

ском как предельных в теории вероятностей. – Сердика. Българско математическо списание, 1982, 8, № 2, с. 229-234.

4. Гнеденко Б.В., Шериф А. Предельные теоремы для крайних членов вариационного ряда. – Доклады АН СССР, 1983, 270, № 3, с. 523-525.

5. Rodriguez R.N. Burr distribution. – Encyclopedia of statistical science. – N.Y.: Willey, 1982, vol. 1. – p. 335-340.

6. Глушко В.Т., Рубец Г.Т., Бобро Н.Т. и др. Оценка параметров обобщенного логистического распределения и его применение для анализа прочностных характеристик. – Надежность и долговечность механических систем. – Киев: Наук. думка, 1975. – с. 33-42.

7. Рубец Г.Т. Вероятностно-статистические методы оценки прочности пород и массива для совершенствования расчетных моделей надежности подземных сооружений: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Днепропетровск: ИГТМ АН УССР, 1983, – 21 с.

8. Little R.E., Jebe E.H. Statistical design of fatigue experiments. – London: Applied Science Publishers, 1975. – 280 p.

9. Кокс Д.Р., Оукс Д. Анализ данных типа времени жизни. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 191 с.

10. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

11. Кирничанский Г.Т., Рубец Г.Т., Усаченко Б.М. Обобщение распределения Вейбулла для оценки вероятности разрушения горных пород и элементов подземных сооружений. – Трещиностойкость материалов и элементов конструкций, ч. III. – Киев: ИПП АН УССР, 1990. – с. 54.

12. Кирничанский Г.Т., Рубец Г.Т., Усаченко Б.М. Обобщенная функция распределения прочности горных пород. – Физические процессы горного производства. Тезисы докладов. – М.: МГИ, 1991. – с. 10.

13. Kirnichansky G.T., Rubets G.T., Usachenko B.M. Generalisation of the Weibull distribution in the statistical model of strength of fractured medium. – Fracture mechanics: successes and problems. Part I. – Lviv: Karpenko Physico – Mechanical Institute, 1993. – p. 25 – 26.

УДК 551.243

И.Ю. Петрусенко, А.В. Плотников

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ ПОЛЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КРИВОРОЖСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ

Виконана оцінка регіональних та локальних тектонічних напружень в продуктивних товщах Криворізького рудного регіону.

Криворожский рудный район является основной железорудной базой Украины. В его пределах расположены крупнейшие месторождения железистых кварцитов и богатых железных руд, разработка которых продолжается уже более ста лет. В последнее время значительно ухудшились горно-геологические условия разработки месторождений, что связано с истощением запасов и сни-

жением качества полезного ископаемого, углублением горных выработок, увеличением водопритоков. Вместе с тем многие вопросы геологического строения района, которые могут решить возникшие проблемы остаются дискуссионными. Одним из таких дискуссионных вопросов является структурообразования Криворожского рудного района. Существует разные концепции, объясняющие эволюцию его структуры с позиций учения о геосинклиналях, рифтовых зонах, краевых прогибах. В последнее время в литературе широко обсуждается развитие Криворожского рудного района с позиций теории литосферных плит.

Для реконструкции процессов структурообразования и связанных с ним проблем разработки месторождений в Криворожском рудном районе авторами были применены методы полевой тектонофизики. Тектонофизические исследования проводились на достаточно большой территории, охватывающей все возрастные комплексы горных пород и участки с различными типами структур Криворожского рудного района (рис.1). В пределах изучаемых участков производились реконструкции полей тектонических напряжений локального уровня. Исходными данными являлись результаты полевого изучения зеркал скольжения, трещиноватости, плоскостей кливажа, слоистости, микроструктурных ориентировок минералов, которые объединялись в отдельные группы по возрастным и структурным признакам. Методика объединения детально описана в работах [1,2,6].

Статистическая обработка результатов полевых тектонофизических исследований осуществлялась на персональном компьютере по пакету программ ГЕОСТАТ. В ходе статистической обработки по каждому участку было составлено более 200 частных стереограмм, характеризующих уровни локальных полей напряжений.

Полученные стереограммы выносились на геолого-структурные карты, масштаба 1:2000, составленные в результате структурно-геологического картирования изучаемых участков с инструментальной привязкой элементов складчатых и разрывных нарушений к геодезической сети. Оценка параметров региональных полей напряжений осуществлялась по сводным стереограммам, в которых по структурным и возрастным признакам объединялись стереограммы, характеризующие локальные поля напряжений. Такой подход позволил определить общие пространственные характеристики полей напряжений Криворожского рудного района.

Результаты проведенных исследований позволяют достаточно определенно говорить о наличии нескольких разновозрастных полей напряжений регионального уровня.

Наиболее раннее поле напряжений восстанавливается по результатам изучения трещинно-разломной тектоники гранитов и мигматитов днепропетровского комплекса архейского возраста. Разломная тектоника этих пород в зоне Криворожско-Кременчугского глубинного разлома представлена разрывными нарушениями нескольких генераций, закартированных в горных выработках.

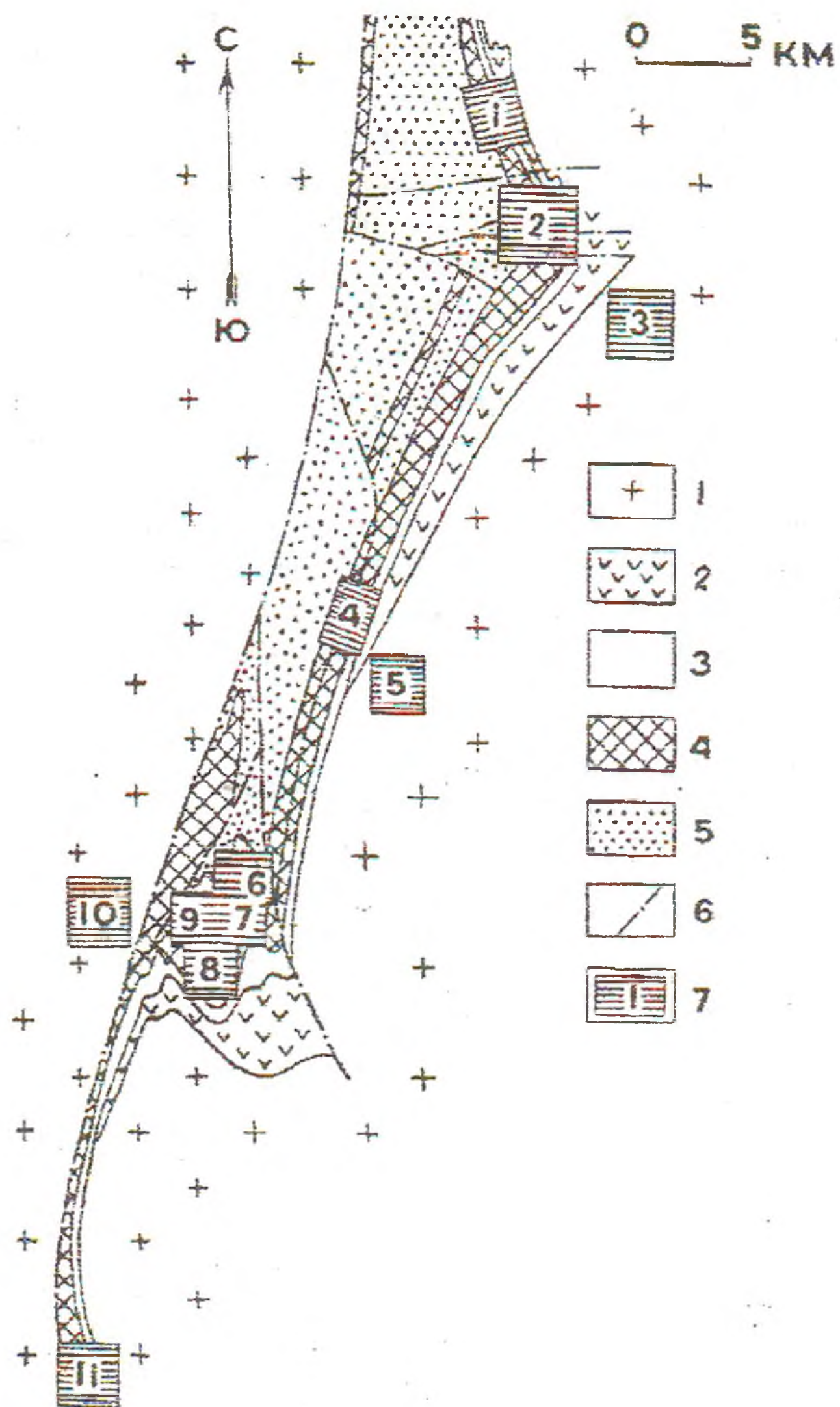


Рисунок 1 — Участки инструментального геолого-структурного картирования и тектонофизических исследований.

1 — граниты и мигматиты; 2-5 — свиты криворожской серии: 2 — новокриворожская; 3 — скелеватская; 4 — саксаганская; 5 — гданцевская и глееватская; 6 — разрывные нарушения; 7 — участки инструментального геолого-структурного картирования и тектонофизических исследований.

Цифрами обозначены месторождения: 1 — Анновское; 2 — Первомайское; 3 — Коломойцевское; 4 — Большая Глееватка; 5 — Октябрьское; 6 — Новокриворожское; 7 — месторождение Ингулецкой антиклинали; 8 — Скелеватское Магнетитовое; 9 — Валявкинское месторождение окисленных и Валявкинское месторождение неокисленных железистых кварцитов; 10 — Карачуновское; 11 — Ингулецкое.

Сопоставление стереограмм трещинно-разломной тектоники гранитов и мигматитов архейского возраста и пород криворожской серии позволило выделить несколько систем трещин, характеризующих поле напряжений, существовавшее до и во время накопления железисто-кремнистых формаций Криворожского рудного района. Судя по распределению выходов локальных осей σ_1 и σ_3 на сводной стереограмме (рис.2а), направление оси алгебраически минимальных главных нормальных напряжений (σ_3 регионального уровня) соответствует азимуту 23° и углу 12° . Ось алгебраически максимальных главных нормальных напряжений имеет азимут 113° и угол 16° .

Таким образом, можно предположить, что заложение и начальное развитие Криворожского рудного района происходило в условиях растяжения земной коры, а общая структура представляла собой грабен-синклинорий, по крайней мере до отложения пород гданцевской свиты. Подтверждением этому может служить также наличие в разрезах криворожской серии (скелеватская и саксаганская свиты) горизонтов тальковых сланцев, которые, по мнению многих исследователей, являются метаморфизованными продуктами подводных эффузиев [3,4,5].

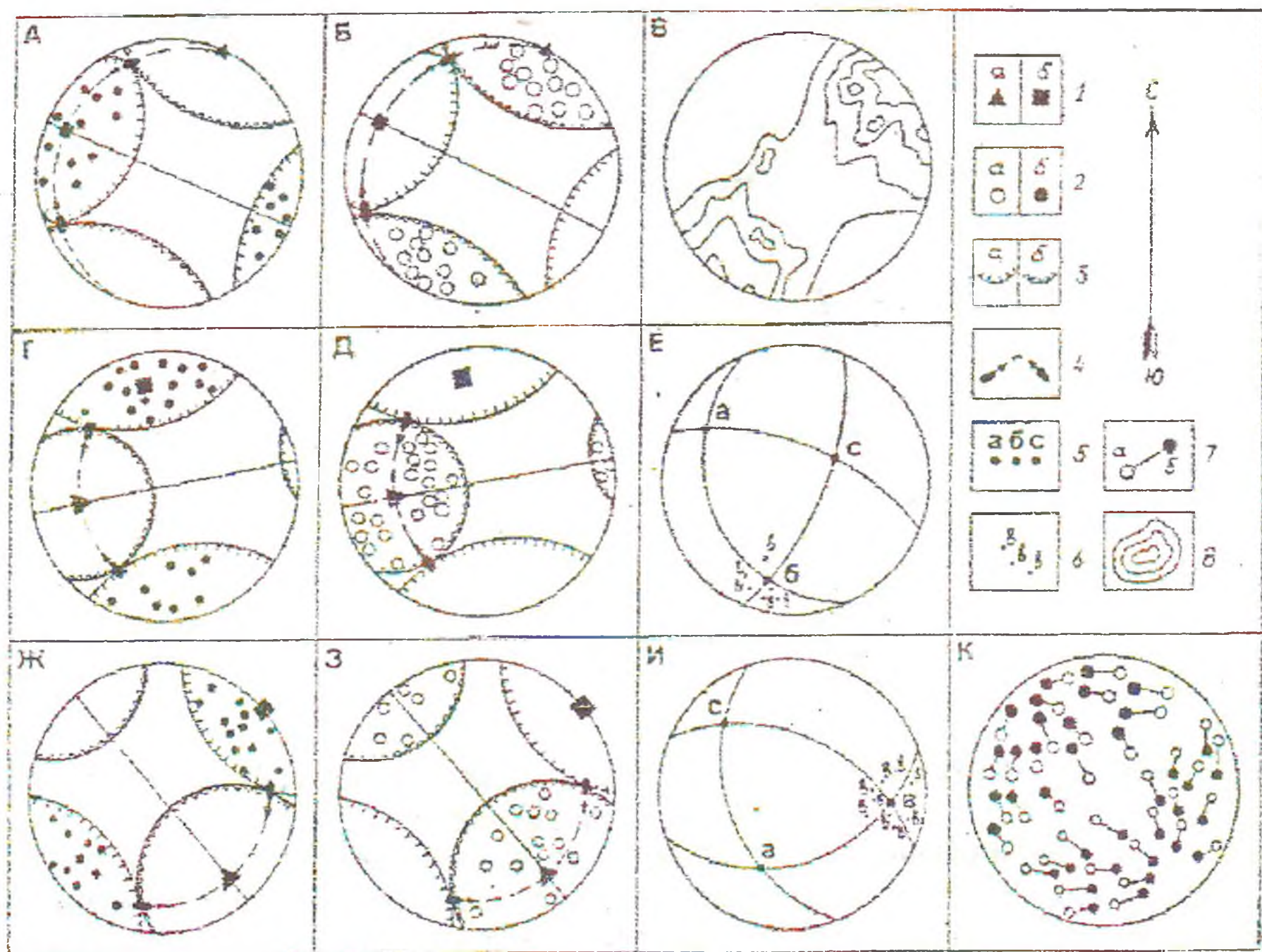


Рисунок 2 – Сводные стереограммы напряжений и деформаций в Криворожском рудном районе.

а-в – стереограммы трещинно-разломной тектоники первой генерации гранитоидов днепропетровского комплекса (первый этап структурообразования): а – распределение напряжений σ_1 локального уровня и б – распределение напряжений σ_3 локального уровня (после фильтрации методом скользящего окна); в – трещинные структуры первой генерации гранитоидов днепропетровского комплекса. г-е – стереограммы трещинно-разломной и складчатой тектоники первой генерации саксаганской свиты и последующих генераций гранитоидов днепропетровского комплекса: г-д – распределение напряжений σ_1 и σ_3 локального уровня соответственно; е – ориентация осей деформаций и шарниров складок. ж-к – стереограммы трещинно-разломной, складчатой тектоники и микроструктурной ориентировки минералов поздних генераций саксаганской свиты и гранитоидов днепропетровского комплекса: ж,з – распределение напряжений σ_1 и σ_3 локального уровня соответственно (после фильтрации кубическим сплайном); и – осей деформаций, полюсов кварцевых жил и шарниров складок; к – оптическая ориентировка кварцевых ламелл.

1-2 – проекции на верхнюю полусферу: 1 – осей напряжений регионального уровня (а – σ_3 , б – σ_1); 2 – осей напряжений локального уровня (а – σ_3 , б – σ_1); 3 – следов конических поверхностей, ограничивающих области обособленного распределения осей (а – σ_1 , б – σ_3); 4 – полюсов площадок действия максимальных касательных напряжений; 5 – осей деформаций А, В, и С; 6 – шарниров складок; 7 – оптических ориентировок кварцевых ламелл (незалитые кружки соответствуют докинематической ориентировке, залитые – посткинематической); 8 – изолинии плотностей полюсов трещин первой генерации гранитоидов днепропетровского комплекса.

Следующее поле напряжений реконструировано по системам трещин и разломов первой генерации криворожской серии (в основном по породам саксаганской свиты) и более поздних генераций трещинно-разломной тектоники гранитоидов днепропетровского комплекса. Оно характеризуется большой изменчивостью ориентировок осей главных нормальных напряжений локального уровня, сильно варьирующих даже в пределах одного и того же участка. Поэтому определение параметров регионального поля напряжений осуществлялось по абсолютному минимуму распределения локальных полей напряжений. При этом минимум распределения локальных напряжений σ_1 в оценочном окошке радиусом 45° соответствует ориентировке оси региональных напряжений σ_3 , а минимум концентрации локальных осей напряжений σ_3 в том же подсчетном окошке соответствует ориентировке оси региональных напряжений σ_1 . Определенные этим методом параметры регионального поля напряжений соответствуют: для σ_3 – азимут 42° и угол 8° , для σ_1 – азимут 132° и угол 72° (рис. 2 г, д).

Таким образом реконструированное поле напряжений характеризует следующий этап структурообразования Криворожского рудного района, представляющий собой сжатие. Характеристики этого поля напряжений хорошо коррелируются с осями деформаций складчатости поперечного сжатия криворожской серии (рис. 2е), что говорит о том, что оно является соскладчатым.

Наиболее позднее поле напряжений уверенно реконструируется по наиболее молодым сколовым трещинам и разрывным нарушениям, секущим все возрастные комплексы Криворожского рудного района. Вместе с тем оно характеризуется наиболее сильной изменчивостью ориентировок распределения локальных осей напряжений. Однако на сводных стереограммах выходов локаль-

ных осей напряжений уверенно определяются 45-градусные конические области, соответствующие минимумам распределения частных осей σ_1 и σ_3 (рис.2ж,з), позволяющие определить направление осей напряжений регионального уровня. Направление оси алгебраически минимальных главных нормальных напряжений этого поля соответствует азимуту 42° и углу 8° . Ось алгебраически максимальных главных нормальных напряжений имеет азимут 122° и угол 72° . С данной ориентировкой осей напряжений хорошо коррелируется характер распределения полюсов кварцевых жил и даек, а также ориентировки осей деформации складок волочения 1-го порядка криворожской серии (рис.2и). Данное поле напряжений соответствует правостороннему сдвигу.

Итак, в развитии Криворожского рудного района выделяется по крайней мере три этапа структурообразования. Первый этап – доскладчатый – характеризуется заложением разломов первой системы (Западный, Тарапаковский, Саксаганский, Восточный) в условиях растяжения земной коры. На этом этапе сформировалась общая грабенообразная структура района, в которой происходило накопление пород криворожской серии. Следующий этап поперечное сжатие – привел к образованию чешуйчато-надвиговой структуры района. Он сменился правосторонним сдвигом, приведшим к заложению разломов второй системы и широкому развитию складок волочения. Развитие Криворожского рудного района как правостороннего сдвига продолжается и в настоящее время.

Реконструированные поля тектонических напряжений необходимо учитывать при оценке напряжённо-деформированного состояния массива и неотектонического режима территории в районе ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гзовский М.В. Основы тектонофизики М., Наука, 1975. – 536 с.
2. Гущенко О.И., Кузнецов В.А. Определение ориентации и соотношения величин главных нормальных напряжений по совокупности направлений сдвиговых тектонических смещений //Поля напряжений и деформаций в литосфере. М., 1979. – с. 60-66.
3. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Стратиграфия/ Щербак Н.П., Белевцев Я.Н., Фоменко Б.Ю. и др. – Киев: Наук. думка, 1988. – 192 с.
4. Паранько И.С., Михницкая Т.П. Этапы геологического развития и стратиграфия Криворожской структуры. Киев: (Препринт) АН Украины, Ин-т геологических наук. – 1991. – 51 с.
5. Половинкина Ю.И. Тальковые сланцы Кривого Рога, их генезис и стратиграфическое положение// Тр. ВСЕГЕИ Петрогр. сб. – 1955. – №1. – 127 с.
6. Turner F.J., Weiss L.E. Structural analysis of metamorphic tectonites. N.Y.: McGraw Hill Book Co., 1963.