

УДК 550.93:551.71/72

ВОЛКОВА Т.П. (ДонНТУ)

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО ДАННЫМ ГЕОХИМИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ**

Состояние поисково-разведочных работ на Украине поставило вопрос о создании новой методики и повышении достоверности оценки перспективности выявляемых рудных аномалий и точек минерализации. Ранее это достигалось большими объемами работ, подтверждающими формационную принадлежность и сходство нового объекта с хорошо изученным эталонным. В настоящее время ограниченность выделяемых средств, неравномерная изученность, большая глубина залегания и появление новых неизвестных формационных типов месторождений, существенно осложняет интерпретацию имеющейся геохимической информации. Для поисков и прогноза эндогенного оруденения создано большое число геолого-генетических моделей на основе эволюционного развития крупных блоков земной коры. Основной проблемой их использования на практике является отсутствие локальных критериев оценки перспективности новых объектов при региональных поисках. При недостаточной информации объективного критерия для сравнительной оценки нет. Это приводит к появлению большого числа локальных геохимических аномалий, пополняющих кадастр рудопроявлений, затрудняет выбор объектов для дальнейших стадий поисково-разведочного процесса. Эволюционная модель геологического развития района должна быть основой интерпретации геохимической информации. Далее должен быть решен вопрос о показателях сопоставимости объектов и критериях их оценки. Рассмотрим поставленные вопросы на конкретном примере.

Последние годы доказана высокая перспективность на редкие металлы Приазовского блока, являющегося юго-восточной окраиной Украинского щита. Не останавливаясь на деталях геологического строения, следует подчеркнуть существенность различия между Восточным и Западным Приазовьем. Существует несколько моделей, объясняющих этот факт. Геодинамическая модель развития Приазовского геоблока по типу активной континентальной окраины андийского типа, с точки зрения тектоники плит, предполагает наличие определенной магматической зональности в направлении от края континента. Она заключается в смене известково-щелочного магматизма, субщелочным, затем щелочным и обусловлена геодинамической обстановкой надвигания континентальной коры на океаническую, независимо от строения субстрата [4]. Такая зональность действительно наблюдается в Приазовье в направлении с запада, от Орехово-Павлоградской шовной зоны, на восток, вкрест простираения главных структурных элементов геоблока (рис.1). Зона известково-щелочного магматизма находится в Западном Приазовье и представлена гранитоидами обиточненского комплекса. Большая часть из них расположена в центральной части гранито-гнейсового купола первого порядка — Салтычанского антиклинория. Массивы, сложенные этими гранитоидами, залегают среди метаморфических пород, имеют с ними постепенные переходы. Установлена металлогеническая специализация пород этой зоны на медь и молибден. Следующая зона представлена гранитами каменноугольного типа, расположенными в Мангушском синклинии. Для них характерны проявления касситерита, бериллий-литиевая и тантал-ниобиевая минерализация. Наконец, третья зона представлена щелочными породами Октябрьского массива, которые геохимически специализированы на редкие земли, тантал, ниобий. Такая схема распределения зон носит достаточно упрощенный характер.

Поскольку в северо-западной части Приазовского блока расположен Малотерсянский массив нефелиновых сиенитов, аналогичный по составу породам Октябрьского массива Восточного Приазовья.

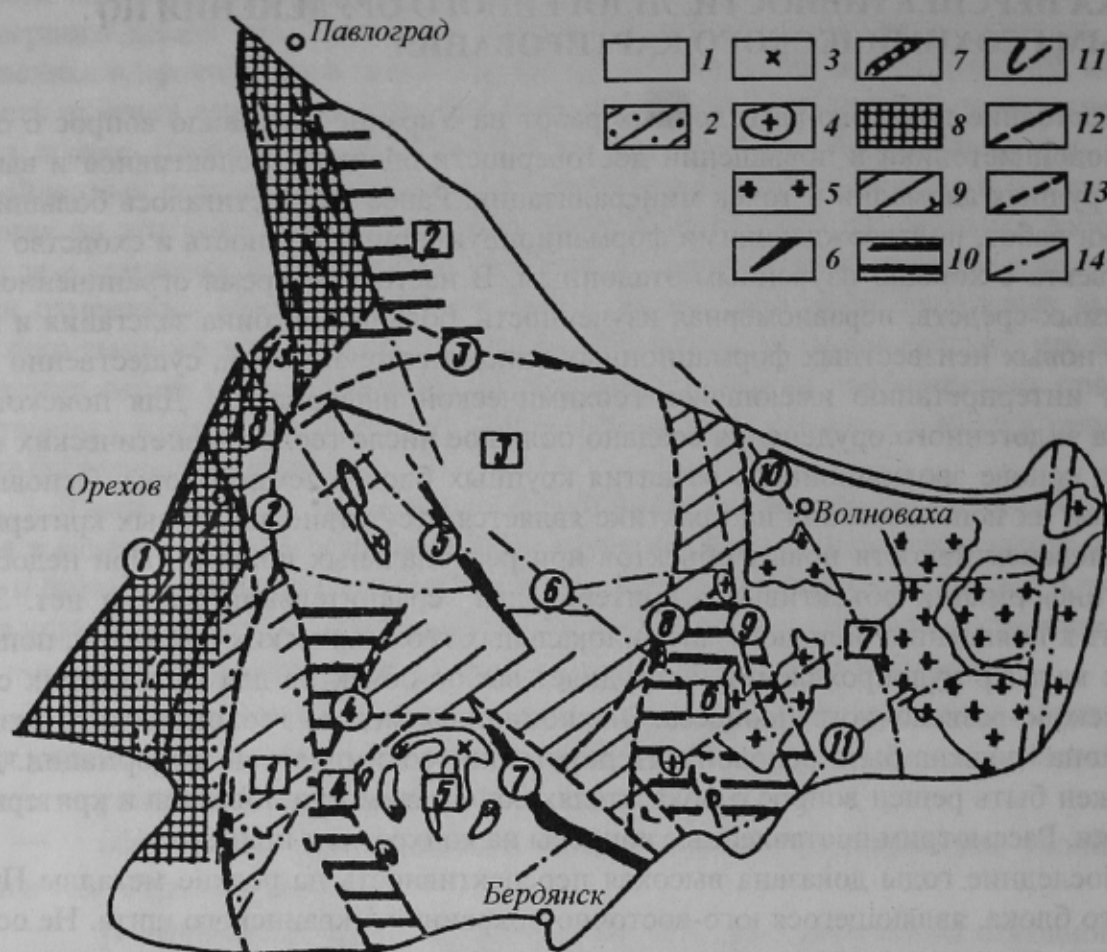


Рис. 1. Схема геологического строения Приазовского блока (по Каляеву Г.И., Глевасскому Е.Б., 1984)

Условные обозначения: 1 — континентальная кора — граниты «фундамента»; 2 — существенно осадочные образования континентального склона; 3 — гранодиориты и тоналиты; 4 — грейзенизированные граниты каменноугольного типа; 5 — граносиениты и щелочные граниты; 6,7 — рифтогенные структуры: 6 — осадочно-вулканогенные; 7 — карбонатитов; 8–10 нерасчлененные комплексы зоны столкновения континентов: 8 — континентальных склонов и океанической коры; 9 — эпикратонных бассейнов и шельфов; 10 — вулканогенно-осадочные (базит-чарнокитовые); 11 — структуры железисто-кремнистых формаций; 12 — глубинные разломы I порядка; 13 — разломы II и III порядков; 14 — сквозные разломы. Цифры в квадратах — блоки (структурно-формационные зоны): 1 — Корсакский; 2 — Волчанский; 3 — Гайчурский; 4 — Лозоватский; 5 — Обиточненский; 6 — Мангушский; 7 — Кальмиусский; 8 — Орехово-Павлоградский. Цифры в кругах — разломы: 1 — Орехово-Павлоградский; 2 — Западно-Приазовский; 3 — группа разломов (Терновский, Покровский, Федоровский); 4 — Черниговский; 5 — Куйбышевский; 6 — Конкский; 7 — Сорокинский; 8 — сопряженные разломы Центрально-Приазовской зоны; 9 — Мануильский и Малоянисольский; 10 — Криворожско-Павловский; 11 — Кальмиусский.

Вторая модель объясняет этот факт с позиций нуклеарного строения Земли и наличия мантийных диапиров в основании протоплатформенных блоков УЩ [3,6]. Формирование Восточно-Приазовского диапира и его максимальная эндогенная активность проявилась в рифее, когда началось развитие Днепровско-Донецкого палеорифта (ДДП) с окончательным формированием в палеозое [2]. В течение этого времени территория Восточного Приазовья отличалась повышенной эндогенной активностью, обусловившей большую неоднородность и разнообразие геологического строения, в сравнении с Западным. Стабилизация крупных объемов расплава сопровождалась его интенсивной дифференциацией, тектонической и ультраметаморфической перестройкой перекрывающей толщи пород, увеличением их проницаемости, поступлением мантийных флюидов, повышением концентрации рудных элементов [3]. Не привлекая структурно-металлогенических и формационных моделей, в известной мере дополняющих рассмотренные выше, можно однозначно сказать, что они отражают общую тенденцию развития рудных районов и петрогенетическую зональность, из которой следует распределение рудных элементов.

Перспективность выявляемых геохимических аномалий оценивается вероятностью появления промышленного оруденения. Она должна рассматриваться на нескольких уровнях, каждый из которых обеспечивает определенную долю достоверности конечных выводов. Первым уровнем вероятности появления промышленного оруденения является наличие геохимически специализированных пород на данный тип полезного ископаемого. При наличии их масштабного проявления речь идет о геохимически специализированных провинциях. Выявление геохимической специализации пород является одной из задач многоцелевого геохимического картирования, достоинства которого существенно переоцениваются в последние годы. По материалам глубинного геологического картирования 1:50000 масштаба нами была выполнена оценка геохимической специализации пород Приазовского блока. Методика обработки данных полуколичественного спектрального анализа заключалась в определении частоты встречаемости проб повышенных концентраций для каждого элемента в сравнении с кларком литосферы (по А.П.Виноградову). Выбор последнего обусловлен, во-первых, его универсальностью в связи со сложным строением разновозрастных толщ, пересекаемых картировочными скважинами. Во-вторых, оно рекомендовано для определения коэффициентов накопления по известным методикам [8]. Оценка влияния отличия содержаний элементов по кларкам пород была выполнена для нескольких групп скважин. Производилось определение среднего кларка взвешиванием на распространенность пород в пределах всех появившихся разновидностей в блоке. Как показала такая проверка, для статистических исследований по выборкам большого объема ошибка несущественна. Для повышения достоверности оценки в скважинах, расположенных в пределах геологически однородных блоков, производилось осреднение результатов. Средняя площадь такого блока составила 25 км<sup>2</sup>. Все пробы в блоке разбивались по классам содержаний для каждого элемента (градация в кларках): <1; 1–5; 5–10; 10–50; свыше 50. Затем определялись средневзвешенные на частоту встречаемости классов содержания элементов. Породы блока считались геохимически специализированными на данный элемент в случае принадлежности средневзвешенного значения в блоке ко второму классу. Всего было проанализировано более 4000 проб на 28 элементов. Как показала обработка, породы Западного и Восточного Приазовья имеют разную геохимическую специализацию. Первые имеют повышенные до 3 кларков содержания V, Co, Cu, Sn, Mo. Крайне неравномерно распределен вольфрам. Его содержания в отдельных скважинах меняются в пределах от 1,3 до 32 кларков. Породы Восточного Приазовья отли-

чаются яркой специализацией на TR, Zr, Nb, Mo, Sn, W. Последний также отличается высокой дисперсией содержаний. Диапазон их изменения здесь еще более широк.

Дальнейшее концентрирование редких элементов осуществляется в пределах локальных структур, затронутых тектоно-магматической активизацией. Их положение в пределах рудного района, создает региональную геохимическую зональность. За счет дополнительной энергии происходит мобилизация рудных элементов из породобразующих и аксессуарных минералов, содержащихся в геохимически специализированных породах. Так создается второй и последующие уровни концентрации рудных элементов. При геохимическом картировании центры максимальной эндогенной активности легко фиксируются повышением содержаний и их дисперсий для целого ряда элементов типоморфного комплекса в одних и тех же скважинах. Эманиационный ореол повышенных содержаний определяет рудогенерирующую структуру. В Западном Приазовье ею является Салтычанский антиклинорий. Крылья его осложнены складками более высокого порядка. В ядерной части антиклинория широко проявлены процессы гранитизации и мигматизации, в результате которой широкое развитие получили гранитогнейсовые купола более высоких порядков с массивами гранодиоритов и гранитов. В Западном Приазовье скважины повышенного содержания V, Co, Cu, Sn, Mo, W, частично Zr, Nb располагаются в центре Салтычанского купола. На рис. 2 показано изменение содержаний элементов типоморфного комплекса в блоках по профилю, проходящему с юго-запада на северо-восток через центр Салтычанского гранито-гнейсового купола.

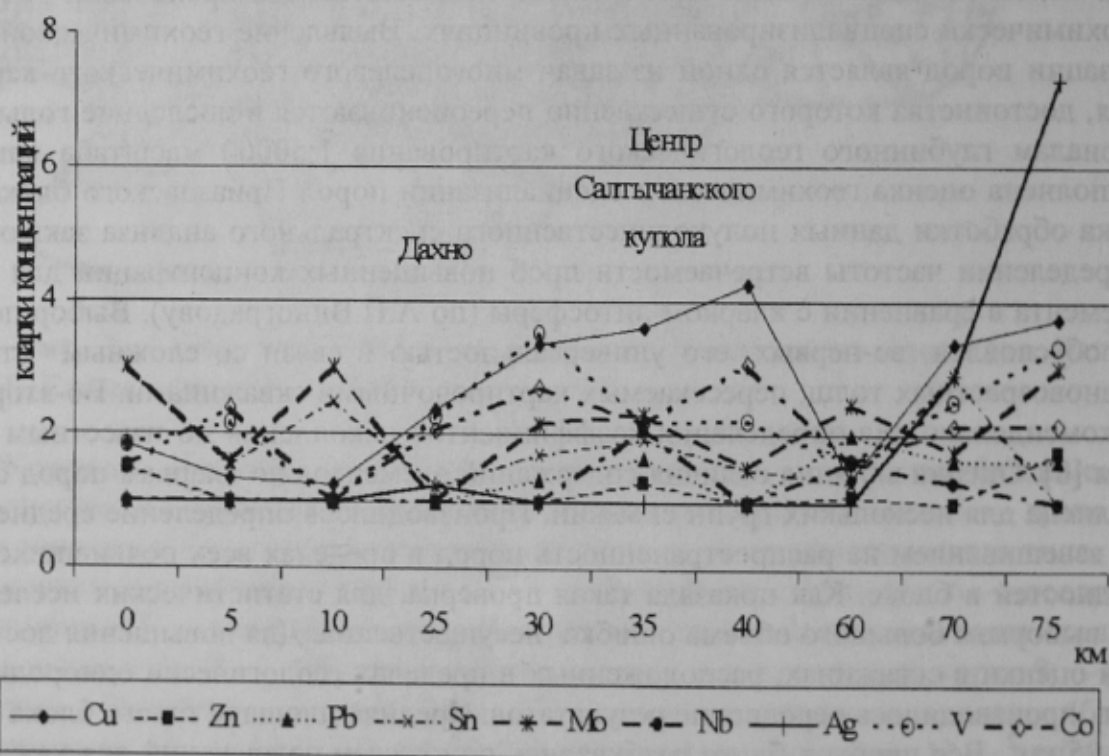


Рис. 2. Уровни концентрирования типоморфной ассоциации элементов Западного Приазовья

Как следует из рисунка, максимальные концентрации всех элементов достигаются в центральной части купола. Максимальные содержания отмечаются для меди, молибдена, олова. Металлогеническая специализация и рудопроявления этих элементов были установлены В.А. Цукановым [4]. Как показывает данная обработка, повышение содержаний молибдена одновременно с остальными элементами типо-

морфного комплекса происходит, главным образом, ближе к центру Салтычанского купола. Поэтому эти участки могут оказаться перспективными. Широко проявлена металлогеническая специализация на вольфрам. Высокая дисперсия его содержаний говорит о его перераспределении в пределах локальных структур и большой вероятности появления промышленных месторождений вольфрама. Редкие элементы не характерны для Западного Приазовья. Известно, что месторождения редкометальных пегматитов образуют здесь пегматитовые поля, приуроченные к внешним, наиболее проницаемым частям купольных структур. Большая часть пегматитов расположена в пределах троговых структур, опоясывающих Салтычанский антиклинорий. На рисунке эти структуры представлены последней точкой на профиле. Ее выделяет появление высокой дисперсии серебра. Содержания ниобия близки к кларковому.

В Восточном Приазовье тектонической структурой первого порядка является Кальчик-Кальмиусский антиклинорий, в пределах которого выделены Ново-Алексеевская, Ново-Григорьевская и Красновская купольные структуры. Они практически полностью уничтожены более поздними массивами гранитоидов, расположенными по периферии купольных структур. В эпоху протерозойской тектономагматической активизации Приазовского блока в узлах пересечения наиболее крупных и долгоживущих разломов возникли разнообразные по составу массивы магматических пород: Хлебодаровский, Кальмиусский, Греко-Александровский, Талаковский (формация интрузивных чарнокитоидов,  $2025 \pm 25$  млн.лет), Кременевский и Володарский (габбро-сиенит — гранитная формация,  $1800 \pm 20$  млн.лет), Октябрьский (габбро-нефелиновая формация,  $1800 \pm 50$  млн.лет), Стародубовский, Екатериновский, Каменногильский, Новоянисольский (формация редкометальных субщелочных лейкогранитов,  $1750 \pm 50$  млн.лет). В Восточном Приазовье наиболее крупным центром эндогенной активности являются Володарский и Кременевский массивы. К ним приурочен целый ряд рудопроявлений редких металлов, располагающихся не только в самих массивах (месторождение Азовское и рудопроявление Сторожевое), но и в экзоконтакте этих массивов. Была построена кривая изменения содержания редких элементов вдоль профиля, проходящего с юго-запада на северо-восток через известные рудные объекты: рудопроявление Стародубовское, Азовское месторождение, участок Сторожевой, рудопроявление Кичиксу (рис. 3). Общая протяженность профиля составила 85 км.

Для Восточного Приазовья наиболее характерен комплекс редких элементов. Как видно из приведенных кривых, в точках расположения известных рудных объектов наблюдается полная согласованность в повышении концентраций всех элементов типоморфной ассоциации. Это является главным критерием наличия рудных объектов при геохимическом картировании. Кроме того, отмечается их более интенсивное концентрирование, что связано с широким проявлением нескольких этапов тектономагматической активизации в пределах Восточного Приазовья. Кроме известных рудопроявлений и месторождений в пределах профиля расположен ряд новых объектов, в которых отмечается согласованное повышение содержаний элементов типоморфного комплекса. Высота размаха кривой характеризует дисперсию содержаний и интенсивность эманационного концентрирования, которая может эталонироваться по известным рудным объектам (Азовское месторождение), характеризующимся подобной типоморфной ассоциацией элементов. Объекты, близкие по распределению кривой к эталонным объектам, при геохимическом картировании считаются перспективными и требуют дальнейших, более детальных исследований.

Таким образом, для достоверной оценки перспективности выявляемых рудных объектов должно быть подтверждено наличие нескольких уровней concentra-

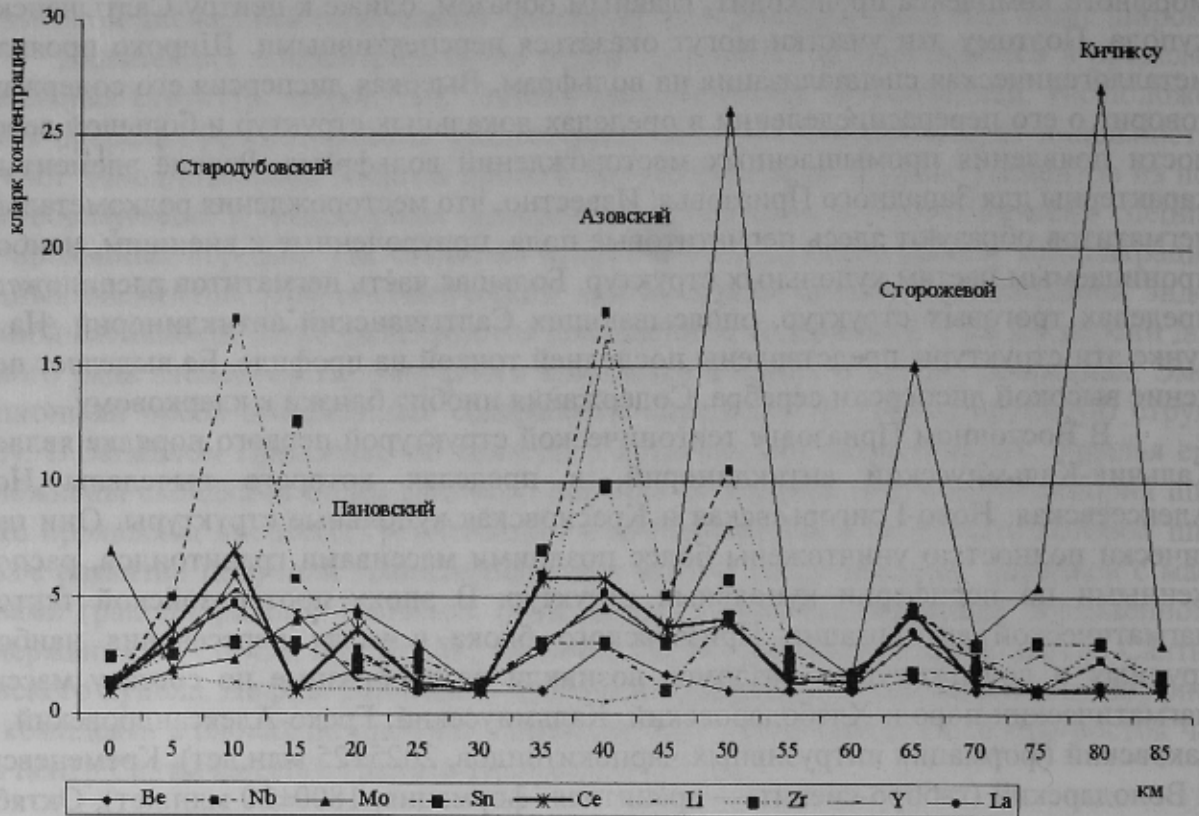


Рис. 3. Уровни концентраций типоморфной ассоциации элементов Восточного Приазовья

ции низкокларковых элементов. Первый уровень обеспечивается эволюционностью развития рудных районов, подтвержденной наличием геохимической специализации пород. Особенно это важно для низкокларковых элементов. Первичное обогащение пород редкими элементами, большая часть из которых имеет кларки концентраций порядка тысячных и десятитысячных долей процента, создает благоприятные условия для дальнейшего их концентрирования в месторождениях полезных ископаемых. Известны условия возникновения редкометальных провинций. Главным является наличие длительно существующего глубинного очага, способного в спокойной тектонической обстановке к длительной дифференциации расплава [5,7]. Такой источник энергии и флюидного потока обеспечивает возможность неоднократного концентрирования редких металлов при условии однонаправленности эволюционного развития рудного района [8]. В Восточном Приазовье он обеспечивался за счет больших объемов магматического расплава (мантийного диапира), который по представлениям некоторых исследователей, существовал до палеозоя [2]. Отмечается региональная осевая зональность в юго-западном направлении от ДДП. Она выражается в том, что наблюдается зона повышенной тектонической нарушенности, разнообразия состава магматических пород. Она была выделена на карте Приазовского блока масштаба 1:200000 с помощью информационной энтропии. В пределах этой зоны оказалась большая часть месторождений и рудопроявлений различных полезных ископаемых Приазовья, что позволило отнести ее к рудоконцентрирующим структурам. [1] Второй уровень связан с поступлением дополнительной рудообразующей энергии в зонах тектоно-магматической активизации. Здесь создаются дополнительные возможности повышения концентраций рудных элементов за счет их перераспределения в процессах магматической дифференциации. Наконец, промышленные

уровни концентраций и запасов рудных элементов достигаются за счет неоднократного поступления рудообразующей энергии и вещества в области повышенной проницаемости пород, где максимальное развитие получают эпигенетические процессы. Высокая степень эпигенетических преобразований является одним из критериев промышленной редкометальной минерализации. Именно такой территорией является Приазовье. Отличительной особенностью этого региона является также широкий геохимический спектр накопления рудных элементов, начиная от сидерофильных (железистые кварциты, апатит-магнетит-ильменитовое оруденение) и халькофильных (рудопроявления меди и свинца) до литофильных (литий-тантал-ниобиевое, цирконий-редкоземельное, бериллиевое). Характерной особенностью месторождений и рудопоявлений Приазовья является многостадийность парагенезисов рудных минералов. Как правило, все они имеют несколько генераций, каждая из которых отражает новый уровень концентрирования рудных элементов. Все это свидетельствует о длительности существования энергетического источника, обеспечившего концентрацию рудных элементов и перспективность этой территории на эндогенное оруденение.

### Библиографический список

1. Волкова Т.П. Рудоконцентрирующая структура Восточного Приазовья // Труды ДонГТУ, серия горно-геол., 2001. — Вып.23. — С. 85–88.
2. Балуев А.С., Глуховский М.З., Моралев В.М. Тектонические условия формирования массивов анортозит-рапакивигранитной формации на Восточно-Европейской и Сибирской платформе // Изв. ВУЗов, сер. Геология и разведка, 1997. — № 2. — С. 3–15.
3. Глуховский М.З. Геологическая эволюция фундамента древних платформ. — М: Наука, 1990. — 215 с.
4. Каляев Г.И., Глевасский Е.Б., Димитров Г.Х. Палеотектоника и строение земной коры докембрийской железорудной провинции Украины. — Киев: Наук.думка, 1984. — 240 с.
5. Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометальных гранитоидов. — Новосибирск: Наука, 1977. — 206 с.
6. Оровецкий Б.П. Мантийный диапиризм. — Киев: Наукова Думка, 1990. — 172 с.
7. Скурский М.Д. Редкометальная металлогения. — М: Недра, 1993. — 272 с.
8. Питулько В.М. Основы интерпретации поисковой геохимии. — Л.: Недра, 1990. — 336 с.

© Волкова Т.П., 2002

УДК 622.268.12:622.831

ЗАХАРОВ В.С. (ГОО «Шахта Южнодонбасская №3»), ПАСТЕРНАК З.Г. (ГХК «Краснолиманская»)

### АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ В ЗОНЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Геологические условия Украинского Донбасса характеризуются наличием значительного количества различного рода нарушений. Основными из них, которые осложняют ведение горных работ, являются разрывные нарушения. Первым, наиболее очевидным их последствием является наличие технологических трудностей при ведении очистных работ. Начиная с определенного значения амплитуды, которое зависит от мощности пласта, нарушение становится непереходимым очистными работами. В связи с этим возникает необходимость дополнительного монтажа-демонтажа выемочного оборудования. Это приводит к значительным материальным и людским затратам. При этом простаивает дорогостоящая техника, а шахта не вы-