

В. И. БУДАНОВ

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 14 IV 1969)

В последнее время резко усилился интерес геологов к кольцевым структурам, к которым можно отнести конические залежи, кольцевые дайки, кольцевые комплексы, кальдеры и некоторые другие образования. Изучение кольцевых структур Земли имеет важное значение не только для понимания основных черт развития магматизма и тектоники нашей планеты, но дает богатый материал для сравнительного изучения геологии планет и решения важных проблем космогонического характера (1-3, 5).

Многообразие форм кольцевых структур соответствует сложности и многообразию механизмов их образования. Тем не менее существуют некоторые общие закономерности, свойственные большинству кольцевых структур, связанных с магматическими явлениями. Эти закономерности были подмечены Е. М. Андерсоном (7), автором «динамической теории» образования конических залежей, кольцевых даек и кальдер. До недавнего времени теория Е. М. Андерсона большинством геологов считалась в общих чертах вполне приемлемой для объяснения механизма формирования кольцевых структур. Сходная концепция развивалась И. Е. Ричи (4). Резким диссонансом прозвучала статья А. И. Петрова (4), в которой концепция Е. М. Андерсона решительно отвергается, а вместо нее выдвигается схема, основанная на действии волн напряжений, возникающих при импульсном высвобождении энергии. Характерно, что А. И. Петров рассматривает главным образом упрощенные модели дискообразных отколов (в металлической плите и мраморном блоке) и редко обращается к приводным объектам. Таким образом, им анализируется только возникновение трещиноватости определенного типа, вне всякой связи с магматизмом, в то время как теория Е. М. Андерсона направлена на объяснение явлений магматизма и тектоники в природных объектах. Следовательно, концепции Е. М. Андерсона и А. И. Петрова вообще никак не соприкасаются. Образование трещиноватости, описываемое схемой А. И. Петрова, определено имеет место в природе, но взаимоотношение такой трещиноватости с движением магмы совершенно не разобрано.

Для суждения о применимости схем Е. М. Андерсона и А. И. Петрова мы рассматриваем несколько примеров, в частности недавно открытые в южной части Аравийской пустыни мезо-кайнозойские кольцевые комплексы (6, 12, 13).

Комплекс Гебель Абу-Хрук представляет собой сочетание неполнокольцевых интрузий щелочных сиенитов и неполноконических и штокообразных интрузий нефелиновых сиенитов. В геологическом строении комплекса принимают участие реликты вулканического конуса и лополита эссекситовых габбро, а также разнообразные дайки (рис. 1А).

Вулканический конус, сложенный трахитами, риолитами и их пирокластическими аналогами, образовался на пенепленизированной поверхности фундамента (рис. 1Б, Г). Минимальная расчетная высота конуса была 1,5 км, диаметр по основанию — около 8 км. Очевидно, на ранней стадии наметились разломы, по которым позже произошло кальдерообразное осе-

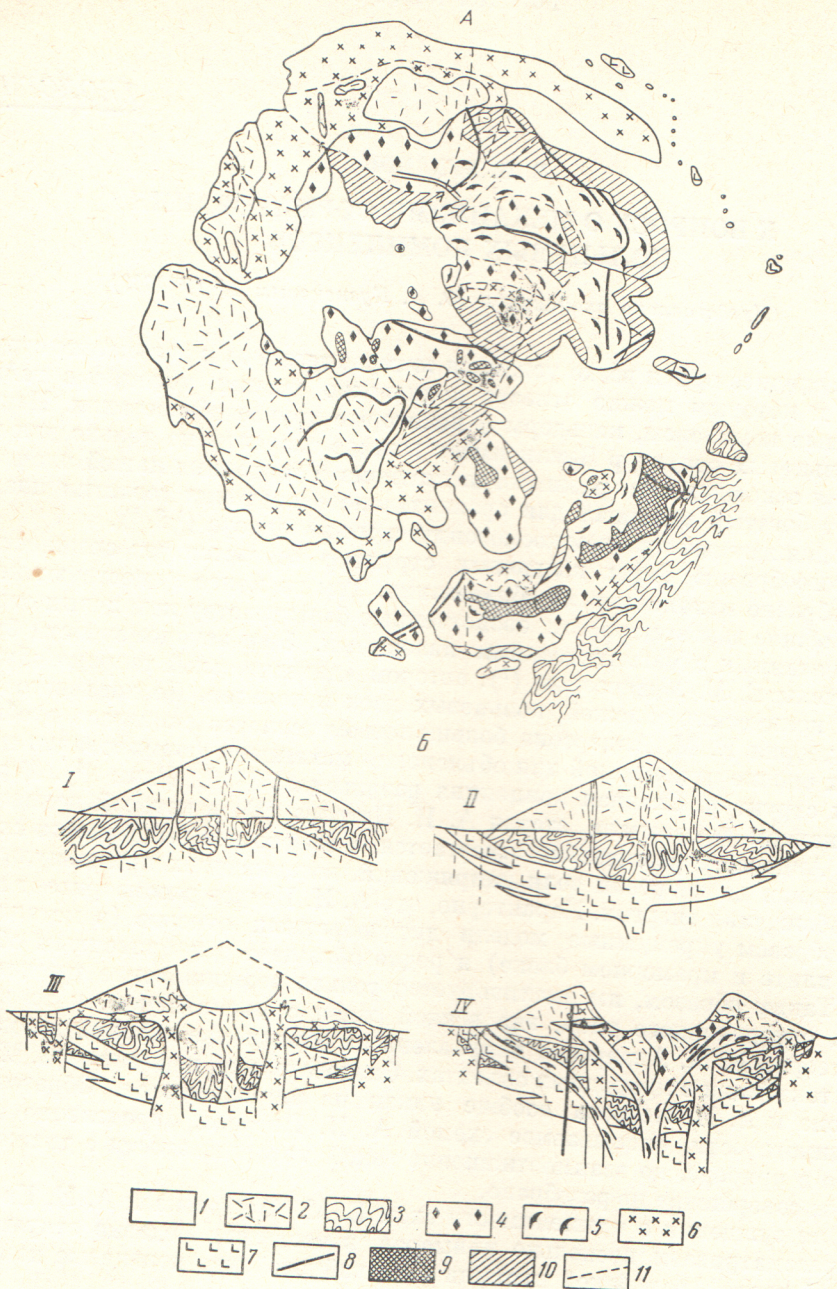


Рис. 1. Схематическая геологическая карта центральной части кольцевого комплекса Гебель Абу-Хрук (А) и схематическая реконструкция главных этапов формирования кольцевого комплекса Гебель Абу-Хрук (Б). Положение пород каждого этапа показано после некоторого периода эрозии. 1 — отложения вадии, 2 — породы вулканического конуса, 3 — породы фундамента, 4 — дитриды, 5 — фойяиты, 6 — щелочные габбро, 7 — эссекситовые габбро, 8 — дайки, 9 — зоны ксенолитов, 10 — зоны ожелезнения, 11 — разломы

дание ядерной части вулкана. На этих разломах были насажены паразитарные конусы, остатки которых установлены по распределению типичных жерловых фаций.

Следующий этап (рис. 1Б, II) — образование лополита эссекитовых габбро, расщепленного в периферических частях на ряд наклонных силлов. Магма нигде не достигала поверхности, так как субцелочные основные породы встречены только в гипабиссальных фациях.

Наметившиеся кольцевые разломы, большой вес ядерной части вулкана, увеличенный к тому же породами лополита, и снизившееся давление в магматическом очаге привели к кальдерообразному оседанию ядра вулкана; позже в движение был вовлечен весь конус.

Щелочно-сиенитовая магма (рис. 1Б, III) заполняла кольцевые разломы и пространство между конусом и фундаментом. В связи с этим оседание периферических частей конуса было замедленным. Щелочно-сиенитовая магма интенсивно переработала ядерный блок; в то же время ясно, что не существовало прорыва этой магмы на поверхность, так как в центральной части комплекса нет щелочных пород в вулканических фациях.

Последний этап (рис. 1Б, IV) выразился в появлении пород с нефелином и другими фальдшпатоидами. Вначале произошло внедрение конических тел фенолитов и щелочных габброидов. Затем по наметившимся коническим разломам внедрились трахитоидные нефелиновые сиениты (фойяиты), а в виде штокообразных тел — гранитоидных нефелиновые сиениты (дитройты).

После затвердевания нефелиновых сиенитов продолжали действовать конические напряжения, что вызвало образование конических трещин, по которым внедрились тингуаиты. К этому же этапу относится образование радиальной системы тингуаитовых даек. Естественно, существовали и другие системы трещин, по которым образовались дайки нефелин-сиенитовых порфиров, пегматитов и аплитов, уртитов, бостонитов и трахидолеритов. После внедрения пологих тел трахидолеритов продолжающееся кальдерообразование привело к возникновению центральной и кольцевых вад, ограниченных кольцевыми разломами.

Чередование разнообразных по структуре тел в комплексе Гебель Абу-Хрук объясняется чередованием подъемов магмы и кальдерообразных оседаний различных частей вулкана. Возникающие разломы предопределяют форму интрузий. Общая картина осложняется явлениями вулканизма, образованием лополита и штокообразных тел и систем трещиноватости, определяющих размещение разнообразных даек. Таким образом, у нас нет никаких оснований возражать против теории Е. М. Андерсона, в принципе объясняющей строение кольцевых структур чередованием периодов активного подъема магмы и образования конических тел и пассивного заполнения пространства при кальдерообразных оседаниях. Разумеется, каждый конкретный кольцевой комплекс обладает специфическим механизмом формирования. В частности, изученные нами ранее⁽¹²⁾ кольцевые комплексы Гебель Мансури и Гебель Гезира обладают несколько иным механизмом формирования.

Гебель Мансури — изометричный массив с реликтами вулканического конуса — на первой стадии представлял собой вулканический конус, сложенный трахитами и их пирокластическими аналогами. Цилиндрическая форма самого массива щелочных сиенитов заставляет предполагать, что следующим этапом было магматическое обрушение и пассивное заполнение пространства щелочно-сиенитовой магмой. Обрушение не проявилось на поверхности в виде кальдеры, но в результате его ядерная часть вулкана в современной структуре оказалась гипсометрически ниже самого массива щелочных сиенитов.

Для комплекса Гебель Гезира, сложенного главным образом щелочными сиенитами и их гипабиссальными и вулканическими аналогами, также не характерны кальдерообразные оседания, вследствие чего вулканический

конус сохранился почти целиком, а центральная и кольцевые вадии так и не сформировались. Структура комплекса связана с магматическим обрушением; здесь отсутствует фаза активного внедрения магмы, а поэтому и нет конических тел; только на поздних стадиях появляются радиальные дайки.

Аналогичные по механизму образования кольцевые комплексы описаны в Ливии П. Ф. Буроле⁽⁸⁾, в Судане — Ф. М. Делани⁽⁹⁾, в Юго-Западной Африке — Х. Корном, Х. Мартином⁽¹⁰⁾ и Е. С. В. Симпсоном⁽¹⁵⁾. Для большинства из этих комплексов характерно образование вулканического конуса, внедрение лополита габбро, кальдерообразное оседание, и образование интрузий щелочных сиенитов, а затем активное внедрение нефелин-сиенитовых магм в образующиеся системы конических трещин.

Однако приуроченность кольцевых структур к зонам растяжения (рифтам, крупным разломам и т. д.) предопределяет преобладание кальдерообразных оседаний и пассивного заполнения магмами освободившегося пространства. Кальдерообразные оседания происходят только при наличии вулканического конуса. Они, следовательно, отличаются от настоящих кальдер, связанных с гигантскими прорывами на поверхность интрузивов^(11, 3). Отсутствие кальдер в комплексах с мелкими вулканическими конусами и цилиндрическая форма поздних интрузий дают основание предполагать, что такие интрузии формируются путем магматического обрушения. Образование кольцевых интрузий и большей части кольцевых даек связано с кальдерообразными оседаниями. Конические залежи и радиальные дайки формируются главным образом в моменты активного движения вверх щелочных магм, преодолевших нагрузку кровли.

Образование лополитов габбро на ранних стадиях развития кольцевых комплексов заставляют внимательно рассмотреть новую схему А. И. Петрова, объясняющую образование дисковидных отколов под действием волн напряжений при импульсном высвобождении энергии. Прочие же особенности кольцевых комплексов могут быть однозначно поняты с использованием концепции Е. А. Андерсона.

Управление геологии
Совета министров ТаджССР

Поступило
7 IV 1969

Памирская геологоразведочная экспедиция

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Авдеев, Сов. геол., № 10 (1965). ² А. П. Виноградов, Сов. геол., № 1 (1969). ³ Н. В. Короновский, В кн. Геология и полезные ископаемые зарубежных стран, Африка, в. 17, 1967. ⁴ А. В. Петров, Сов. геол., № 9 (1968). ⁵ И. Н. Томсон, Ю. А. Ходак, Л. В. Хорошилов, Сов. геол., № 9 (1968). ⁶ М. К. Акаад, М. Ф. El-Ramly, Geol. Surv. Egypt, Paper № 14 (1962). ⁷ E. M. Anderson, H. Jeffreys, Proc. Roy. Soc. Edinburgh., 56, 2 (1936). ⁸ P. F. Burrollet, Saharan Symposium, Tripoli, 1963. ⁹ F. M. Delany, Eclogae Geol. helv., 48, № 1 (1955). ¹⁰ H. Korn, H. Martin, Trans. and Proc. Geol. Soc. S. Africa, 57 (1954). ¹¹ C. Ofthedahl, Skr. Norske Vid. Akad. Oslo, Mat. Nat. Kl. 3 (1953). ¹² M. F. El-Ramly, V. I. Budanov, A. A. Hussin, Abstracts of Papers, 6th Annual Meeting Geol. Soc. Egypt, Cairo, 1968. ¹³ M. F. El-Ramly, V. I. Budanov et al., Geol. Surv. Egypt, 1969. ¹⁴ J. E. Richey, Edinb. Geol. Surv. and Mus. Dept., Sci. and Res., 1948. ¹⁵ E. S. W. Simpson, Trans. and Proc. Geol. Soc. S. Africa, 57 (1954).