

УДК 551.24.03 + 553.2.06

АЛЕХИН В.И. (ДонНТУ)

ПРОНИЦАЕМОСТЬ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАЗЛОМОВ ПРИАЗОВСКОГО БЛОКА УЩ В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ ИХ РУДОНОСНОСТИ

Приведены результаты исследований разломов Приазовского блока Украинского щита методами энтропийного и градиентного анализов. Установлено положение линейной рудоконцентрирующей структуры северо-восточного простирания, вдоль которой сформировалось большинство месторождений и рудопроявлений эндогенного генезиса различного возраста. Предполагается продолжение этой структуры в Донецкой складчатой области. Проведена оценка неотектонической активности разломов Приазовского блока УЩ. Установлено, что наибольшей активностью характеризуется Кальмиусская зона разломов.

Общеизвестна роль разломов в формировании эндогенного оруденения. Они являются каналами, по которым глубинное вещество поступало к местам локализации, вдоль них происходит мобилизация рудных элементов из вмещающих пород и переотложения в благоприятной термодинамической обстановке. Особенно большое значение имеют долгоживущие глубинные разломы. Многочисленными исследованиями установлено также, что наиболее благоприятны для рудоотложения узлы пересечений разломов. По современным представлениям разломы земной коры — это линейные геологические структуры, которые характеризуются не только значительными горизонтальными размерами, но и определенной шириной, достигающей в ряде случаев десятков километров [1]. Породы в разломных структурах характеризуются специфическим составом и внутренней структурой. По простиранию разлома меняется его ширина, внутренняя структура, геодинамическая активность, проницаемость для рудных растворов. Оценить все эти признаки разломов в полевых условиях при геологосъемочных работах сложно, так как чаще всего разломы закрыты рыхлыми отложениями и доступны для полевого наблюдения лишь отдельные фрагменты разломной структуры. Привлечение комплекса геофизических, аэрокосмических и геоморфологических методов позволяет в первом приближении решить проблему. Тем не менее всегда остаются противоречия в результатах интерпретации геолого-геофизических и других материалов, полученных разными авторами. В таких случаях, по мнению автора, целесообразно применение объективных и математически обоснованных методов комплексной обработки геолого-геофизических материалов. В качестве одного из таких методов предлагается метод определения энтропии как меры неоднородности геологического строения массива горных пород. В данной статье автор применил этот метод при исследовании главных разломов Приазовского блока Украинского щита.

Оценка неоднородности тектонического строения Приазовского блока Украинского щита проводилась по геологической карте масштаба 1:200000 (автор Лавриненко Л.Ф.). Энтропия, как мера неоднородности геологического строения, давно используется при прогнозировании участков перспективных на рудные объекты [2, 3]. Метод позволяет количественно выразить степень гидротермальной переработки породных комплексов, степень дифференцированности магматических образований, многратные активизации разломных зон, степень тектонической нарушенности и проницаемости отдельных блоков земной коры. В практике геологопоиско-

вых работ широко используются все названные факторы. Энтропийный анализ позволяет представить все эти факторы в виде обобщенного показателя — относительной энтропии, выраженной в %. Аномалии этого показателя, превышающие уровень 60%, считаются перспективными на рудные объекты.

В данной работе использовался метод площадной оценки энтропии тектонической нарушенности (по разрывным дислокациям) в окне стандартного размера. Размер стандартного окна выбран 5X5 см, что в масштабе карты 1:200000 составляет 10X10 км. Площадь такого окна равняется 100 км². Выбранный размер окна позволяет оценивать не только мелкие разрывные нарушения, но и крупные разломные зоны. Согласно иерархического ряда металлогенических подразделений [4] площадь выбранного окна соответствует площади рудного узла.

При оценке тектонической нарушенности с помощью энтропии использовались две группы признаков разрывных нарушений. Первая группа признаков характеризовала ранг разрывного нарушения по глубине заложения, протяженности, ширине, времени заложения и длительности развития. Разделение разрывных структур по этим признакам выполнено согласно геологической карты (автор Л.Ф. Лавриненко). Так например, Кальмиусская зона разломов и подобные ей по глубине заложения, протяженности, длительности развития и другим признакам отнесены к первому рангу, Криворожско-Павловский сброс к 3 рангу, а разрывы небольшой протяженности к более высоким рангам (4, 5). Вторая группа признаков характеризовала ориентировку разрывных нарушений, то есть все разрывы были объединены в 18 групп. Каждая из групп охватывала сектор в 10°, например разрывы с простиранием 265°–275° — первая группа, 275°–285° — вторая группа и так далее.

Вся площадь Приазовского блока была разбита на квадраты стандартного размера (более 220 квадратов). В каждом квадрате подсчитывалась длина разломов каждого ранга, затем вычислялась суммарная длина разрывных нарушений всех рангов и определялась долевая часть каждого ранга в стандартном окне, именно этот показатель являлся основой для расчета относительной энтропии. Затем в окне проводилось измерение длины разрывных нарушений различных ориентировок, определялась суммарная длина разрывов и доля каждой из ориентировок. По последнему показателю и рассчитывалась энтропия ориентировок в стандартном окне.

В расчетах относительной энтропии использовалась формула [2]:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i}{\ln n} \times 100\%,$$

где H — относительная энтропия в %; P_i — доля признака (разлома отдельного ранга или разлома отдельной ориентировки); n — число признаков (число рангов или число ориентировок разрывных нарушений)

Расчеты выполнялись на ПЭВМ по специально программам, составленным автором. Полученные значения энтропии относились к центру квадратов и по этим значениям с помощью ПЭВМ строились карты энтропии Приазовского блока в изолиниях. На построенных картах выделялись аномальные области энтропии превышающие уровень 60 и 70%, которые затем сопоставлялись с известными рудопроявлениями и месторождениями эндогенного генезиса.

Для оценки неотектонической активности Приазовского блока УЩ по топографическим картам масштаба 1:200000 проведен градиентный анализ современного рельефа, который представляет собой один из методов морфоструктурного анализа.

Методика такого анализа включает: выделение на карте прямолинейных фрагментов по участкам резкого сгущения изолиний рельефа (градиентов рельефа), при этом критерием для выделения таких участков принят перепад высот в 20 м на протяжении 200 м; подсчет суммарной длины таких фрагментов в стандартном окне (квадрат 10 x 10 км); построение карты, отражающей плотность градиентов на 100 км² в пределах Приазовского блока; выделение линияментов, объединяющих высокоградиентные участки рельефа. Линиаменты сопоставлялись с основными разломами и разломными зонами Приазовского блока. Участки с аномальной плотностью градиентов указывают на неотектонически активные блоки земной коры, а линияменты, объединяющие высокоградиентные участки современного рельефа должны отражать активные разломы или их активизированные фрагменты [5].

Результаты энтропийного анализа разрывной тектоники Приазовского блока изображены на рис. 1.

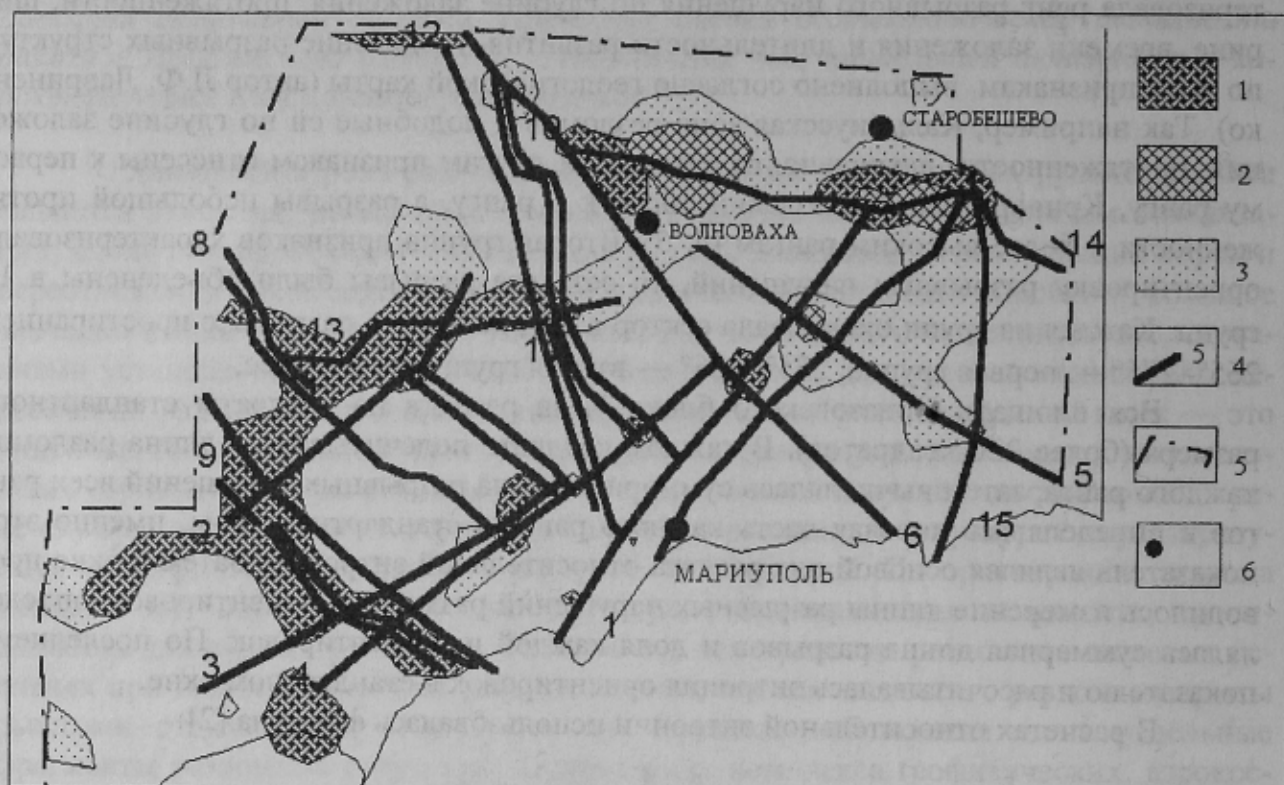


Рис. 1. Распределение площадей максимальной тектонической нарушенности докембрийских пород Приазовского блока УЩ по данным энтропийного анализа: 1 — площади с максимальным количеством пересечений разломов различного ранга и возраста (энтропия более 60%); 2 — площади с максимальным количеством пересечений различно ориентированных разрывных нарушений (энтропия более 70%); 3 — площади с аномальным количеством пересечений различно ориентированных разрывных нарушений (энтропия более 60%); 4 — наиболее крупные рзломы и разломные зоны (по Л.Ф. Лавриненко): 1 — Кальмиусская зона разломов, 2 — Михайловско-Белоцерковский разлом, 3 — Лозоватский разлом, 4 — Ольгинский разлом, 5 — Тельмановский разлом, 6 — Криворожско-Павловский-Октябрьский (Донской) разломы, 7 — Каменномогильская зона разломов, 8 — Куйбышевская зона разломов, 9 — Сорокинская зона разломов, 10 — Мануильская зона разломов, 11 — Малоянисольская зона разломов, 12 — Муравско-Пречистовский сброс, 13 — Конская зона разломов, 14 — Южно-Донбасская зона разломов, 15 — Грузско-Еланчикская зона разломов; 5 — контур площади исследований; 6 — населенные пункты

Как видно из рис. 1 аномалии энтропии разрывной тектоники формируют непрерывные ореолы или их цепочки, вытянутые вдоль двух основных направлений — субширотного и северо-восточного. Из субширотных наиболее четко проявила себя Южно-

Донбасская зона разломов. Хорошо выражена и Конская зона разломов. Аномалии энтропии по двум группам признаков свидетельствуют о высокой проницаемости, длительности развития и большой глубине заложения этих разломов. Участок с максимальной проницаемостью и длительностью развития приурочен к с. Кумачево, то есть к району известного Покрово-Киреевского месторождения флюорита. Наиболее контрастные аномалии энтропии разрывной тектоники протягиваются к западу от с. Кумачево и фиксируют участок наиболее благоприятный для рудоотложения (рис.1). Имеющиеся геологические данные хорошо согласуются с данными энтропийного анализа. Именно на этой площади обнаружены многочисленные рудопроявления флюорита, меди, полиметаллов, а в последние годы выявлены кимберлиты. Представляет поисковый интерес и участок, прилегающий к узлу пересечения Криворожско-Павловского разлома и Южно-Донбасской разломной зоны, а также площадь у с.Екатериновки.

Аномалии энтропии, вытянутые в виде цепочек в северо-восточном направлении, располагаются вдоль Михайловско-Белоцерковского, Лозоватского и Ольгинского разломов и занимают секущее положение по отношению к Кальмиуской зоне разломов.

Используя опыт системного линияментного анализа [6], автор объединил цепочки аномалий энтропии разрывной тектоники в линейные зоны и сопоставил их с рудопроявлениями и месторождениями эндогенного генезиса (рис. 2).

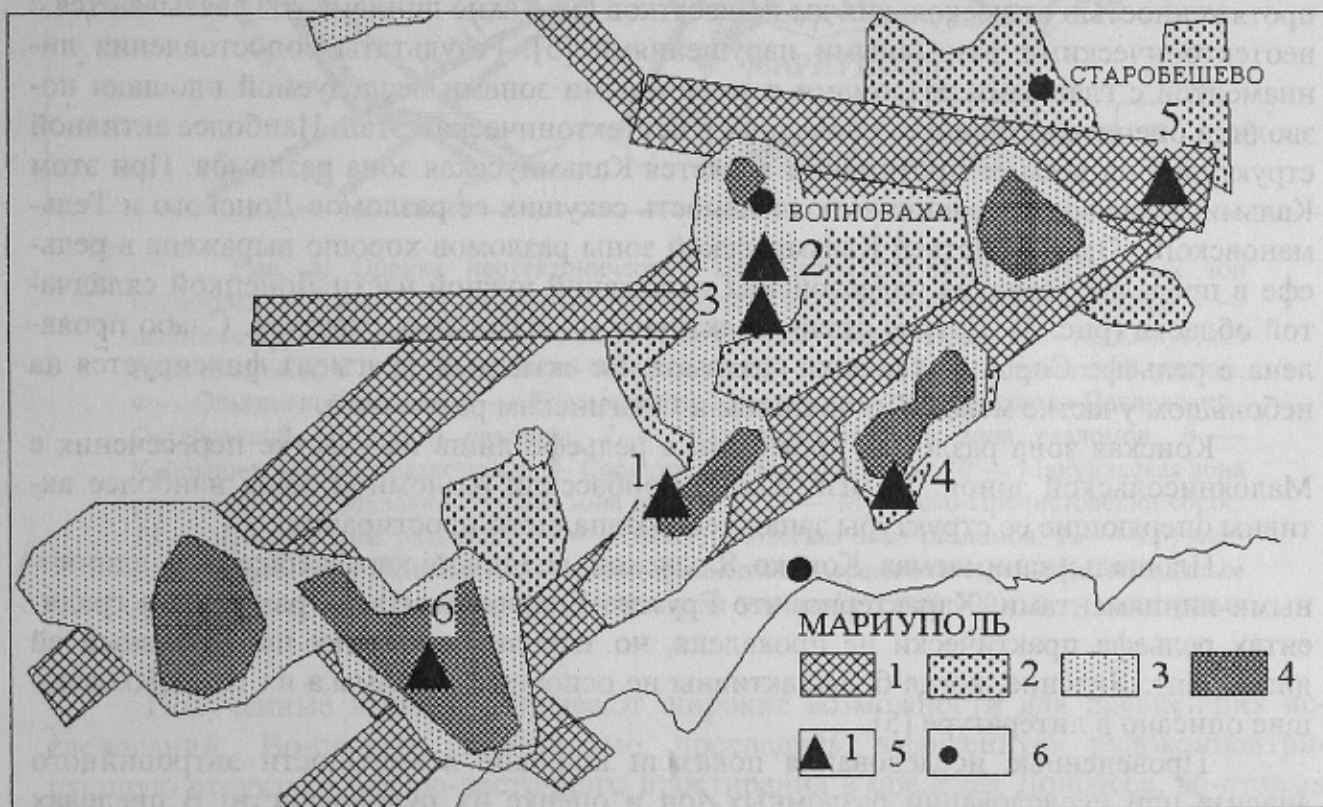


Рис. 2. Взаимоотношение линияментных зон повышенной проницаемости земной коры с месторождениями и рудопроявлениями эндогенного генезиса Приазовского блока УЩ: 1 — линияментные зоны повышенной проницаемости, выделенные по данным энтропийного анализа разрывной тектоники; 2 — блоки повышенной неотектонической активности, выделенные по данным градиентного анализа современного рельефа; 3 — участки повышенной плотности рудопроявлений эндогенного генезиса (более 3 рудопроявлений на 100 км²); 4 — участки высокой плотности рудопроявлений эндогенного генезиса (более 5 рудопроявлений на 100 км²); 5 — месторождения эндогенного генезиса: 1 — Азовское циркон-редкоземельное месторождение, 2 — Мазуровское редкометальное месторождение, 3 — Калино-Шевченковское редкометальное месторождение, 4 — Петрово-Гнутовское флюорит-редкоземельное месторождение, 5 — Покрово-Киреевское флюоритовое месторождение, 6 — редкометальное месторождение Крутая Балка; 6 — населенные пункты

В результате оказалось, что большинство эндогенных месторождений и участков с высокой плотностью рудопроявлений приурочено к одной высокопроницаемой линейной структуре, вытянутой от редкометального месторождения Крутая Балка на юго-западе до Покрово-Киреевского флюоритового месторождения на северо-востоке. К северо-западу от названной структуры фиксируются две параллельные ей линейные зоны, к одной из которых тяготеет Мазуровское редкометальное месторождение (рис. 2). Градиентный анализ современного рельефа показал, что эти высокопроницаемые структуры являются границами неотектонически активного блока земной коры. Этот активный блок занимает секущее положение к Южно-Донбасской разломной зоне и протягивается в область Донбасса. Вероятно, линейные высокопроницаемые зоны фиксируют скрытую рудоконцентрирующую структуру, имеющие продолжение в Донецкой складчатой области. Ранее проведенные исследования с привлечением методики энтропийного анализа и большого геолого-геофизического материала, в том числе и анализа магматической деятельности, указывают на наличие такой структуры [3].

Более детальный анализ градиентов современного рельефа Приазовского блока позволил выделить многочисленные линияменты, распределение которых по площади показано на рис. 3. В данной работе под линияментами понимается линейно расположенные участки с резким перепадом высот рельефа (уступы в рельефе) протяженностью от нескольких км до десятков км. Такие линияменты связываются с неотектоническими разрывными нарушениями [5]. Результаты сопоставления линияментов с главными разломами и разломными зонами исследуемой площади позволили оценить активность последних в неотектонический этап. Наиболее активной структурой на всем ее протяжении является Кальмиусская зона разломов. При этом Кальмиусская зона ограничивает активность секущих ее разломов-Донского и Тельмановского. Одна из ветвей Кальмиусской зоны разломов хорошо выражена в рельефе в пределах развития палеозойских отложений южной части Донецкой складчатой области (рис. 3). Другие разломы активны на отдельных отрезках. Слабо проявлена в рельефе Сорокинская зона разломов. Ее активный фрагмент фиксируется на небольшом участке между Лозоватским и Ольгинским разломами.

Конская зона разломов проявлено в рельефе лишь на участке пересечения с Малоянисольской зоной. Вблизи Южно-Донбасской разломной зоны наиболее активны оперяющие ее структуры запад-северозападного простирания.

Площадь, занимаемая Конско-Ялынской впадиной характеризуется единичными линияментами. Характерно, что Грузско-Еланчикская зона разломов в градиентах рельефа практически не проявлена, но западнее проходит параллельный ей линиямент. Явление, когда более активны не основные разломы, а их сопровождающие описано в литературе [5].

Проведенные исследования показали широкие возможности энтропийного анализа при исследовании разломных зон и оценке их рудоносности. В пределах Приазовского блока Украинского щита выявлена линейная зона повышенной проницаемости земной коры северо-восточного простирания, вдоль которой концентрируются большинство рудных объектов эндогенного генезиса различного возраста (месторождение редких металлов Крутая Балка, Азовское циркон-редкоземельное месторождение, Петрово-Гнутовское флюорит-редкоземельное месторождение, Покрово-Киреевское флюоритовое месторождение, многочисленные рудопроявления). Результаты градиентного анализа современного рельефа позволяют протянуть эту рудоконцентрирующую структуру в область Донбасса. Детальный градиентный анализ современного рельефа позволил оценить неотектоническую активность крупных разломов Приазовского блока. При этом установлено, что наиболее активной струк-

турой является Кальмиусская зона разломов, установлено также, что эта зона является своеобразным геодинамическим барьером и ограничивает активность секущих ее разломов. Градиентный анализ показал также, что неотектоническая активность большинства разломов изменяется по простиранию, а наиболее активные фрагменты чаще приурочены к местам пересечения различно ориентированных разломов.

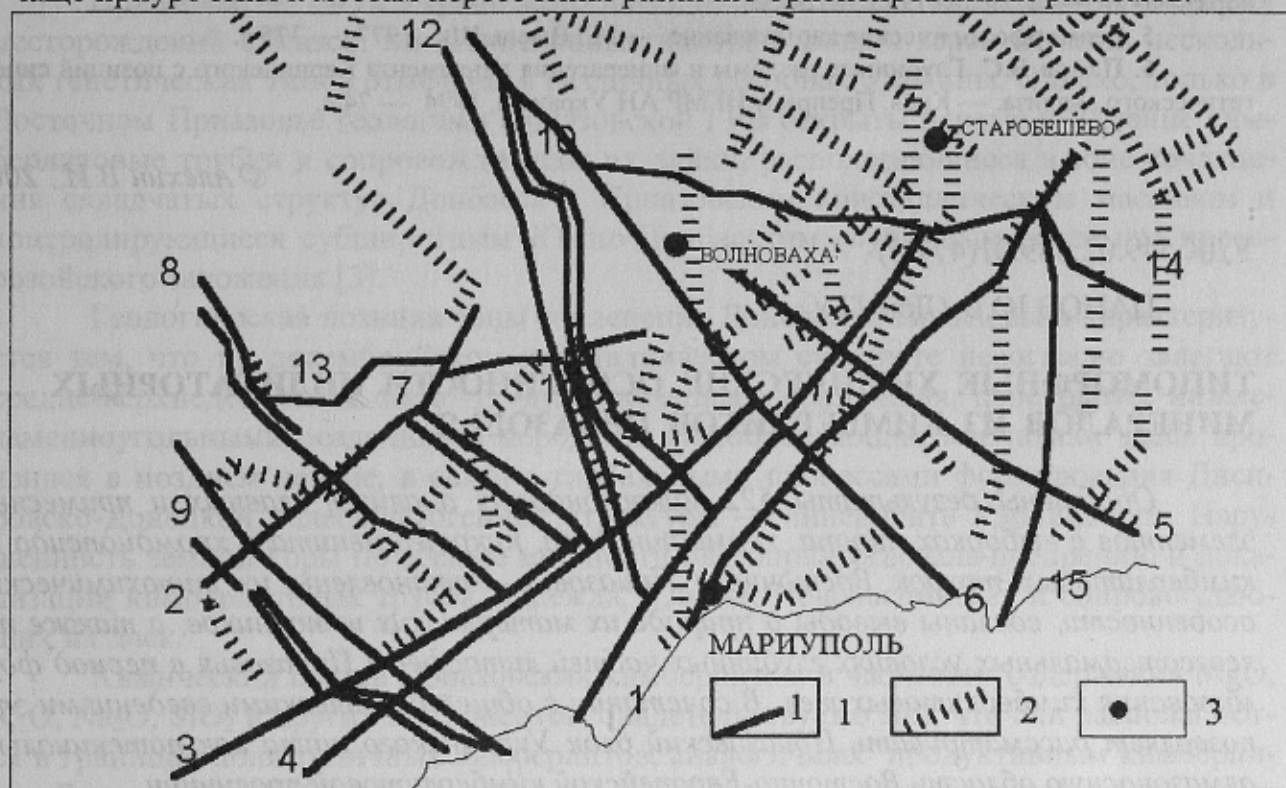


Рис. 3. Оценка неотектонической активности разломов и разломных зон Приазовского блока УЩ по данным градиентного анализа современного рельефа: 1 — наиболее крупные рзломы и разломные зоны (по Л.Ф. Лавриненко): 1 — Кальмиусская зона разломов, 2 — Михайловско-Белоцерковский разлом, 3 — Лозоватский разлом, 4 — Ольгинский разлом, 5 — Тельмановский разлом, 6 — Криворожско-Павловский-Октябрьский (Донской) разломы, 7 — Каменномогильская зона разломов, 8 — Куйбышевская зона разломов, 9 — Сорокинская зона разломов, 10 — Мануильская зона разломов, 11 — Малоянисольская зона разломов, 12 — Муравско-Пречистовский сброс, 13 — Конская зона разломов, 14 — Южно-Донбасская зона разломов, 15 — Грузско-Еланчикская зона разломов; 2 — линии градиентов современного рельефа (по данным градиентного анализа топографической карты масштаба 1:200 000); 3 — населенные пункты

Полученные выводы открывают широкие возможности для дальнейших исследований. Во-первых, необходимо проследить выявленную рудоконцентрирующую структуру северо-восточного простирания в пределах Донбасса, во-вторых выполнить более детальные исследования разрывных нарушений в масштабе 1:50000 с привлечением большого геолого-геофизического материала и применением нескольких морфоструктурных методов. Целью таких исследований должно служить выделение конкретных участков, перспективных на эндогенное оруденение (флюорит, золото, алмазы и др.).

Библиографический список

1. **Тяпкин К.Ф.** Изучение разломных и складчатых структур докембрия геолого-геофизическими методами. — Киев: Наук. Думка, 1986. — 168 с.

2. Великославинский Д.А., Елисеев Э.Н., Кратц К.О. Вариационный анализ эволюции магматических систем. — Л.: Недра, 1984. — 278 с.
3. Волкова Т.П. Рудоконцентрирующая структура Восточного Приазовья // Наук.праці ДонДТУ, сер.гірничо-геологічна. — Донецьк, 2001р. — вип.23. — С. 85–88.
4. Плющев Е.В., Шатов В.В. Геохимия и рудоносность гидротермально-метасоматических образований. — Л.: Недра, 1985. — 247 с.
5. Геоморфологическое картирование. — М.: Высш. Шк., 1977. — 375 с.
6. Панов Б.С. Глубинные разломы и минерагения линиамент Карпинского с позиций синергетического анализа. — Киев. Препринт ИГМР АН Украины, 1994. — 74 с.

© Алехин В.И., 2001

УДК 549.02:549.01(477.6)

ПАНОВ Ю.Б. (ДонНТУ)

ТИПОМОРФНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНДИКАТОРНЫХ МИНЕРАЛОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ПРИАЗОВЬЯ

Обобщены результаты 522 микронзондовых анализов главных и примесных элементов в выборках пироп, хромшпинелида, пикроильменита и хромдиоксида из кимберлитовых трубок Восточного Приазовья. Установлены их типохимические особенности, сделаны выводы о природе их материнских источников, а также палеогеотермальных условиях глубинных частей литосферы Приазовья в период формирования кимберлитовых тел. В сочетании с общегеологическими сведениями это позволяет рассматривать Приазовский блок Украинского щита как потенциально алмазоносную область Восточно-Европейской кимберлитовой провинции.

Кимберлитовые породы можно считать классическими по ярко выраженному типоморфизму их минералов и минеральных ассоциаций. Результаты современных исследований позволяют утверждать, что кимберлитовые породы представляют собой сложные образования, в которых наряду с минералами, образовавшимися непосредственно при кристаллизации кимберлитового расплава, содержится значительное количество ксеногенного материала, захваченного этим расплавом на разных уровнях верхней мантии и коры. Для кимберлитов характерны минералы, очень редко встречающиеся в других типах пород — алмаз, магнезиальный гранат (пироп), магнезиальный ильменит (пикроильменит), высокохромистый хромит (хромшпинелид), хромдиоксид [1].

Применение современных высокоточных методов анализа позволяет установить вариации химического состава минералов (в том числе и индикаторных минералов кимберлитов), в зависимости от их положения в земной коре, приуроченности к тому либо иному месторождению, геохимических особенностей района, воздействия изменяющихся процессов и др [2].

Принципиально новая информация, получена нами с помощью уникального лабораторного оборудования, в том числе протонного микроанализатора (PMP) с ускорителем частиц NIAF, разработанного в Объединенной организации научных и инженерных исследований Австралии (CSIRO). Она позволяет оперативно и экономически эффективно оценивать алмазоносность изучаемых объектов.

Всего было выполнено 522 определения по выборкам хромпироп, хромшпинелидов, пикроильменита и хромдиоксида из кимберлитов Приазовья, в которых установлены содержания как главных оксидных компонентов (от 10 до 13), так и полу-