

УДК 551.24.03:553.41

ДУДНИК В.А., ЕМЕЦ В.С., КОРЧЕМАГИН В.А., КОРЧЕМАГИН Д.В., ПАВЛОВ И.О., СТЕПАНОВ В.В. (ДонНТУ)

## ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Данная статья посвящена проблеме изучения характеристик поля суммарных деформаций на основе анализа общей трещиноватости и разрывных нарушений в массивах горных пород на примере Украинского щита (УЩ). К настоящему времени тектоническое строение УЩ изучено довольно подробно. Однако, по нашему мнению будет интересно привести анализ новых тектонофизических данных, что, в конечном счете, будет способствовать более полной характеристике структур УЩ.

### 1. Методические замечания

Исходными материалами для написания статьи послужили замеры общей трещиноватости и тектонических нарушений с определением направления смещений. Полевые замеры группируются в отдельных локальных объемах массива горных пород и располагаются в однородных структурных блоках горных пород. При обработке полевых материалов и интерпретации результатов использовались компьютерные программы, разработанные в ГИН РАН, ДонНТУ, Институте Физики Земли РАН и Московской Геологоразведочной Академии. Главным образом использовалась компьютерная программа GEOS. Реконструкции полей тектонических деформаций и напряжений выполнены в соответствии с методикой кинематического анализа трещинно-разрывных структур, разработанной О.И.Гущенко [1], В.В.Степановым [2] и др. [3, 4].

Исходные данные объединялись в группы по 20–30 и более разрывов в соответствии с размещением в однородных структурных доменах для реконструкции в них параметров поля. Компьютерной программой вся площадь разбивается на сетку с равным шагом  $0,25^\circ$ . Далее каждому узлу сетки в зависимости от радиуса обхвата ( $0,5^\circ$ ) ставились в соответствие сумма значений всех точек полевых тектонофизических наблюдений, попадающих в радиус обхвата от соответствующего узла сетки. По таким сглаженным данным рассчитывались значения параметров поля суммарных деформаций в каждом узле сетки отдельно по кинематическим данным и по данным об общей трещиноватости.

Определялись ориентировки осей главных нормальных деформаций ( $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$ ,  $\epsilon_3$ ), их соотношения (коэффициент Лодэ-Надаи —  $\mu_\epsilon$ ), а также относительная величина вертикальной составляющей эллипсоида деформаций ( $z$ -компонента). Ориентировка осей полей деформаций позволяла оценить направление тектонических движений. Значения коэффициента Лодэ-Надаи давали возможность определить распределение участков сжатия и растяжения массива горных пород.  $Z$ -компонента эллипсоида деформаций характеризует относительные вертикальные движения. Следует отметить, что в настоящей работе рассматривается только поле суммарных тектонических деформаций (подразумеваются только хрупкие деформации).

### 2. Поле суммарных деформаций по кинематическим данным

Схемы распределений ориентировок осей главных суммарных деформаций в пределах УЩ по данным о смещениях вдоль разломов показаны на рис. 1. Точки, в которых реконструировались параметры поля деформаций достаточно плотно по-

крывают территорию УЩ, за исключением Приднепровского блока, центральной части Кировоградского блока, Орехово-Павлоградской шовной зоны и западной части Восточно-Приазовского блока.

На полученных схемах показаны типы поля деформаций, которые определяются в зависимости от расположения в пространстве осей удлинения ( $\epsilon_1$ ) и укорочения ( $\epsilon_3$ ), далее — растяжения и сжатия. К примеру, сбросовый тип поля деформаций определяется при субвертикальном положении оси сжатия ( $\epsilon_3$ ), взбросовый тип поля деформации — при субвертикальном положении оси растяжения ( $\epsilon_1$ ) и сдвиговый тип поля — при расположении осей сжатия и растяжения в горизонтальной плоскости. Также выделяются переходные типы поля деформаций: сбросо-сдвиговый, взбросо-сдвиговый и сбросо-взбросовый. Тип поля деформации на схемах показан в виде разных значков. На схемах поля деформаций также показаны направления падения осей  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_3$  в виде отрезков, исходящих из точек тектонофизических реконструкций и представляющих собой проекции осей на горизонтальную плоскость. Угол падения оси определяется длиной отрезка. Направление стрелки соответствует азимуту падения (север на схемах полей деформаций расположен вверху).

#### Ориентировка осей растяжение — сжатие

Направления осей главных деформаций указывают на соответствующие тектонические усилия. Резкое изменение направлений ориентировок осей деформаций указывает на расположение тектонических разрывов.

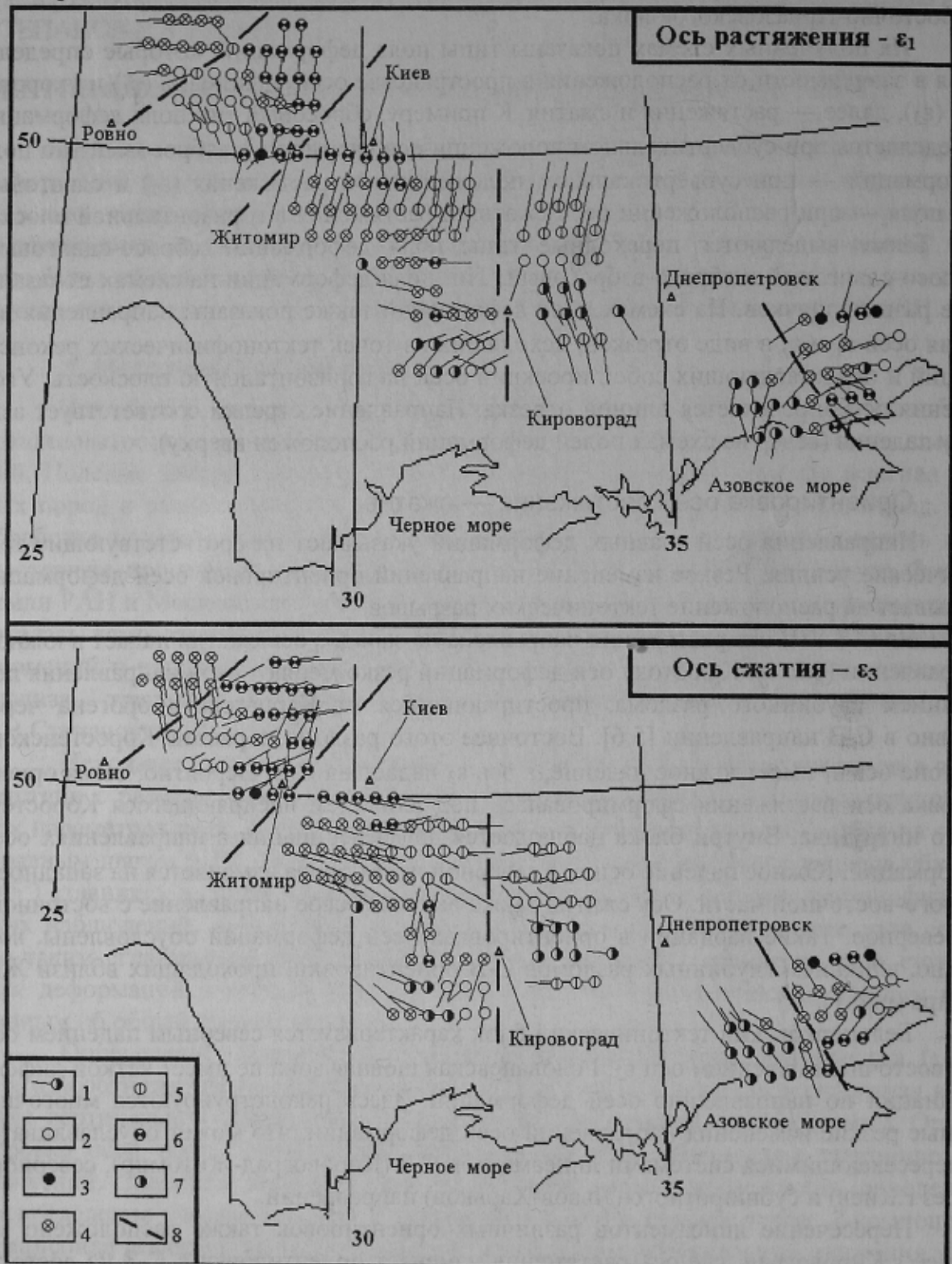
На С-З УЩ ось растяжения направлена на запад, а ось сжатия падает в южном направлении (рис. 1). К востоку оси деформаций резко меняют свои направления под влиянием глубинного разлома, простирающегося от Карпатского орогена через г.Ровно в С-В направлении [5,6]. Восточнее этого разлома, в районе Коростенского плутона ось  $\epsilon_1$  имеет южное падение, а ось  $\epsilon_3$  падает на С-В. Вероятно, такая ориентировка оси растяжения сформировалась под влиянием внедряющегося Коростенского интрузива. Внутри блока наблюдается дифференциация в направлениях осей деформаций. Южное падение оси  $\epsilon_1$  в северной части блока изменяется на западное в его юго-восточной части. Ось сжатия также изменяет свое направление с восточного на северное. Такие вариации в ориентировках осей деформаций обусловлены, возможно, влиянием глубинных разломов С-В ориентировки, проходящих вблизи Житомира (рис. 1).

Белоцерковский тектонический блок характеризуется северным падением оси  $\epsilon_1$  и восточным падением оси  $\epsilon_3$ . Голованевская шовная зона не имеет четкой дифференциации по направлению осей деформаций. Здесь реконструируются многочисленные резкие изменения направлений осей деформаций, что может обуславливаться пересекающимися системами линеаментов С-З (Кировоград-Житомир), северного (через г.Киев) и субширотного (Львов-Харьков) направлений.

Пересечение линеаментов различных ориентировок также расположено западнее г.Кировоград, где ось растяжения изменяет ориентировки с С-З на востоке, до С-В на западе, а сжатие от южного крутого падения на востоке заворачивает по часовой стрелке до С-З пологого падения. Возможно, что такие ориентировки оси сжатия обусловлены кольцевой структурой, центр которой находится вблизи Кировограда [6].

Западно-Ингулецкая шовная зона характеризуется двумя разными ориентировками осей деформаций. В северной части зоны реконструируется растяжение в северном направлении и ось сжатия, погружающаяся под углом  $45^\circ$  на запад. Южнее

поле деформаций перестраивается и  $\epsilon_1$  падает полого на юг, а  $\epsilon_3$  — под наклоном  $45^\circ$  на север.



**Рис. 1.** Схема суммарного поля деформаций Украинского щита: 1 — точки расчета параметров поля деформаций с направлением одной из оси деформаций; 2–7 — тип поля деформаций: 2 — сбросовый, 3 — взбросовый, 4 — сдвиговый, 5 — сбросо-сдвиговый, 6 — взбросо-сдвиговый, 7 — взбросо-сбросовый; 8 — наиболее проявленные разломы

Для Приазовского блока характерно довольно сложное распределение ориентировок осей главных деформаций. Достаточно четко отбивается граница между За-

падным и Восточным Приазовьем, где проходит Мариупольско-Харьковский линеамент. Ось  $\epsilon_1$  в Западном Приазовье ориентирована в южном направлении, а в Восточно-Приазовском блоке — на Ю-З. В зоне самого Мариупольско-Харьковского линеамента с запада на восток ось растяжения изменяет свое направление с восточного на Ю-З, а сжатие — с южного на северное. Изменение ориентировок оси  $\epsilon_3$  в Восточно-Приазовском блоке происходят по субширотной Конкской зоне. К северу от этой структуры сжатие имеет Ю-В направление, в самой зоне сжатие направлено на восток под углом  $45^\circ$ , а южнее  $\epsilon_3$  имеет С-В ориентировку.

### Распределение коэффициента Лодде-Надаи

Схема распределения значений коэффициента Лодде-Надаи ( $\mu_\epsilon$ ) показана на рис. 2. В пределах Волынского блока реконструируются наиболее минимальные значения  $\mu_\epsilon$ , что свидетельствует о господстве растягивающих усилий. Такие показатели отражают процессы внедрения многочисленных дайковых комплексов и становление Коростенского плутона. Для восточной и С-В частей блока получены слабо положительные значения коэффициента Лодде-Надаи.

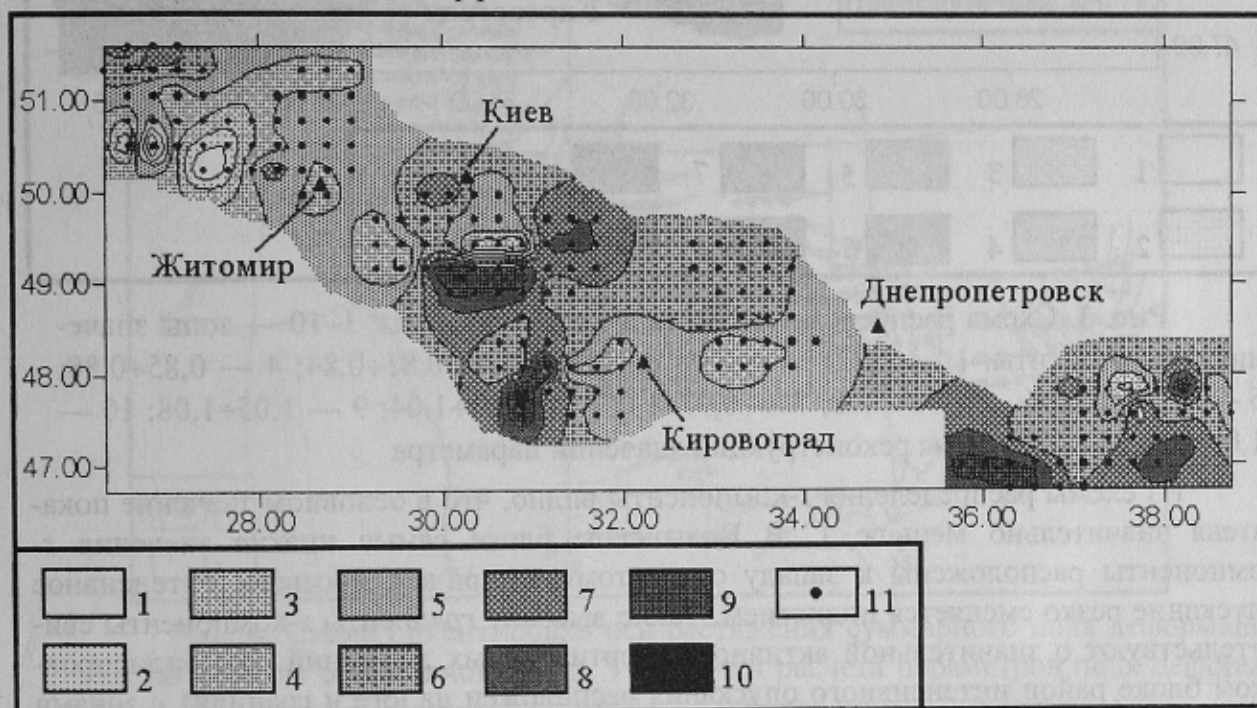


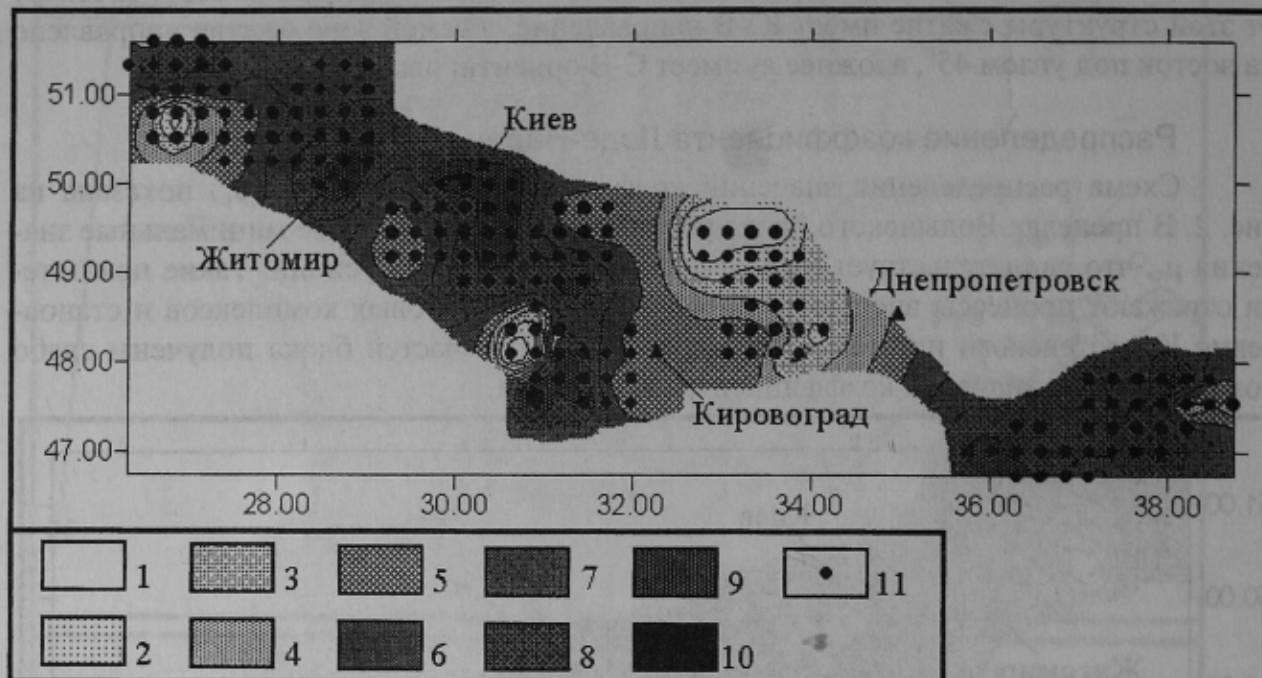
Рис. 2. Схема распределения значений коэффициента Лодде-Надаи: 1–10 — зоны значений коэффициента Лодде-Надаи: 1 —  $-0,8 \div -0,65$ ; 2 —  $-0,64 \div -0,5$ ; 3 —  $-0,49 \div -0,35$ ; 4 —  $-0,34 \div -0,2$ ; 5 —  $-0,19 \div -0,05$ ; 6 —  $-0,06 \div 0,1$ ; 7 —  $0,11 \div 0,25$ ; 8 —  $0,26 \div 0,4$ ; 9 —  $0,41 \div 0,55$ ; 10 —  $0,56 \div 0,7$ ; 11 — пункты реконструкций значений параметра

Ю-В Киева расположена довольно интенсивная зона растяжения субширотного простирания и возможно также связана с интрузивными комплексами. Южнее, растяжение сменяется сжатием, которое преобладает на большей части Кировоградского блока.

В пределах Приднепровского блока значения коэффициента Лодде-Надаи близки к 0 или немного меньше. Для Приазовского кристаллического массива реконструируются в основном условия сжатия. Лишь в Восточном Приазовье получены слабоотрицательные значения  $\mu_\epsilon$ . Они отражают влияние Конкской субширотной зоны, по которой происходили внедрение интрузий.

## Распределение вертикальной компоненты эллипсоида деформаций

На рис. 3 показана схема распределения значений  $z$ -компоненты. Удлинение эллипсоида деформаций определяется значением  $z$ -компоненты  $>1$ , а если значение параметра  $1 <$ , то эллипсоид деформаций испытывал сжатие в вертикальном направлении.



**Рис. 3.** Схема распределения значений  $z$ -компоненты: 1–10 — зоны значений  $z$ -компоненты: 1 —  $0,72 \div 0,76$ ; 2 —  $0,77 \div 0,8$ ; 3 —  $0,81 \div 0,84$ ; 4 —  $0,85 \div 0,88$ ; 5 —  $0,89 \div 0,92$ ; 6 —  $0,93 \div 0,96$ ; 7 —  $0,97 \div 1,0$ ; 8 —  $1,01 \div 1,04$ ; 9 —  $1,05 \div 1,08$ ; 10 —  $1,09 \div 1,12$ ; 11 — пункты реконструкций значений параметра

Из схемы распределения  $z$ -компоненты видно, что в основном значение показателя значительно меньше 1. В Волынской блоке самые низкие значения  $z$ -компоненты расположены к западу от Житомира, причем, к северу интенсивное опускание резко сменяется поднятием. Такие высокие градиенты  $z$ -компоненты свидетельствуют о значительной активности вертикальных движений. В Приднепровском блоке район интенсивного опускания расположен на юге и граничит с зонами поднятий, что свидетельствует о высоком градиенте показателя. Наименьшие значения  $z$ -компоненты эллипсоида деформаций и соответственно наибольшее опускание земной поверхности получены для Кировоградского блока. Приазовский блок характеризуется значениями  $z$ -компоненты близкими к 1 на западе. В Восточном Приазовье опускание земной поверхности увеличивается в восточном направлении.

## 3. Поле суммарных деформаций по данным о трещиноватости

Поле суммарных деформаций, отстроенное на основе данных о трещиноватости (рис.4), представлено схемами ориентировок оси растяжения ( $\epsilon_1$ ) и промежуточной оси ( $\epsilon_2$ ) поля деформаций. В подавляющем большинстве точек расчета параметров реконструируется сбросовый тип поля суммарных деформаций. Полевые данные о трещиноватости достаточно равномерно покрывают площадь УЩ. При сопоставлении указанной схемы с характеристиками поля суммарных деформаций по данным о смещениях вдоль разрывов (рис.1) заметна согласованность результатов. Подтверждается влияние разрывов С-В направления вблизи г.Ровно и г.Житомир. Достаточ-

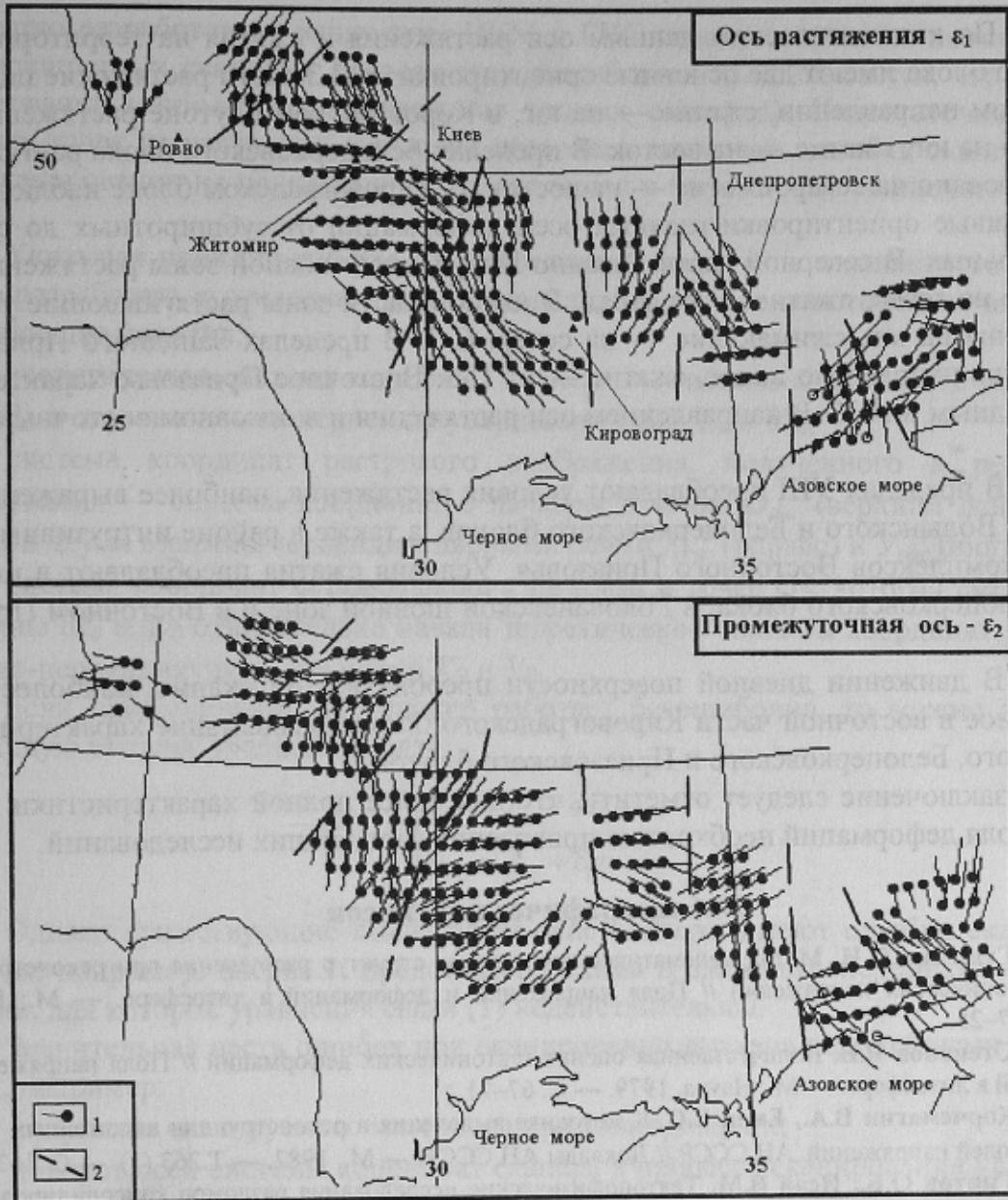


Рис. 4. Схема ориентировки оси растяжения суммарного поля деформаций УЩ по данным о трещиноватости: 1 — точки расчета параметров поля деформаций с направлением оси растяжения; 2 — наиболее проявленные разломы

но четко прослеживается субмеридиональная тектоническая зона в районе г.Кировоград, а также Западно-Ингулецкая шовная зона. Проявляется также Голованевская межблоковая зона. Под ее влиянием западное направление оси  $\epsilon_1$  в Белоцерковском блоке изменяется до северного, С-З в Кировоградском блоке, а ось  $\epsilon_2$  соответственно изменяет падение с северного на восточное, С-В. На ориентировки осей главных нормальных деформаций в Приднепровском блоке оказывает сильное влияние субширотная тектоническая зона, проходящая между городами Днепропетровск и Запорожье. Орехово-Павлоградская шовная зона влияет на направление оси  $\epsilon_2$  в соседних блоках, хотя полевых данных в самой зоне у нас не было. В Приазовском блоке выделяется Харьковско-Мариупольский линеамент.

### ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований получены новые данные о характеристиках поля суммарных тектонических деформаций в пределах УЩ.

1. По кинематическим данным оси растяжения и сжатия на территории Волынского блока имеют две основные ориентировки: в С-З части растяжение падает в западном направлении, сжатие — на юг, в Коростенском плутоне растяжение направлено на юг, сжатие — на восток. В пределах Белоцерковского блока растяжение ориентировано на север, сжатие — на восток. В Кировоградском блоке наблюдается неустойчивые ориентировки главных осей деформаций от субширотных до субмеридиональных. В северной части Западно-Ингулецкой шовной зоны растяжение направлено на север, сжатие — на запад. В южной части зоны растягивающие усилия направлены на юг, сжимающие — на север, С-З. В пределах Западного Приазовья растяжение направлено на юг, сжатие — на С-З. Восточное Приазовье характеризуется западным или Ю-В направлением оси растяжения и в основном восточным сжатием.

2. В пределах УЩ преобладают условия растяжения, наиболее выраженные в пределах Волынского и Белоцерковского блоков, а также в районе интрузивных щелочных комплексов Восточного Приазовья. Условия сжатия преобладают в южной части Белоцерковского блока, в Голованевской шовной зоне и в Восточном Приазовье.

3. В движении дневной поверхности преобладает опускание, наиболее ярко выраженное в восточной части Кировоградского блока. Воздымание характерно для Волынского, Белоцерковского и Приазовского блоков.

В заключение следует отметить, что для более полной характеристики параметров поля деформаций необходимо проведение дальнейших исследований.

### Библиографический список

1. Гушенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М.: Наука, 1979 — С. 7–25.
2. Степанов В.В. Количественная оценка тектонических деформаций // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М.: Наука, 1979. — С. 67–71.
3. Корчемагин В.А., Емец Е.С. К методике выделения и реконструкции наложенных тектонических полей напряжений. АН СССР // Доклады АН СССР. — М., 1982. — Т.263 (1). — С. 163–168.
4. Гинтов О.Б., Исай В.М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. — К.: Наукова Думка, 1988. — 120 с.
5. Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Гарецкий Р.Г. и др. Литосфера Центральной и Восточной Европы. — Киев: Наукова Думка, 1989. — 188 с.
6. Байсорович М.М., Беланов В.М., Бородулін М.А. та ін. Атлас «Геологія і корисні копалини України». М 1:5000000. — Київ: ІГН НАН України, 2001.

© Дудник В.А., Емец В.С., Корчемагин В.А.,  
Корчемагин Д.В., Павлов И.О., Степанов В.В., 2002

УДК 528:711

ГЕРМОНОВА Е.А. (ДонНТУ)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ КАЛИБРОВКИ СКАНЕРОВ

Процесс сбора и обработки исходной картографической и атрибутивной информации для геоинформационных систем очень трудоемок и дорогостоящ. Для уменьшения этих затрат в качестве исходной картографической информации в ГИС используются уже имеющиеся в архивах исходные картографические материалы (ИКМ) на бумажной, пластиковой, алюминиевой и др. видах основы. Существует