация халькофильных элементов) и пятого фактора (халькофильные элементы Pb+Ag).

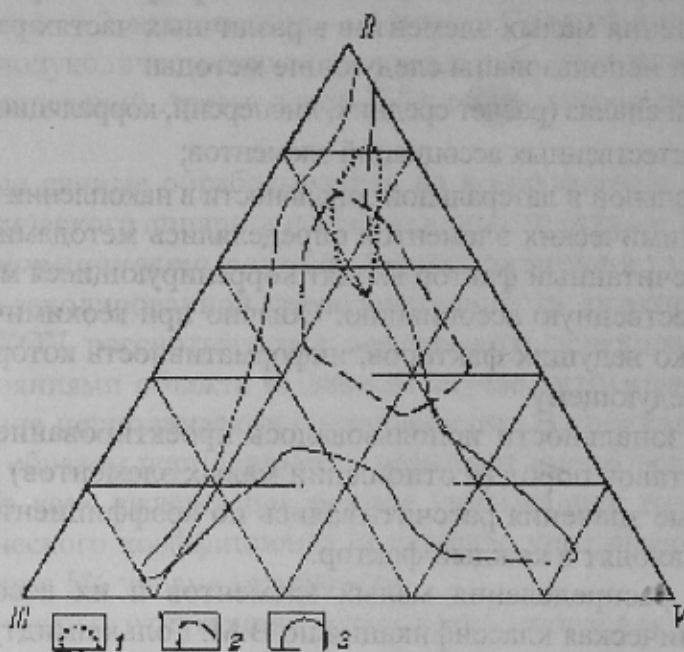


Рис. 2. Поля составов песчаников на диаграмме II-III-V геохимических факторов: 1 — среднекаменноугольных; 2 — верхнекаменноугольных; 3 — нижнепермских

Таким образом, если усредненные составы нижнепермских песчаников не очень значительно отличаются от более древних, то в определенных группах проб происходит преимущественное накопление элементов одной из упомянутых геохимических ассоциаций (литофильной, халькофильной Cu+Bi+Hg+As, халькофильной Pb+Ag). Данное обстоятельство явно связано с геохимической неоднородностью нижнепермских и в меньшей степени — верхнекаменноугольных отложений и может быть положено в основу нестратиграфического, по геохимическим признакам, расчленения самого разреза.

Показателем вертикальной геохимической зональности разреза верхнепалеозойских отложений может служить также рассчитанное аддитивное геохимическое отношение $(\text{Be}+\text{Cu})/(\text{Ba}+\text{Hg})$, величина которого возрастает вверх по разрезу (рис. 3). Пользуясь данным геохимическим отношением можно привязывать серии охарактеризованных данными спектрального анализа образцов верхнепалеозойских пород к определенному интервалу стратиграфического разреза.

При детальном анализе треугольных диаграмм установлена и латеральная геохимическая зональность верхнепалеозойских отложений в направлении от центральной части Донецкого прогиба, в пределах которой осадки сходны с геосинклинальными, к его краевой, северо-восточной части, где они резко уменьшаются в мощности и несут субплатформенный характер. Указанная зональность заключается в относительно большем накоплении некоторых литофильных (Y, Zr, Sc) и сидерофильных (Co, Ni)

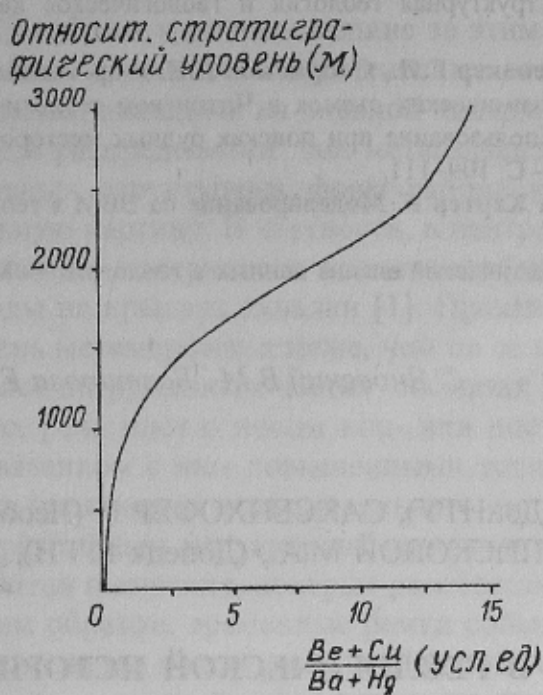


Рис. 3. График аддитивного геохимического отношения разреза верхнепалеозойских отложений

элементов в породах геосинклинального типа, а халькофильных элементов (Cu, Sn, Pb) и типичных литофильных бария и стронция — в породах субплатформенного типа. При этом точки составов пород субгеосинклинального разреза занимают компактную площадь, а субплатформенного — характеризуется значительным разбросом в поле диаграмм.

ВЫВОДЫ

1. Установлена четкая ритмичность каменноугольных отложений, которая вполне объективно интерпретируется. В то же время в нижнепермских отложениях ритмичность полностью отсутствует.

2. Исчезновение ритмичности осадков вверх по разрезу и увеличение при этом геохимической неоднородности свидетельствует об усложнении системы седиментогенеза при переходе от каменноугольного к нижнепермскому времени.

3. Отмечены существенные изменения геохимических особенностей осадков и увеличение их геохимической неоднородности в латеральном направлении, при переходе от субгеосинклинального к субплатформенному типу разреза, что также свидетельствует об усложнении системы седиментации.

4. Проведенные исследования показывают, что геохимические особенности, а также ритмичность различных подразделений верхнепалеозойских отложений отражают специфические условия осадконакопления и могут быть использованы для изучения эволюции процессов седиментации и их стратификации. Это позволяет существенно дополнить и расширить возможности лутугинской (донецкой) методики стратиграфических исследований.

Библиографический список

1. Нестеренко Л.П. Лутугинская (донецкая) методика стратиграфических исследований // Советская геология, 1977. — № 7. — С. 122 — 126.

2. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование. — М.: Недра, 1973. — 432 с.
3. Яновский В.М., Менакер Г.И., Скорняков Л.Н. и др. Автоматизированная обработка на ЭВМ данных площадных геохимических съемок в Читинском геологическом управлении // В кн.: Геохимические карты и их использование при поисках рудных месторождений. — Хабаровск: Изд. НТО «Горное», 1979, — ч. I. — С. 109–111.
4. Харбух Дж., Бонэм Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. — М.: Мир, 1974. — 319 с.
5. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. — М.: Недра, 1990. — Кн. 2. — 427 с.

© Яновский В.М., Бахтарова Е.П., Нагорная Е.А., 2001

УДК 551.243: 553.94

ПРИВАЛОВ В.А. (ДонНТУ), САКСЕНХОФЕР Р. (Леобенский университет, Австрия), ЖИКАЛЯК Н.В., ПИСКОВОЙ М.А., (Донецк ГРГП), ПАНОВА Е.А. (УкрНИИМИ)

ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ДОНБАССА: РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

С целью реконструкции факторов, контролировавших динамику процессов углефикации в Донбассе, использованы методы численного моделирования древних тепловых потоков на основе измерений отражательной способности витринита в анилифах из проб угля, отобранных из керна 23 скважин. Тепловой поток во время максимального погружения изменялся в пределах от 40 мВт/м² до 75 мВт/м². Выделены два «эпицентра» аномально высоких тепловых потоков (125–200 мВт/м²), коррелируемых с пфальцской фазой герцинского тектонического цикла (граница перми и триаса).

Вопросы о причинах и механизмах процессов метаморфизма углей Донбасса неоднократно рассматривались в геологической литературе [1–4] и по-прежнему являются актуальными как для решения прикладных задач, связанных с определением качественных характеристик угля и выбросоопасности, так и для изучения истории геологического развития этого крупнейшего угольного бассейна. В настоящей работе мы использовали методы численного моделирования древних тепловых потоков с целью реконструкции факторов, контролировавших динамику процессов углефикации в Донбассе. Кроме того, определение параметров палеогеотермических условий представляет интерес для выяснения ряда аспектов геологической эволюции бассейна и сопредельных территорий, включая расчетные оценки мощностей эродированных отложений и временных интервалов генерации метановых залежей, а также способствует лучшему пониманию процессов формирования гидротермально-метасоматических изменений горных пород и рудной минерализации.

Анализ карты метаморфизма углей Донецкого бассейна [3] позволяет рассматривать площадное распространение зон различной степени углефикации и соответствующих им областей постдиагенетических изменений осадочной толщи как результат последовательного наложения следующих событий (1*)→(2*)→(3*)→(4*). Среди них: (1*) региональный метаморфизм угленосных отложений, степень которого для определенных стратиграфических интервалов обусловлена соотношением максимальной глубины их погружения в доинверсионный период и латеральными вариациями тепловых потоков на этот момент; (2*) дифференцированный подъем