

УДК 551.2.03

© 2012

О. В. Усенко

## Условия формирования Корсунь-Новомиргородского плутона и массивов щелочных пород Восточного Приазовья

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

*Состав пород и сопутствующей рудной минерализации Корсунь-Новомиргородского плутона и массивов щелочных пород Восточного Приазовья определен различным глубинным протеканием процесса. Это привело к различию в строении близких по составу первичных расплавов, что обусловило неодинаковые физико-химические взаимодействия, которые и определили их разный минеральный и химический составы. Решающим явилось различное взаимодействие фтора с расплавом с изменением давления.*

В работах автора (например, в [1]) обосновано предположение, что состав расплава, появляющегося на поверхности, определяется глубиной его дифференциации. Давление задает ближний порядок в расплаве — его структуру, от чего во многом зависит минеральный состав будущей магматической породы. Очень важным параметром физико-химической системы “расплав астеносферы” является состав силикатной и несиликатной составляющих. В жидкости, содержащей химически активные компоненты, происходит их взаимодействие. Протекают химические реакции, сопровождающиеся образованием флюида (углеводородного, карбонатного, водного и т. д.), изменением состава и переформатированием силикатной матрицы.

Не только состав расплава, но и состав взаимодействующего с ним флюида, зависит от давления. В научных публикациях автора указывалось на неустойчивость воды при  $P > 3$  ГПа (например, в [1]). Высвобождение ионов  $O^{2-}$  при плавлении вызывает скачкообразное изменение состава расплава, обуславливаемое резким увеличением окислительного потенциала среды при высоком давлении. Предполагалось, что причиной изменения поведения  $H_2O$  является наличие дополнительной водородной связи. Изменение состава реагентов приводит к изменению продуктов реакций и всей цепочки физико-химических взаимодействий.

Помимо воды водородную связь образуют молекулы HF. Влияние фтора на состав расплава, магматических пород, связанного с ними оруденения, можно проследить на примере Корсунь-Новомиргородского плутона (КНП), расположенного в Ингульском блоке Украинского щита (УЩ), Октябрьского и Южно-Кальчикского массивов (соответственно ОМ и ЮКМ) Восточного Приазовья. В работе предлагается вероятная схема протекания глубинного процесса, учитывающая физико-химические реакции и взаимодействия на кровле астеносферы.

Формирование массивов начинается после второго этапа гранитизации, который проявлен не только на УЩ, но и на всех щитах мира. Как перемещенные, так и палингенные гранитоиды, образованные на этом этапе, обогащены  $K_2O$  и соответственно калиевым полевым шпатом. Например, новоукраинские и кировоградские граниты — в Ингульском,

хлебодаровские и анадольские граниты — на Приазовском блоках. Гранитизация вызвана поступлением глубинного расплава, содержащего хлоридно-калиевый флюид, разбавленный водой. После кристаллизации коровой астеносферы интервал глубин от 20 до 50 км, до этого сложенный преимущественно плагиоклазсодержащими основными породами, обогащается минералами, содержащими калий.

Сходство пород ЮКМ с массивами анортозитов, в том числе КНП, заключается, в первую очередь, в многофазном становлении, которое для этих массивов не оспаривается. Относительно ОМ единого мнения нет. С. Г. Кривдик настаивает на однофазном внедрении массива, а сам массив рассматривает как расслоенную интрузию, сложенную породами одной комагматичной серии [2]. По мнению автора, эта точка зрения является спорной по ряду причин. ЮКМ и ОМ находятся в одной тектонической зоне, образованной разломами близкого к меридиональному простирания, продолжающейся в Донецком бассейне. Массивы образованы в одно время, территориально привязаны к единой разломной зоне. Поэтому формирование их по разным схемам представляется менее вероятным, чем образование по одинаковым или близким.

Главным доказательством невозможности однофазного становления ОМ является факт появления полевошпатовых пород до нефелиновых. Для смены альбита нефелином необходимы: увеличение давления в очаге дифференциации, отделение несмесимой карбонатной фазы и сокращение содержания кремнезема в расплаве, которые часто коррелируют. В подкоровом, коровом и тем более приповерхностном очаге содержание таких компонентов, как кремнезем и вода увеличивается по мере дифференциации. Это приведет к устойчивости полевого шпата (альбита), но не нефелина. Дополнительными доводами за предлагаемое многофазное формирование ОМ являются разрывы по железистости темноцветных минералов (упомянутые в работе [2]), что может указывать на разный состав исходного расплава в результате пополнения глубинного очага. Подобные разрывы в железистости характерны для всех описываемых массивов.

В ОМ и в ЮКМ Приазовского блока расплавы каждой последующей фазы являются все более щелочными. Микроклин сменяется альбитом, альбит — нефелином. Гранитоиды практически не представлены. Большая часть массивов сложена основными и средними породами. Дифференциация расплавов обоих массивов происходит исключительно в мантии [1]. При формировании ОМ происходит снижение кровли астеносферы от этапа к этапу. При этом давление увеличивается от 1,5 ГПа в подкоровом очаге до 3 ГПа — на глубине 100 км (табл. 1). Расплавы ЮКМ также преимущественно дифференцированы в мантии.

В Ингульском блоке магмы достигают поверхности по проницаемой трансрегиональной подвижной зоне Восточно-Европейской платформы. Здесь ранее образованы Новоукраинский и Кировоградский массивы гранитоидов, расположенные южнее Субботстко-Мошоринской разломной зоны. В процессе становления этих массивов и КНП происходит “цементирование” самой зоны в коре, формирование Звенигородско-Анновского и Кировоградского разломов, являющихся ее проекциями на поверхности.

КНП — полифазный, сложен комплексом различных по основности пород: от редких ультрамафитов, образующих слойки, до гранитоидов. Последние занимают до 80% площади массива. Наибольший интерес представляют анортозиты, содержащие кристаллы иризирующего плагиоклаза и граниты-рапакиви, большая часть которых — крупноовоидные. Ядро овоидов сложено калишпатом, оболочка — олигоклазом. В калишпате отмечены высокие содержания Li и Rb. Интересно наблюдение И. Б. Щербакова, что массивы рапакиви обязательно ассоциируют с литий-фтористыми гранитами [3]. В мантийных флюидах фтор

сопряжен с натрием. Граниты, обогащенные фтором, калием и литием — гибридные корово-мантийные образования. Породы начальных этапов образования из расплавов, дифференцированных в мантии, последующих — в коре.

Таким образом, в период становления массивов на Ингульском блоке и в ВП фиксируется многофазная активизация, в процессе которой увеличивается натриевая щелочность, а также влияние карбонатно-фторидного флюида. Разгрузка глубинного щелочного фторидно-карбонатного натриевого флюида осуществляется на территории всего щита. Однако в Ингульском блоке и на Приазовском массиве глубинный процесс протекает по-разному. Поэтому близкие по составу флюиды оказывают принципиально разное воздействие на расплав. Формируются разные породные комплексы с разной сопутствующей минерализацией. В щелочных расплавах, дифференцированных в мантии, большую роль играет  $\text{CO}_2$ , тогда как в коровых расплавах активна  $\text{H}_2\text{O}$ . Разное соотношение  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  в расплавах восточной и центральной части щита может быть связано с его колебаниями в составе исходного глубинного флюида, но решающее влияние оказывают два фактора — давление на глубине дифференциации и поведение фтора.

При давлениях более 1,5 ГПа плавиковая кислота неустойчива. Высвобождающийся фтор взаимодействует с водой и кремнекислородными тетраэдрами, что приводит к высвобождению кислорода, который связывается с углеродом. Образуется углекислый флюид. В щелочной среде происходит его отделение в самостоятельный карбонатитовый расплав. Формируются близкие по возрасту силикатные магматические породы и карбонатиты. С отделением  $\text{CO}_2$  в самостоятельную фазу связано появление в силикатных породах фельдшпатоидов, в ОМ представленных нефелином. Кинетика процесса обуславливается давлением и щелочностью в очаге дифференциации. В восточной части Приазовского блока находятся

Таблица 1

КНП		ЮКМ		ОМ	
Порода	Глубина дифференциации расплава	Порода	Глубина дифференциации расплава	Порода	Глубина дифференциации расплава
Расслоенные анортозиты	50	Расслоенная интрузия щелочных габброидов, плагиоклазитов, габбро-сиенитов, монцонитов	50	Ультрабазиты Плагиоклазовые пироксениты	200–150 50
Жильные нориты монцониты	50	1-я сиенитовая фаза — массив щелочно-полевошпатовых гастинситовых сиенитов	100	Щелочные сиениты с реликтовым оливином (фаялитом)	50
Рапакиви	20	2-я сиенитовая фаза — массив лейкократовых кварцевых сиенитов	50	Щелочные сиениты роговообманково-пироксеновые	70
Дайковые граниты пегматиты	20	Граносиенит-гранитная фаза	20	Эгирин-альбитовые нефелиновые сиениты. Мариуполиты Нефелиновые твейтозиты — нефелиновые сиениты ОМ	70–100 100

месторождения Zr, Nb, Ta, TR (Ce, La, Nd), связанные со щелочными расплавами, дифференцированными при участии карбонатно-фторидно-натриевых флюидов [1]. Эти элементы могут попасть в расплав исключительно вследствие взаимодействия с фтором, а в расплавах существуют в виде фторидных комплексов.

Магматические щелочные основные расплавы КНП дифференцированы под корой. Габбро и анортозиты сменяются коровыми гранитодами с калиевым полевым шпатом и альбитом, доля которого увеличивается от этапа к этапу. Происходит снижение давления в очаге дифференциации, а также контаминация коровым веществом, обогащенным калием и водой. Соотношение основной Са-плагиоклаз/альбит/калишпат зависит от соотношения воды, хлора и щелочей во флюидной фазе, растворенной в расплаве [4]. В данном случае изменяется в сторону увеличения щелочности: нейтральные хлоридно-водные флюиды с кальцием и растворенным  $\text{CO}_2$  (из сопряженного расплава образуются анортозиты) сменяются слабощелочными хлоридно-калиевыми (монзониты), а затем хлоридно-натриевыми водными флюидами. В коровом очаге формируются гранитные расплавы, в которых от этапа к этапу растет доля  $\text{Na}_2\text{O}$ . Углекислый флюид и фтор присутствуют, но их влияние проявлено не так, как на ПМ: ликвации на несмесимые жидкости, резкого увеличения щелочности не происходит. Здесь влияние фтора не так очевидно. Его присутствие приводит к побочным эффектам, определяющим состав и внешний вид пород, сопутствующую минерализацию.

С основными породами первой фазы КНП связаны магматические месторождения титана. Перенос титана осуществляется хлоридно-калиевыми окисленными флюидами. Расплавы следующих фаз, полученные в коровом очаге (при давлении 0,6 ГПа), обогащены гидротермальным флюидом, содержащим уран. Месторождения образуются в течение четырех фаз в интервале от 1,81 до 1,58 млрд лет. В гидротермальных месторождениях микроклиниты сменяются альбититами, затем — натриево-рудно-карбонатными новообразованиями. На заключительном этапе формируются кварцевые жилы. Попадание урана в расплав возможно в присутствии щелочного карбонатно-натриевого растворителя. Для осаждения необходимо увеличение окислительного потенциала и нейтральные, слабокислые условия — увеличение содержания воды. Наличие урана свидетельствует, что глубинные (мантийные) расплавы были щелочными, обогащенными фторидно-карбонатно-натриевым флюидом. В коровом очаге подобные расплавы экстрагировали уран из пород коры. По мере контаминации коровым веществом расплавы обогащались калием, кремнекислотой, водой и хлором. Происходила их нейтрализация. Далее присутствие фтора оказывает эффект прямо противоположный, наблюдаемому при дифференциации расплавов ОМ. В подкоровом и коровом очаге действие фтора подобно изученному в эксперименте, приведенном в работе [5]. Его влияние выражается в понижении температуры обводненного солидуса до  $550\text{ }^\circ\text{C}$ , расширению поля кристаллизации кварца до образования богатых нормативным альбитом остаточных расплавов, из расплава кристаллизуются сосуществующие альбит, калиевый полевой шпат, литиевые слюды, топаз, флюорит, понижается вязкость расплава, повышается растворимость воды. Все эти признаки отчетливо проявлены в породах самого массива и его периферии. Именно воздействие фтора, расширение температурного интервала кристаллизации приводит к формированию специфических структур, а обогащение остаточного расплава альбитом — концентрации (подвижности) урана, который переносится гидротермальным флюидом и выпадает при снижении щелочности и повышении окислительного потенциала, вызываемых кристаллизацией альбита и снижением температуры.

1. 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.
2. Субцелочной докембрийский магматизм и тектоно-физические особенности Восточного Приазовья Украинского щита / Под ред. А. В. Анциферова. – Донецк: Ноулидж, 2010. – 289 с.
3. Шербаков И. Б. Петрология Украинского щита. – Львов: ЗукЦ, 2005. – 366 с.
4. Пуртов В. К., Анфилогов В. Н., Егорова Л. Г. Взаимодействие базальта с хлоридными растворами и механизм образования кислых расплавов // Геохимия. – 2002. – № 10. – С. 1084–1097.
5. Эндогенные источники рудного вещества / Отв. ред. Ф. В. Чухров. – Москва: Наука. – 1991. – 248 с.

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

Поступило в редакцию 21.11.2011

**О. В. Усенко**

### **Умови формування Косунь-Новомиргородського плутону та масивів лужних порід Східного Приазов'я**

*Склад порід та супутньої рудної мінералізації Корсунь-Новомиргородського плутону та масивів лужних порід Східного Приазов'я визначається різним перебігом глибинного процесу. Це призвело до різної будови близьких за складом первинних розплавів, що викликало різні фізико-хімічні взаємодії, які зумовили різний мінеральний та хімічний склад. Вирішальною виявилась різна взаємодія фтору та розплаву зі зміною тиску.*

**O. V. Usenko**

### **The conditions of formation of the Korsun-Novomirgorod Pluto and alkaline rocks of the Eastern Azov array**

*The composition of rocks and the associated mineralization of the Korsun-Novomirgorod Pluto and alkaline rocks of the Eastern Azov array is caused by different depths of the process. This led to a difference in the behavior of melts close in composition, which caused unequal physical and chemical interactions that determined their different mineral and chemical compositions. Decisive were the different interactions of fluorine and a melt with a change in the pressure.*