

УДК 551.24.03+553.2

Канд.геол.-мин.наук АЛЕХИН В.И. (ДонНТУ)

ПОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ В ДОКЕМБРИЙСКИХ ПОРОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ И ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАСОМАТИТАХ УЧАСТКА КРАСНОВКА-ЗНАМЕНОВКА

Формирование эндогенного оруденения в докембрийских породных комплексах на Украинском кристаллическом щите (УЩ) происходило в течение длительного периода в разные этапы тектоно-магматической активизации. При этом главную роль играли зоны глубинных разломов [1, 2]. В течение сложной и длительной истории геологического развития Украинского щита возникли различные группы рудных формаций — магматогенные, метаморфогенные, гидротермальные. Все это в полной мере относится и к Приазовскому блоку УЩ. Формирование эндогенного оруденения в пределах конкретных рудных полей, месторождений в главной мере определяется структурным планом деформаций и особенностями полей напряжений на этапе рудоотложения. Это касается всех групп рудных формаций. Поскольку структурный план деформаций на рудоносных участках является результатом многократных тектонических активизаций (дорудный, синрудный, пострудный) чрезвычайно важно установить историю формирования и развития тектонических структур и определить место и роль каждой в процессе рудообразования. Общеизвестно, что конкретные рудные тела чаще локализуются не в главных региональных разломах, а в оперяющих второго и третьего порядка вплоть до отдельных систем трещин. В связи с этим изучение плана деформаций и напряжений на уровне участков оруденения при условии хорошей обнаженности позволяет восстановить историю формирования и развития рудораспределяющих и рудовмещающих структур. На основе этих данных возможно установить роль конкретных региональных тектонических дислокаций в рудообразовании на каждом из этапов рудообразования.

В связи с этим для детальных структурно-тектонических исследований выбраны два участка с широким проявлением процессов метасоматоза с известными рудопроявлениями редких, редкоземельных элементов и флюорита — Красновское и Знаменовское [3, 4]. В геологическом строении участков принимают участие разновозрастные образования. Наиболее древними являются гнейсы и кристаллосланцы Центрально-Приазовской серии (неоархей) [5,6]. Из интрузивных образований развиты кварцевые сиениты Хлебодаровского комплекса и Анадольские граниты (палеопротерозой), а также щелочные породы Октябрьского массива [2], (мезопротерозой). По данным Шаталова Н.Н. на площади исследований развиты дайки различного состава неопротерозойского возраста [7]. На рисунке 1 дается схематическая геологическая карта площади исследований, построенная по результатам анализа опубликованных материалов [2, 6, 7].

Исследования проводились на двух участках, удаленных друг от друга на расстояние 4 км. На участках проводился массовый замер элементов залегания трещин, мелких разрывных нарушений, зон метасоматоза, жильных образований и даек. Детально изучались взаимоотношения названных структур. Проводился также комплекс тектонофизических исследований, включающий замеры элементов залегания борозд и штрихов скольжения на плоскостях сколовых трещин и зеркалах разрывных нарушений с определением направлений подвижек. При определении направления подвижки использовался принцип гладкости «правило Гофера». При этом ис-

пользовались наиболее надежные признаки смещений — аккреционные ступени на плоскостях трещин по жильному заполнению. Направления подвижек проверялось по смещению маркирующих структурных элементов — жил, даек, метасоматических зон, а также по подворотам более древних трещин. При обработке и интерпретации полевых тектонофизических данных в основном использовалась методика кинематического анализа Гущенко [8].

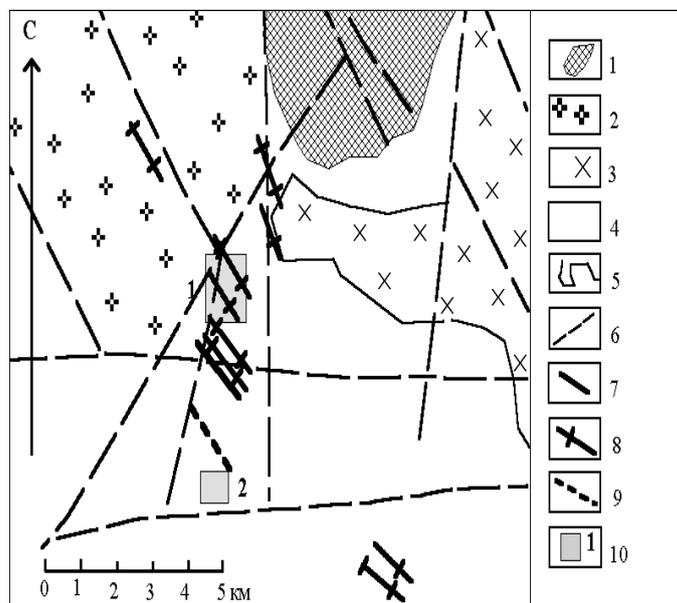


Рис. 1. Схематическая геологическая карта площади исследований (по материалам [2, 6, 7]): 1 — Октябрьский щелочной массив; 2 — Кварцевые сиениты Хлебодаровского комплекса; 3 — Анадольские граниты; 4 — метаморфические породы Центрально-Приазовской серии; 5 — контуры породных комплексов; 6 — разрывные нарушения; 7 — дайки диабазов; 8 — дайки лампрофиров; 9 — дайки кварцевых порфиров; 10 — контур участка структурно-тектонических исследований: 1 — Знаменовский, 2 — Красновский

Реконструкция полей суммарных деформаций и разделение полей напряжений выполнялась согласно принципам, разработанным Гущенко и Корчемагиным с помощью специальных программ ПЭВМ [9, 10]. Выделение разновозрастных полей напряжений и увязка их с зонами метасоматоза, дайками, рудными жилами проводилась в соответствии с рекомендациями, изложенных в литературе [11]. В связи с развитием очень древних пород, в которых индикаторы полей напряжений архейского и палеопротерозойского возраста (штрихи и борозды на плоскостях разрывов, трещин) могли быть уничтожены молодыми подвижками, автор для реконструкций этих полей использовал приемы, изложенные в работах Парфенова и Гинтова [12, 13].

Наиболее представительные данные получены по участку с. Знаменовка. Этот участок выгодно отличается хорошей обнаженностью горных пород. Здесь в районе плотины водохранилища в результате сброса воды в дне и бортах канала полосой шириной более 50 м и длиной в первые сотни метров обнажены метаморфические породы неархея, разбитые различно ориентированными разрывными нарушениями и трещинными зонами. В обнажении наблюдаются несколько даек лампрофиров и зоны ощелачивания. Хорошо видны возрастные взаимоотношения разрывов, даек и

зон метасоматоза. К северу и северо-западу от плотины вдоль правого берега водохранилища породы явно моложе и приобретают облик Анадольских гранитов. Здесь отмечаются многочисленные выходы даек и зон метасоматоза, а также окремненная рудная зона, содержащая гнезда флюорита и вкрапленность сульфидов. Видимая мощность рудной зоны достигает 2 м, прослеживается она на расстоянии до 50 м по азимуту 320°. В самой зоне наблюдаются многочисленные прожилки халцедона, секущие основную окремненную массу. Часто эти прожилки в осевой части содержат пустоты. Широкое развитие пустот отмечается и в основной окремненной массе рудной зоны.

На участке с. Красновка изучена трещиноватость в архейских метаморфических породах, секущих их дайках и телах диабазов и микродиорита. Исследованы также зоны щелочного метасоматоза, выраженные развитием калишпатизации, эгиринизации и развитием щелочных амфиболов.

В целом по двум участкам замерены элементы залегания 300 трещин, 140 борозд и штрихов скольжения на плоскостях тектонических трещин и мелких разрывных нарушений, 65 жил и зон метасоматических изменений вмещающих пород, 12 даек, 9 мелких разрывных нарушений. Измерены также элементы залегания динамометаморфической полосчатости и зон рассланцевания — 30 замеров.

При анализе трещиноватости и реконструкции полей деформаций и тектонических напряжений все структурные элементы разделены на несколько групп, отвечающим разным возрастным породным комплексам: 1) группа неоархейских образований; 2) группа гранитоидов палеопротерозоя; 3) группа пегматитов, секущих гранитоиды; 4) группа дайковых образований неопротерозоя; 5) группа рудоносной зоны.

В первой группе трещин (участок Красновка) преобладают трещины меридионального простирания с крутым падением на запад. Здесь же хорошо выражена группа трещин с простиранием 20–25° и с крутым падением на запад, вдоль которых развивается щелочной метасоматоз, выраженный калишпатизацией, эгиринизацией, появлением щелочных амфиболов и эпидота. Поле с максимальной плотностью полюсов структур ощелачивания участка Красновка совпадает с таким же полем по участку Знаменовка, что свидетельствует о выдержанности этого структурного плана в районе исследований (рис.2 а). В этой группе хорошо выражены еще два максимума трещиноватости. Один характеризуется СЗ простиранием и падением на восток, для трещин другого характерно субмеридиональное простирание и довольно крутое падение на восток (рис.2 а).

Наиболее представительные данные получены по второй группе пород (гранитоиды Знаменовки). Анализ стереограммы полюсов трещин этой группы позволили выделить главный максимум трещиноватости, для которого характерно СЗ простирание и крутое падение трещин на восток. Близко к этому максимуму располагается полюс рудной флюоритоносной зоны (рис.2 б). Такие пространственные взаимоотношения структур позволяют предположить их парагенетическую связь. При этом главный максимум трещиноватости хорошо согласуется с простиранием Октябрьского разлома. В таком случае эта группа трещин может быть интерпретирована как L-сколы системы Октябрьского разлома, а рудоносная зона как структура отрыва, сформированная при правостороннем сдвиге по зоне названного разлома. Реконструкция поля напряжений, выполненная по мелким разрывным нарушениям, имеющим хорошо выраженные смещения маркеров, также указывает на правосторонний сдвиг. При этом ось растяжения располагается близко к полюсу рудоносной зоны (рис.2 б). Второй по значимости максимум трещиноватости в анализируемой

выборке отражает трещины С-СЗ простирания, имеющих пологое падение. Имеются также два максимума трещиноватости с С-СВ простиранием, к которым приурочены жилки и зоны щелочных метасоматитов, секущих гранитоиды участка. Одно поле максимальной плотности полюсов метасоматических жил (поле 1) показывает их крутое падение. Второе поле (поле 2) характеризует пологопадающие жилы. Следует также отметить, что на один из полюсов трещиноватости накладывается область максимальной плотности полюсов системы наиболее распространенных на участке Знаменовка даек лампрофиров (рис. 2 б).

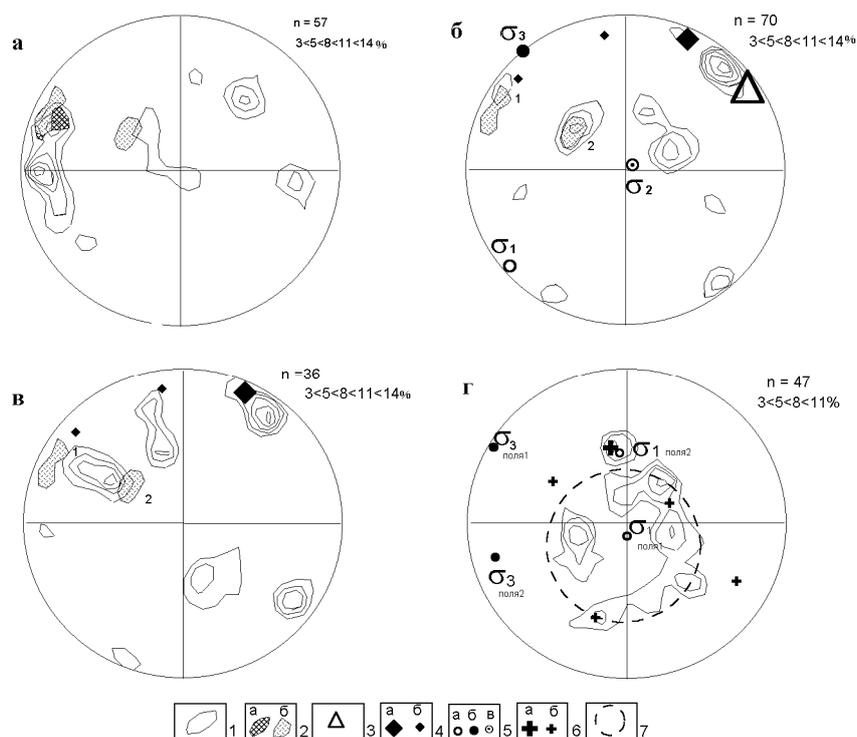


Рис. 2. Стереограммы плотности полюсов тектонических трещин: **а** — в породах неорхей (участок Красновка); **б** — в гранитоидах палеопротерозоя; **в** — дайках неопротерозоя; **г** — в рудоносной зоне; 1 — изолинии плотности полюсов трещин; 2 — поля максимальной плотности полюсов жил и зон ощелачивания: **а** — в гнейсах участка Красновка, **б** — в гранитоидах участка Знаменовка; 3 — полюс рудоносной зоны участка Знаменовка; 4 — полюса даек: **а** — главной системы СЗ простирания, **б** — других систем; 5 — оси полей напряжений: **а** — ось растяжения (σ_1), **б** — ось сжатия (σ_3), **в** — средняя ось (σ_2); 6 — полюса систем жил халцедона в рудной зоне: **а** — главный, **б** — второстепенные, 7 — малый круг пояса трещиноватости рудоносной зоны

Анализ структур наиболее молодого комплекса пород — даек показывает хорошую согласованность трещин и разрывов, выявленных на площади, с элементами залегания нескольких систем даек. На площади Знаменовка автором обнаружены три системы даек. Дайки первой системы наиболее распространены на участке. Они имеют С-СЗ простирание и крутое падение на СВ. Эта система хорошо освещена в литературе [7]. Вторая система даек имеет СВ простирание и крутое падение на СЗ. Для третьей системы характерно субширотное простирание и крутое падение на север. Последние две системы данного участка не нашли отражения в литературе [7]. Эти две системы близки по простиранию к двум крупным разломам района исследований — Конскому (субширотное простирание) и Володарскому (СЗ простирания). В

дайках наблюдаются три группы трещин косо секущие простирание трех систем даек, а также 2 системы трещин СВ простирания. Одна из этих систем имеет пологое падение, вторая — крутое (рис. 2 в). Полевые наблюдения показывают, что дайкам З-СЗ простирания соответствуют мелкие разрывные нарушения, которые секут зоны ошелоачивания. Дайкам субширотного простирания также соответствуют небольшие разрывы которые пересекаются разрывами СВ простирания. Полос разрывов этого простирания укладывается на второе поле максимальной плотности метасоматических жил. Полос даек СВ простирания очень близок к полю 1 максимальной плотности полюсов метасоматических жил, что может указывать на их близко одновременное формирование (рис. 2 б, в). Описанные структурные взаимоотношения показывают, что структуры (дайки, разрывы) СЗ простирания моложе структур СВ простирания и сформировались (или активизировались) позже зон ошелоачивания.

Для трещин рудной зоны характерно поясовое распределение трещин по малому кругу с радиусом в 45° и полюсом пояса, расположенным близко к центру стереограммы трещин. С таким распределением трещин хорошо согласуется положение оси растяжения одного из восстановленных полей палеонапряжений (поле 1) (рис 2 з). С другой стороны главный максимум халцедоновых жил, пересекающих окремненную породу рудоносной зоны, хорошо согласуется с осью растяжения другого реконструированного поля палеонапряжений (поля 2). Такие взаимоотношения свидетельствуют о неоднократных изменениях характера полей палеонапряжений уже после образования рудной зоны, что обязательно отразится на перераспределении рудных компонентов зоны. Эти данные позволяют предположить, что сульфидная минерализация рудной зоны связана с отмеченными перестройками поля напряжений на поздних этапах развития рудоносной структуры.

О многократных изменениях характера поля напряжений в докембрии на участке Знаменовка свидетельствуют результаты тектонофизического анализа 123 зеркал скольжения тектонических трещин. Анализ проведен с помощью программы Гущенко на ПЭВМ по сводной выборке, характеризующей все комплексы пород. Выделено не менее 5 полей, которые отличаются как ориентировкой главных нормальных осей напряжений так и видом напряженного состояния.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. Кроме даек З-СЗ простирания на участке выявлены дайки СВ и субширотного простирания. При этом дайки СЗ простирания моложе даек СВ простирания.

2. Дайки СВ простирания близки по простиранию к зонам развития щелочно-метасоматоза, что позволяет предполагать их близко одновременное формирование и связь с одним магматическим источником.

3. Одна из систем зон ошелоачивания (крутопадающая) хорошо выдерживается на протяжении 4-5 км как в гнейсах неоархея, так и в гранитоидах палеопротерозоя и не зависит от локальных особенностей структурного плана.

4. Рудоносная зона, содержащая флюоритовое и редкоземельное оруденение сформировалась позже внедрения даек СЗ простирания при правостороннем сдвиге по системе сколов Октябрьского разлома.

5. На последних этапах развития рудоносной зоны, следующих за главным рудообразующим, отмечались неоднократные изменения характера полей палеонапряжений. С этими изменениями связывается сульфидная минерализация рудной зоны.

6. Многократные изменения полей палеонапряжений могут служить индикаторным признаком рудоносности исследуемых площадей.

Библиографический список

1. **Гойжевский А.А., Науменко В.В., Скаржинский В.И.** Тектоно-магматическая активизация регионов Украины. — Киев: Наук. думка, 1977. — 118 с.
2. **Петрология**, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита / Есипчук К.Е., Шермет Е.М., Зинченко О.В. и др. — Киев: Наук. думка, 1990. — 236 с.
3. **Карта** редкометального оруденения Украинского щита масштаба 1:1500000 / Л.В.Бочай, Л.С.Галецкий, В.А.Колосовская, В.Е.Покидько. — Киев: Геоинформ, 1995.
4. **Новые** проявления флюорита в Восточном Приазовье / Панов Б.С., Кривonos В.П., Полуновский Р.М. и др. // Доклады АН УССР. — сер. Б, 1988. — № 10. — С. 20–22
5. **Метаморфические** комплексы восточной окраины и склона Украинского щита / Закруткин В.В., Кулиш Е.А., Зайцев А.В. и др. — Киев: Наук. думка, 1990. — 252 с.
6. **Минералогия** Приазовья / Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И. и др., 1980. — 432 с.
7. **Шаталов Н.Н.** Дайки Приазовья. — Киев: Наук. думка, 1986. — 192 с.
8. **Гущенко О.И.** Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М., 1979. — С. 7–25.
9. **Тектонический** стресс-мониторинг и поля напряжений Причерноморского региона / Гущенко О.И., Гущенко Н.Ю., Мострюков А.О. и др. // Наук. праці ДонНТУ, сер. гірничо-геологічна. — Донецьк, 2001. — Вип. 32. — С. 104–117.
10. **Тектонические** поля деформаций Украинского щита / Дудник В.А., Емец В.С., Корчемагин В.А. и др. // Наук. праці ДонНТУ, сер. гірничо-геологічна. — Донецьк, 2002. — Вип. 45. — С. 94–100.
11. **Корчемагин В.А., Никольский И.Л., Емец В.С., Иванов А.П.** Тектонофизический анализ при изучении горных пород и рудных тел Чу-Илийского рудного пояса // Геотектоника, 1990. — № 4. — С. 38–44.
12. **Парфенов В.Д.** К методике тектонофизического анализа геологических структур // Геотектоника, 1984. — № 1. — С. 60–72.
13. **Гинтов О.Б., Исай В.М.** Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. — Киев: Наук. думка, 1988. — 228 с.

© *Алехин В.И., 2004*

УДК 553.93+550.42+577.4

Инж. НИКИТЕНКО А.В., инж. МАЛЬЧЕНКО А.К. (ДонНТУ)

РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УГЛЯХ ПЛАСТОВ N₈ И N₁₀ ШАХТЫ «КИРОВСКАЯ» ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Угленосные формации занимают 15% площади континентов. Мировые ресурсы угля по разным источникам оцениваются в 16–20 трлн. т, а разведанные запасы составляют 3366 млрд. т.

Ископаемый уголь является горючей биогенной горной породой — каустобиолитом. Горючую часть угля (в которую входят С, О, Н, N и часть S) называют «органической», а все остальное считается «неорганическим», несмотря на то, что в это число попадают те же химические элементы — С (в карбонатах), Н и О (в силикатах и других минералах), S (в сульфидах и сульфатах). Если принять среднюю зольность добываемых углей равной 15%, то ежегодно из недр нашей планеты извлекается не менее 250–280 млн. т угольного неорганического вещества.

В химическом составе неорганического вещества угля можно выделить две группы химических элементов. Одна группа — это главные элементы: Si, Al, Fe, Ca,