

УДК 549.21(477)

215-219

Канд. геол. наук ПАНОВ Ю.Б., докт. геол.- мин. наук КОРЧЕМАГИН В.А. (ДонНТУ), проф. ГРИФФИН В.Л. (Объединенная организация научных и инженерных исследований Австралии)

ПОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ УКРАИНСКОГО ЩИТА И ПРОБЛЕМА ЕГО АЛМАЗОНОСНОСТИ

Тектонические поля деформаций Украины, точнее Украинского щита, в отличие от полей напряжений изучаются сравнительно недавно [1, 2, 3]. Исходными данными для их изучения являются трещины, зеркала скольжения, минеральные жилы и дайки магматических пород. Эти данные собраны при документации 80 обнажений горных пород в карьерах и естественных выемок вдоль рек и балок Украинского щита (рис. 1).

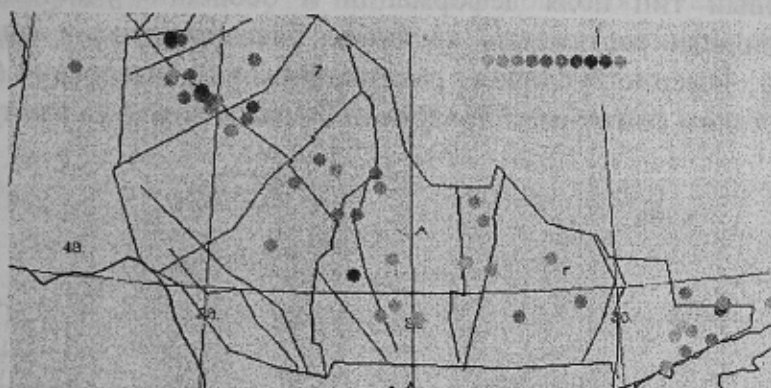


Рис. 1. Места тектонофизических наблюдений в пределах Украинского щита

При этом наиболее трудным является установление возраста полей деформаций. Так как породы Украинского кристаллического щита древние, докембрийского возраста, они испытали много этапов деформаций. Выделить их практически не возможно. Мы рассматриваем поля суммарных деформаций. Во-первых, те, которые фиксируют все подвижки по трещинам. Сдвиговые (зеркала скольжения) и раздвиговые (минеральные жилы и дайковые образования) перемещения. Во-вторых, те, которые суммируют все трещины. Методика таких реконструкций проста. Описана она в ряде работ [1, 2, 3]. Ее идея сводится к рассмотрению каждой трещины, зеркала скольжения, жилы или дайки, как отрыва, деформационного структурного элемента, увеличивающего объем горного массива. Соответственно, для отыскания ориентации осей эллипсоида деформаций используется принцип мини-макса, т.е. минимум распределения полюсов трещин на стереограммах отождествляется с положением оси e_3 (ось минимального укорочения), а максимум концентрации полюсов трещин отвечает положению оси e_1 (оси максимального удлинения). Данная идея реализована в компьютерной программе ГЕОС, разработанной в Институте физики Земли и в Геологическом институте РАН О.И.Гуценко, А.И.Мостриковым и Н.Ю.Васильевым. Эта программа не только определяет ориентацию осей эллипсоида деформаций, но так же вычисляет и другие параметры поля деформаций (коэффициент μ - e , анизотропию деформационной структуры, зет-компоненту и др.), а так же строит карты расположения осей деформаций в пунктах наблюдений и сглаженные карты осей, с различным шагом сглаживания.

Рассматривая карту распределения оси e_3 (рис 2) прежде всего бросается в глаза блоковая структура поля деформаций. При этом блоки примерно отвечают известным

блокам УЩ [3, 4]. Границей блоков, характеризующихся резким изменением ориентации оси e_3 , обычно служат крупные разрывы. Иногда таких изменений на границах известных блоков не происходит. По-видимому данные разрывы не отличались повышенной активностью. В других случаях изменения ориентировки происходят внутри блоков, отмечая, по-видимому, не выявленные разрывы. Реже наблюдаются плавные искривления ориентировки оси укорочения. В общем, аналогичными являются и карты других осей эллипсоида деформаций (рис. 3).

Особый интерес представляют участки сбросового типа полей деформаций. Они на картах изображаются синими точками. Как правило, они сопровождаются так же синими стрелками, что соответствует отрицательным значениям коэффициента Лодэ-Надаи, т.е. характеризующимися условиями, приближающимися к одноосному растяжению. Наиболее четко выделяются три таких участка. На юге Коростенского блока, на юге Кировоградского блока и на севере Приазовского массива. Все три участка удивительно близко совпадают с наиболее перспективными участками алмазоносности. Очевидно, сбросовой тип поля деформаций и особенно участки, испытывающие деформации в условиях растяжения являются благоприятными для проникновения алмазных трубок. Именно условия растяжения, как известно (Гзовский М.В.), характеризуются резким снижением предела прочности пород на сжатие.

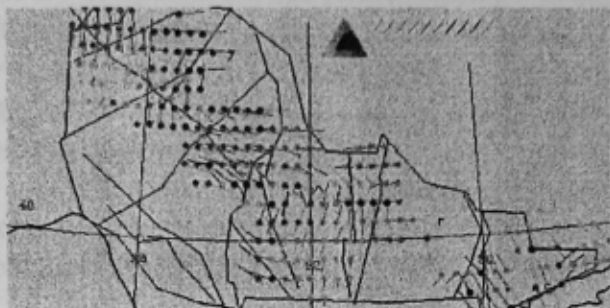


Рис. 2. Поле деформаций УКЩ. Ось укорочения эллипсоида деформаций – e_3

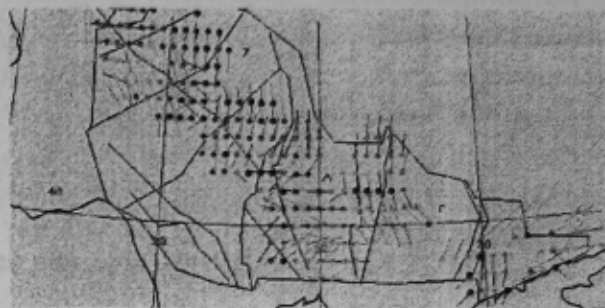


Рис. 3. Ось удлинения эллипсоида деформаций – e_1

В работах австралийских ученых [5, 6] установлен необратимый фактор изменения химического состава литосферной мантии в течение истории Земли, что позволило выделить три типа кратонов с кимберлитами и лампроитами:

- архоны – основание сложено породами архейского возраста (древнее 2400 млн.лет);
- протоны - основание сложено породами ранне-среднепротерозойского возраста (2400 – 1600 млн. лет);
- тектоны – образования позднепротерозойского возраста (1600 – 800 млн.лет) [6, 7].

Для этих целей используется высокая информативность типохимических особенностей индикаторных минералов кимберлитов, особенно пироба.

В настоящей работе использованы данные, полученные при изучении закономерностей распределения малых элементов и элементов-примесей в более чем 700 зернах мантийных хромпиропов (размером 100–250 микрон каждый) из различных участков и районов УЩ.

Анализы были выполнены на протонном и электронных микроанализаторах NIAF, CAMEBAX SX – 50 и LAM – ICPMS в лабораториях университета Макуори, г. Сидней под руководством профессора В.Л.Гриффина [5].

Хромпироп является широко распространенной фазой ультрамафических пород субконтинентальной литосферной мантии (СЛМ), в химическом составе которого

заклучена информация о флюидном этапе его образования, включая переплавление и метасоматоз. Поэтому, изучение и систематизация имеющейся геохимической информации о составе мантийных хромпиропов, может быть использована для определения возраста, классификации и картирования основания кратонов различных блоков Украинского щита.

При этом выявлены следующие закономерности:

- мощность литосферы архейских кратонов составляет 220–180 км, протонов 180–140 км, тектонов до 100 км, что связано с мантийными процессами, влияющими на образование гарцбургитовых и лерцолитовых перидотитов и гранатов в них;

- субкальциевые гарцбургиты с содержанием CaO в хромпиропах от 2,5 до 5% и Cr₂O₃ от 4 до 8% характерны для архонов, тогда как эти значения для гранатов из протонных лерцолитов составляют от 4 до 7% CaO и от 2 до 6 % Cr₂O₃. Для пиропов из фанерозойских лерцолитов эти значения варьируют в пределах 4,5–6% CaO и 1-2,5% Cr₂O₃;

- средние содержания Zr и Y, Zr/Y и Y/Ga отношения, а также количество TiO₂ в гранатах из лерцолитов от архона к протону и тектону уменьшаются, что связано с увеличением роли клинопироксенов и гранатов в этих породах.

- архоны: Zr=55 – 26, Y=17 – 9, TiO₂=4000-825, Ti/Y=200 – 49, Y/Ga=2,4 – 1

- протоны: Zr=43 – 12, Y=24 – 8, TiO₂=3080 – 850, Ti/Y=159 – 31, Y/Ga=3,2 – 1,2

- тектоны Zr=37 – 9, Y=44 – 21, TiO₂=2200 – 640, Ti/Y=42 – 10, Y/Ga=11,0

- гранаты, подвергнувшиеся процессам высокотемпературного метасоматоза (более 1100° C), отличаются высоким содержанием Ti, Zr, Y, Ga и Na. Метасоматоз, происходивший при меньших температурах (900 – 1100° C) приводит к уменьшению Zr/Y и Ti/Y отношений.

Определить палеогеотермальные условия образования кимберлитов можно с помощью Ni-термометра и Cr-барометра. Ni-термометр основан на том, что каждое зерно пироба, содержащего более 1,5% Cr₂O₃ (т.е. глубинного Cr-пироба), образовалось в одинаковых равновесных условиях с оливином мантийных ксенолитов. В этой паре сосуществующих минералов количество никеля отражает температуру мантийных пород при эруптивном внедрении в них кимберлитовой магмы. Ni-термометр не чувствителен к составу основных компонентов пироба и давлению, что позволяет по содержанию никеля в каждом исследованном зерне пироба определить температуру его образования с точностью до 50 градусов.

Наиболее низкая геотерма, соответствующая 35 мВт/м², определена по гранатам из кимберлитов Волыни. Гранаты из меловых отложений Волынского региона, а также гранатов восточной части УЩ показывают относительно низкие значения геотерм – около 40 мВт/м².

Примерную мощность литосферы (толщи, состоящей из стабильного, относительно деплетированного материала, в отличие от конвективной и обогащенной широким набором элементов астеносферы), можно установить по температуре образования высокохромистых (Cr₂O₃ > 1,5 %) пиропов с низким содержанием Zr, TiO₂ и, особенно Y. Оценка мощности литосферы произведена по наличию в выборках гранатов хромпиропов с содержанием иттрия около 10 г/т, т.е. образовавшихся в условиях стабильной СЛМ.

Низкие средние содержания Y (13 – 15 г/т), типичные для лерцолитовых гранатов архейского - протерозойского типа мантии, обнаружены в гранатах из кимберлитов Приазовского и Волынского блоков УЩ. Умеренные значения содержания Y (20 – 21 г/т) типичные для гранатов, образованных в мантии протерозойского возраста, установлены в образцах из осадочных отложений Волыни.

Таким образом, гранаты Приазовья и Волыни указывают на мощность литосферы этих регионов порядка 150 км.

Содержание Zr в гранатах определяется процессами деплетации (истощения) и метасоматоза (обогащения). Содержания Zr порядка 30 г/т характерны для гранатов из относительно недеплетированной мантии. Более низкие значения (10 г/т и менее) указывают на значительную деплетацию материнских пород гранатов, а более высокие (более 40 г/т) предполагают наличие постгенетических метасоматических процессов. Гранаты Кировоградского блока УЩ содержат 12 – 25 г/т Zr, что характеризует степень истощения их протерозойской мантии как умеренную. Средние значения содержания Zr из прилегающих областей составляют 27 – 33 г/т. Высокие средние значения содержания Zr обнаружены в гранатах из кимберлитов Восточного Приазовья и Волыни (48 – 60 г/т). Такие концентрации характерны для многих кимберлитовых гранатов из различных регионов мира, подвергнувшихся воздействию процессов метасоматоза [7].

Y/Ga и Zr/Y отношения в мантийных гранатах отражают степень деплетации мантии, (как cpx/gnt , так и полным модальным $\text{cpx}+\text{gnt}$) и позволяют выявить типичные архоны, протоны и тектоны в пределах изучаемых площадей [5, 6].

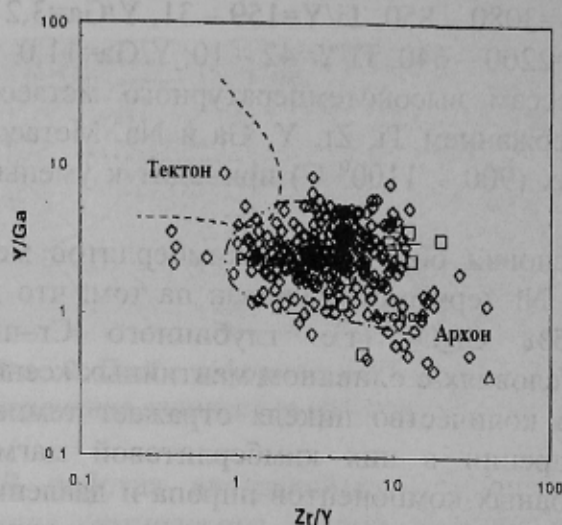


Рис. 4. Гранаты Приазовья

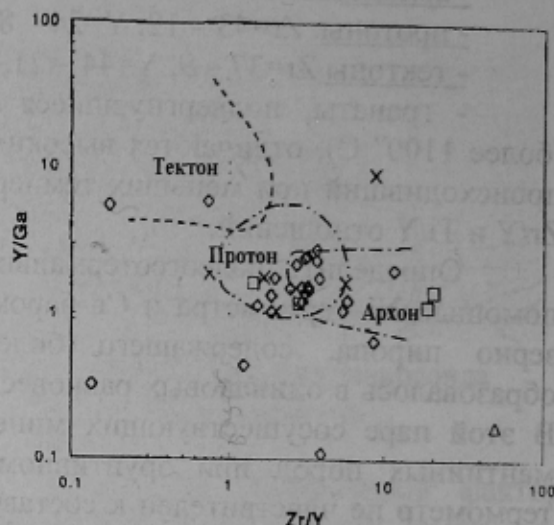


Рис. 5. Гранаты Волыно-Кухотской зоны

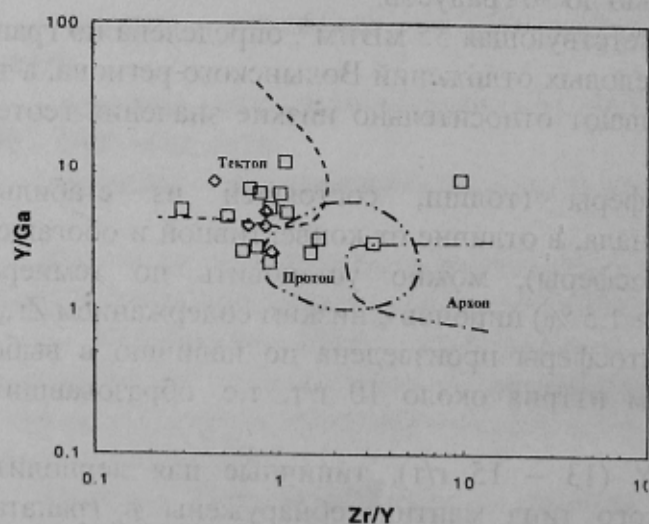


Рис. 6. Гранаты р. Савран (Кировоградский блок)

Условные обозначения:

- Лерцолит
- ◇ Низкохромные гранаты
- △ Верлит

Низкие значения Y/Ga (2,5-2,8) и высокие Zr/Y установлены в пиропсах из кимберлитов Вольни и Приазовья типичны для гранатов, образованных в архонах. Это согласуется присутствием в составе концентратов субкальциевых гранатов. Пироп из меловых отложений Вольнской площади, рифейских отложений Белокоровической площади и в пробах гранатов Подольского блока демонстрирует отношения Y/Ga и Zr/Y типичные для мантийных образований протерозойского возраста (протон). Кировоградские пробы имеют высокие значения Y/Ga (более 4,3) и низкие Zr/Y (1,2 – 1,4) что наблюдается в гранатах, образованных в мантии фанерозойского возраста (тектон).

Таким образом, возраст мантии, пронизанной кимберлитами Приазовья и Вольни по ряду характеристик, присущих этому типу в различных регионах мира, может быть определен как архон. Это подтверждается низкими значениями геотерм, значительной мощностью литосферы (более 150 км), наличием субкальциевых гранатов, значениями Y/Ga < 3, Zr/Y > 4, средним содержанием Y < 15 г/т и содержанием Cr₂O₃ > 5%.

Полученные результаты позволяют произвести блокировку отдельных областей УЩ.

Вольнско – Кухотская область. Гранаты из кимберлитов Вольнско – Кухотской площади относятся к хромпиropам, образованным в архейской мантии, хотя отобраны они в пределах рифейского Вольнско–Кухотского авлакогена, испытавшего в среднем протерозое процессы тектоно-магматической активизации, т.е. имеющего СЛМ протонного типа.

Библиографический список

1. Гзовский М.В. Основные вопросы тектонофизики. - М.: Наука, 1975. - 536 с.
2. Гущенко О.И. Анализ ориентировок сколовых тектонических смещений и их тектонофизическая интерпретация при реконструкции палеонапряжений // ДАН СССР, 1973. - Т. 210, №2. - с. 210 - 212.
3. Гинтов О.Б., Исая В.М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. - К.: Наукова думка, 1988. - 120 с.
4. Корчемагин В.А. Геологическая структура и поля напряжений в связи с эволюцией эндогенных режимов Донбасса / Дис. докт. геол.-мин. наук. - М., 1984. - 214 с.
5. Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., Ryan, C.G., Gaul, O. and Ionov, D. 1998. Secular variation in the composition of subcontinental lithospheric mantle. In J. Braun, J. C. Dooley, B. R. Goleby, R. D. van der Hilst and C. T. Klootwijk (eds) Structure & Evolution of the Australian Continent, Geodynamics Volume 26, Amer. Geophys. Union, Washington D.C. pp. 1-26.
6. Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y. and Ryan, C.G. 1999. The composition and origin of subcontinental lithospheric mantle. In: Y. Fei, C.M. Bertka and B.O. Mysen (eds.) Mantle Petrology: Field observations and high-pressure experimentation : A tribute to Francis R. (Joe) - pp.37-59.
7. Панов Ю.Б. Автореф. канд. дис. «Типохимизм минералов-спутников алмаза из кимберлитов Приазовья». - Донецк: Типография ДонНТУ, 2001.-23 с

© Панов Ю.Б., Корчемагин В.А., 2006