

УДК 551.2.03

© 2011

О. В. Усенко

## Применение формационного анализа сегодня

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

*Пропонується не обмежувати розгляд умов утворення комплексів порід, що складають стратиграфічний розріз, умовами нагромадження осадових та тектонікою. На сучасному етапі розвитку геологічної науки формаційний аналіз повинен включати встановлення умов диференціації розплавів у корі та мантії.*

В 70–80-е гг. прошлого столетия широко дискутировалась роль формационного анализа в изучении докембрийских структур. Объект формационного анализа — стратифицированные комплексы горных пород, находящиеся на поверхности. “Формации как естественно исторические геологические тела образуются в условиях развития определенных структурных элементов земной коры и на определенных этапах их развития, характеризующихся разным режимом движений земной коры и разной палеогеографической обстановкой. Поэтому при выделении и изучении формаций особенно популярным является генетическое направление ...” [1, с. 36]. Ограничение генетического направления условиями осадконакопления и приповерхностными тектоническими событиями не позволило дать объяснение многим наблюдаемым особенностям геологического строения, особенно докембрийских толщ.

К 90-м годам XX века формационный анализ перестал широко применяться, что привело к отрыву предполагаемого процесса от вещества, от стратиграфического разреза, а также от исторического направления в изучении геологического развития структур. Режимы движений земной коры отошли к плитовой тектонике. Рассматривались преимущественно горизонтальные перемещения литосферных блоков. Петрология занялась условиями образования расплавов вне их связи с геологическим процессом. Большое внимание уделялось точности и детальности исследований и практически не учитывалось место исследуемого минерала в породе, а породы — в разрезе, формирующемся вследствие исторического процесса.

К настоящему времени существуют три массива данных: *детальные геолого-геохимические описания геологических структур; условия образования (P-T-условия и состав сопутствующего флюида) практически всех известных типов магм; распределение физических свойств и вещества до глубин ~250 км (установлено не только с помощью геофизических методов, но и по результатам изучения ксенолитов).*

Синтез накопленной информации позволит перейти от установления физико-химических условий образования минерала и отдельной породы к описанию “развития наиболее крупных тектонических структур в течение длительных отрезков геологического времени” [2, с. 8], охарактеризованного в геологических формациях — комплексах горных пород.

Направление, названное Е. М. Лазько *парагенетическим*, базируется на двух определениях Н. С. Шатского: 1) геологические формации — парагенезисы горных пород; 2) парагенезисы горных пород — это не только определение формаций, но и метод их изучения [1, с. 36]. Такая концепция особенно актуальна на современном этапе исследований. Любые,

сколь угодно точные, аналитические исследования должны проводиться на геологическом материале, для которого существует единство привязок: место (на карте и в разрезе) — время образования (относительный или абсолютный возраст). Как только теряется хоть одно, описание любой степени детальности теряет смысл. Привязка к породе, занимающей строго определенное место в стратиграфическом разрезе, установление условий ее образования и увязка этих условий в единый геологический процесс возвращают нас к формационному анализу.

Развитие генетического направления видится в определении условий формирования: расплавов (в мантии и коре), эксгалационных (в которых часть вещества имеет глубинный источник, а способ отложения — осадочный) и типично осадочных толщ. Условия осадконакопления и климат определяют формирование лишь двух последних разновидностей пород. Поэтому на современном этапе развития геологической науки генетическое направление предполагает рассмотрение процесса в границах не только земной коры, но и верхней мантии. Т. е. установление условий протекания совокупности последовательных процессов в слое, объединяющем астеносферу и литосферу. Моделирование процессов, определяющих современное распределение физических полей, исследования условий образования магматических и многих эксгалационных пород, равно как и установленные *PT*-условия формирования ксенолитов, вынесенных магматическими расплавами, убедительно демонстрируют, что *все геологические события от архейских до современных, фиксируемые на поверхности в породных комплексах и геофизических полях, иницированы процессом в мантии.* Магматизм, тектоника, палеогеографические обстановки (условия осадконакопления на поверхности) — это следствия глубинного процесса, и в первом приближении определяются размещением астеносферы.

Для формационного анализа ключевыми являются понятия “фация” и “формация”. По определению Э. Б. Наливкиной, “фация” — физико-химическое и “формация” — геологическое понятия, а формационный анализ в идеале должен объединять звенья цепи “элемент — молекула — минерал — горная порода — формация”. Понятие “формация” характеризуется очень крупным масштабом среди других объединений горных пород [3, с. 73]. Как правило, под понятием “формация” рассматривались устойчивые породные комплексы, характерные для определенных этапов процесса: “теосинклинального” либо “платформенного”.

Если пытаться применить к совокупности породных комплексов, слагающих региональные геологические структуры, понятия “фация” и “формация”, то формация — комплекс пород, сформированных в процессе единой активизации, когда существует астеносфера, расположение которой может изменяться на каждом этапе. Тогда фация — это комплекс пород, образованных на одном этапе (при постоянном расположении кровли мантийной астеносферы) и объединенных единством *PT*-условий образования и дифференциации расплавов. Давление и температуру на кровле мантийной астеносферы при формировании фации можно считать постоянными, изменяются количество и состав подвижных компонентов вследствие цепочки последовательных процессов: химических реакций, ликвации на несмешиваемые жидкости, отведения магм и эксгалаций к поверхности, кристаллизационной дифференциации. Магматические породы, входящие в состав фации, представляют собой комагматическую серию. Тогда фация в иерархии “элемент — молекула — минерал — горная порода — формация”, располагается между горной породой и формацией<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Не путать с понятием “фация метаморфизма”, отражающим физико-химические условия в момент преобразования пород группы фаций либо формации вблизи поверхности.

*Геологический процесс образования формации на поверхности включает:*

отложение пород, в том числе магматических и эксгалиационно-осадочных, связанных единством глубинных условий дифференциации расплавов, отщепления эксплозий в глубинной астеносфере — образование фации;

погружение под толщей следующих фаций;

наложение изменений под воздействием температур, давлений, подвижных компонентов, переносимых флюидами и расплавами — метаморфизм;

тектонические движения: складчатость, перемещения блоков горизонтальные и вертикальные, определяющие уровень эрозионного среза.

*Формационный анализ предполагает:*

выделение фаций — комплекса магматических, эксгалиационных и осадочных пород, образованных на одном этапе (при одном расположении кровли астеносферы) на основе имеющейся геолого-аналитической информации;

установление *PT*-условий, состава подвижных компонентов, характеризующих источник вещества (для магматических и эксгалиационных пород — астеносферный) на каждом этапе активизации, т. е. для каждой фации по методике, предложенной в [4];

восстановление истории глубинного развития — изменения расположения кровли астеносферы в рамках активизации по последовательности размещения фаций в рамках формации;

расчет скорости осадконакопления (погружения поверхности), определяющих тектонические и палеоклиматические условия накопления фаций на поверхности;

определение времени наложения изменений — метаморфизма, метасоматоза, гранитизации (для докембрия), а также физико-химических условий преобразования: распределение палеотемператур с глубиной (палеогеотермический градиент), перераспределение подвижных компонентов;

установление глубины размещения пород, находящихся на поверхности, в момент метаморфизма, мигматизации и плавления (для докембрия).

Применение подобного анализа для фанерозойских структур при наличии сведений о составе и возрасте магматических пород, мощности осадков, степени наложенного метаморфизма позволяет восстанавливать глубинный процесс достаточно уверенно [4]. Конечно, надо учитывать, что речь идет о решении обратной геофизической задачи. Точность установления размещения кровли астеносферы до  $\pm 20$  км. Предлагается общая схема протекания процесса, а названные глубины — реперные.

Для архейских структур задача усложняется вследствие принципиально иного протекания глубинного процесса [4]. Дополнительной сложностью является высокий уровень эрозионного среза в районах развития высокометаморфизованных пород. Интенсивно преобразованные породы гранулитовой и высокой амфиболитовой фации, в данное время находящиеся на поверхности, на момент последнего преобразования размещались в непосредственной близости от слоя плавления. Температуры их преобразования превышают  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  — температура солидуса пород амфиболитовой фации на глубине 15–20 км. В этом случае региональный метаморфизм проявляется как плутонометаморфизм, только источник термального и химического воздействия — коровая астеносфера. Она же является зоной палингенного гранитообразования.

Еще одну существенную трудность для расшифровки в первую очередь геологического строения — последовательности накопления фаций и объединения их в формации — является совмещение на одной территории фаций различных формаций (пород, образо-

ванных в процессе разных активизаций), на которые наложены изменения (мигматизация и метаморфизм высоких ступеней) в процессе последней активизации. Речь идет о регионах развития гранулитовой фации метаморфизма, где уровень эрозионного среза максимален. Поэтому на относительно небольшой по площади территории объединены породы не только различных фаций, но и разных формаций. Расшифровка глубинного процесса предполагает разделение пород на формации, восстановление последовательности накопления и преобразования пород внутри каждой формации. Применение формационного анализа для высокометаморфизованных толщ (например, Днестровско-Бугского блока) требует создания новых методических приемов.

Однако для блоков (например, Среднеприднепровского), в которых на современном уровне эрозионного среза находятся слабоизмененные породы зеленосланцевой и низкой амфиболитовой фаций метаморфизма, применение методических приемов формационного анализа (установления условий образования последовательно залегающих фаций) позволило получить интересные результаты [4].

1. Лазько Е. М. Формационный анализ и его роль в изучении высокометаморфизованных толщ раннего докембрия // Проблемы геологии докембрия. – Киев: Наук. думка, 1971. – С. 32–43.
2. Шатский Н. С. О геологических формациях (Доклад в МГРИ 22 мая 1954 г.). – Избранные труды. Т. 3. – Москва: Наука, 1965. – С. 7–12.
3. Наливкина Э. Б. Проблема формаций метаморфических и ультраметаморфических // Проблемы геологии докембрия. – Киев: Наук. думка, 1971. – С. 72–78.
4. Усенко О. В. Глубинные процессы образования расплавов в тектоносфере: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук / НАН Украины. Ин-т геофизики им. С. И. Субботина. – Киев, 2008. – 41 с.

Институт геофизики им. С. И. Субботина  
НАН Украины, Киев

Поступило в редакцию 29.07.2010

**O. V. Usenko**

### **Modern use of the formation analysis**

*It is suggested not to limit the consideration of conditions of the formation of complexes of rocks which make a stratum cut, by those of the accumulation of sediments and the tectonics. On the modern stage of the development of geological science, the formation analysis must include the establishment of conditions for the differentiation of melts in the crust and the mantle.*