

УДК 551.245 (477.8)

С. В. МЫЧАК¹, С. И. КУРИЛО², В. Н. БЕЛЬСКИЙ², А. В. МУРОВСКАЯ¹¹Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, пр. Палладина 32, Киев, Украина, 03680, тел. +38(097)6884656, эл. почта: sergiimychak@gmail.com, murovskaya@gmail.com²Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененка НАН Украины, пр. Палладина, 34, Киев-142, Украина, 03680, эл. почта: kurylo.sergiy@gmail.com, belskyi.vn@gmail.com

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РОСИНСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА НА УЧАСТКЕ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. РОСЬ (ФУРСЫ-БОРЩАГОВКА)

Целью данной работы является тектонофизическое изучение земной коры территории верхнего течения р. Рось, сопровождаемое петрологическим и изотопно-геохимическим исследованием горных пород, для последующего построения геодинамической модели западной части Украинского щита (УЩ). До последнего времени эта часть УЩ была наименее изучена геолого-геофизическими методами. В данной статье приведены новые результаты тектонофизического и геологического изучения верхней части земной коры указанной территории, выполненные в 2015 г. **Методика.** Полевые тектонофизические исследования выполнены структурно-парагенетическим методом тектонофизики для I–II уровней глубинности. Для построения стереограмм трещиноватости применялась программа Stereonet 32 (K. Röllner, C. Thiermann). **Результаты.** В статье приведены результаты тектонофизического анализа хрупкой трещиноватости горных пород. Мы полагаем, что изученные трещины отдельности формировались при остывании интрузивных массивов и/или при последующей деформации при их внедрении. Для горных пород изученной территории характерными являются сдвиговые деформационные режимы. Причем наблюдается чередование режимов субширотного и субмеридионального сжатия. В соответствии с нашими результатами значительная часть трещин в пределах исследованной территории соотносится с этапами формирования и активизации Немировской зоны разломов. На участке сел Кашперовка – Борщаговка реконструированное поле напряжений аналогично преобладающему полю напряжений Новоград-Волинского и Уманского массивов, отражающему их деформацию ~2.05 млрд лет назад. **Научная новизна.** Впервые изучено напряженно-деформированное состояние кристаллических горных пород в верхнем течении р. Рось, дающее представление о деформациях земной коры западной части УЩ в раннем протерозое и имеющее важное значение для построения геодинамической модели региона. **Практическое значение.** Построение геодинамической модели необходимо для дальнейших инженерно-геологических исследований и составления различного рода картографических документов.

Ключевые слова: деформации, поля напряжений, зоны разломов, геодинамика, Росинский мегаблок, Украинский щит.

Введение

Исследование геодинамики западной части Украинского щита (УЩ) важно с той позиции, что для центральной и восточной его частей уже существуют геодинамические модели, которые дают представление об истории его развития в раннем докембрии [Глевасский, 2005; Гинтов О., Мычак С., 2014; Гинтов Е., 2015], тогда как для западной части пока что охарактеризован период между ~2.0 – 1.7 млрд лет – время субдукции и коллизии Фенноскандии и Сарматии [Elming S. et al., 2001, 2006; Bogdanova et al., 2006, 2008; Bogdanova et al., 2013; Гинтов О., Мычак С., 2014]. Поэтому в 2015 г. Сотрудниками Института геофизики и Института геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины была предпринята

попытка расширить площадь геодинамических исследований на западную часть УЩ, для чего потребовалось выполнение детального тектонофизического, петрологического и изотопно-геохимического изучения горных пород одного из наиболее сложных районов – бассейна верхнего течения р. Рось. В предлагаемой статье освещены в основном результаты тектонофизических исследований этого района. Результаты изотопно-геохимических исследований горных пород обрабатываются и будут опубликованы в дальнейшем.

Цель

Ранее один из авторов занимался в основном изучением хрупкой трещиноватости в пределах интрузивных (Коростенский и

Корсунь-Новомигородский плутоны) и интрузивно-анатектических массивов гранитоидов (Новоукраинский, Уманский, Богуславский, Новоград-Волынский), хрупкая трещиноватость которых формировалась при их остывании [Гинтов О., Мычак С., 2014; Мичак С., 2014]. В таких условиях возраст полей напряжений и ориентация их главных осей определяются достаточно надежно.

Поэтому, с методической точки зрения, было важно выяснить, насколько разработанные приемы интерпретации применимы для изучения напряженно-деформированного состояния более сложных блоков, имеющих двухъярусное строение, прошедших ретроградный метаморфизм, сложенных в основном ультраметаморфическими гранитоидами архейского и палеопротерозойского возраста [Геохронология..., 2008], и находящихся в зоне влияния разломов разных направлений.

Тектонофизические и геологические маршруты были выполнены вдоль правого и левого берегов р. Рось, и ее притоков Роставица, Березянка, Ореховка, Белуга, Роська с измерением трещиноватости и линейных элементов горных пород, их минералогического состава и изотопного возраста. Геолого-геофизические исследования, в том числе отбор образцов, выполнены в карьерах и обнажениях у пос. Фурсы (Ts1), с.с. Чмыровка (Ts2-3), Пилипча (Ts9), Щербаки (Ts4 и 7-8), Рачки (Ts6), Кашперовка (Ts5), Борщаговка (Ts10), Шамраевка (Ts11), (см. рис. 1 и рис. 2).

Геологическое строение. Район исследований находится в пределах бассейна р. Рось между пос. Фурсы и с. Борщаговка и относится к западной части Росинского мегаблока УЩ. Он расположен в области пересечения таких крупных зон разломов, как Немировская (простираение 50°), Хмельникская (318°), Звиздаль-Залеская (360°), Брусиловская (360°), Сарненско-Варваровская (305°), формирующих и ограничивающих расположенную несколько севернее предполагаемую Кочеровскую шовную зону [Анциферов А., 2009] (рис. 2). Это осложняет интерпретацию материалов измерения трещиноватости и линейности горных пород, а также определение взаимоотношений между различными петрологическими комплексами.

В геологическом строении района принимают участие автохтонные и праавтохтонные гранитоиды неоархейского тетиевского и палеопротерозойских звенигородского и уманского комплексов с реликтами метаморфических пород росинско-тикической серии.

Тетиевский комплекс плагиогранитов, гранодиоритов, кварцевых диоритов и диоритов возрастом 2700 млн лет [Геохронология..., 2008]

образует несколько отдельных крупных массивов площадью до 300 км² в верховьях реки Рось, в районе г.г. Белая Церковь – Тетиев. Тела этих пород обнажены по рекам Рось, Роська, Роставица, Горный Тикич [Щербаков И., 2005].

Супракурустальные образования росинско-тикической серии встречаются, как правило, в виде небольших по размерам останцов, залегающих среди гранитоидов звенигородского, уманского и ставищанского комплексов Росинского мегаблока. В районе исследований они представлены плагиогнейсами амфибол-биотитовыми и биотитовыми, а также кварц-биотит-роговооманковыми кристаллосланцами, встречаемыми в виде реликтов среди гранитов уманского комплекса.

В действующей схеме НСК росинско-тикическая серия отнесена к неоархею, возрастом 2,6 – 2,64 млрд лет (К-Аг метод). Однако “уран-свинцовый” возраст акцессорных минералов в породах росинско-тикической серии и володарско-белоцерковской толщи соответствует палеопротерозою [Геохронология..., 2008].

Звенигородский комплекс палингенных гранитоидов на исследуемой территории образует незначительные по площади участки и мелкие останцы среди гранитоидов уманского комплекса. Авторами статьи он встречен в двух заброшенных карьерах на окраине с. Кашперовка, и на левом берегу р. Рось между селами Бережна и Щербаки (рис. 3).

Комплекс включает полный ряд пород по их кремнекислотности: габбродииориты, диориты, кварцевые доиориты, тоналиты и трондьемиты. В отличие от гранитоидов тетиевского комплекса, которому свойственно образование ясно очерченных массивов и массивное сложение, породы звенигородского комплекса характеризуются частым чередованием слагающих его разностей, придающих ему вид мигматитов [Щербаков И., 2005]. Возраст комплекса составляет 2040–2140 млн лет [Геохронология, 2008].

Уманский комплекс возрастом 2.05 млрд лет [Геохронология, 2008] включает в себя три типа гранитов – уманские, богуславские и росинские. Особенностью росинских гранитов, широко развитых в районе исследований (рис. 4), является тесная ассоциация с гранитоидами тетиевского комплекса, мигматитами, и метаморфическими породами росинско-тикической серии. Они близки по минеральному составу, однако разделяются по текстурно-структурным особенностям на четыре разновидности: порфировидные и гнейсовидные граниты; равномерно и неравномерно мелкозернистые и среднезернистые граниты; аплит-пегматоидные граниты; пегматоидные граниты и пегматиты.

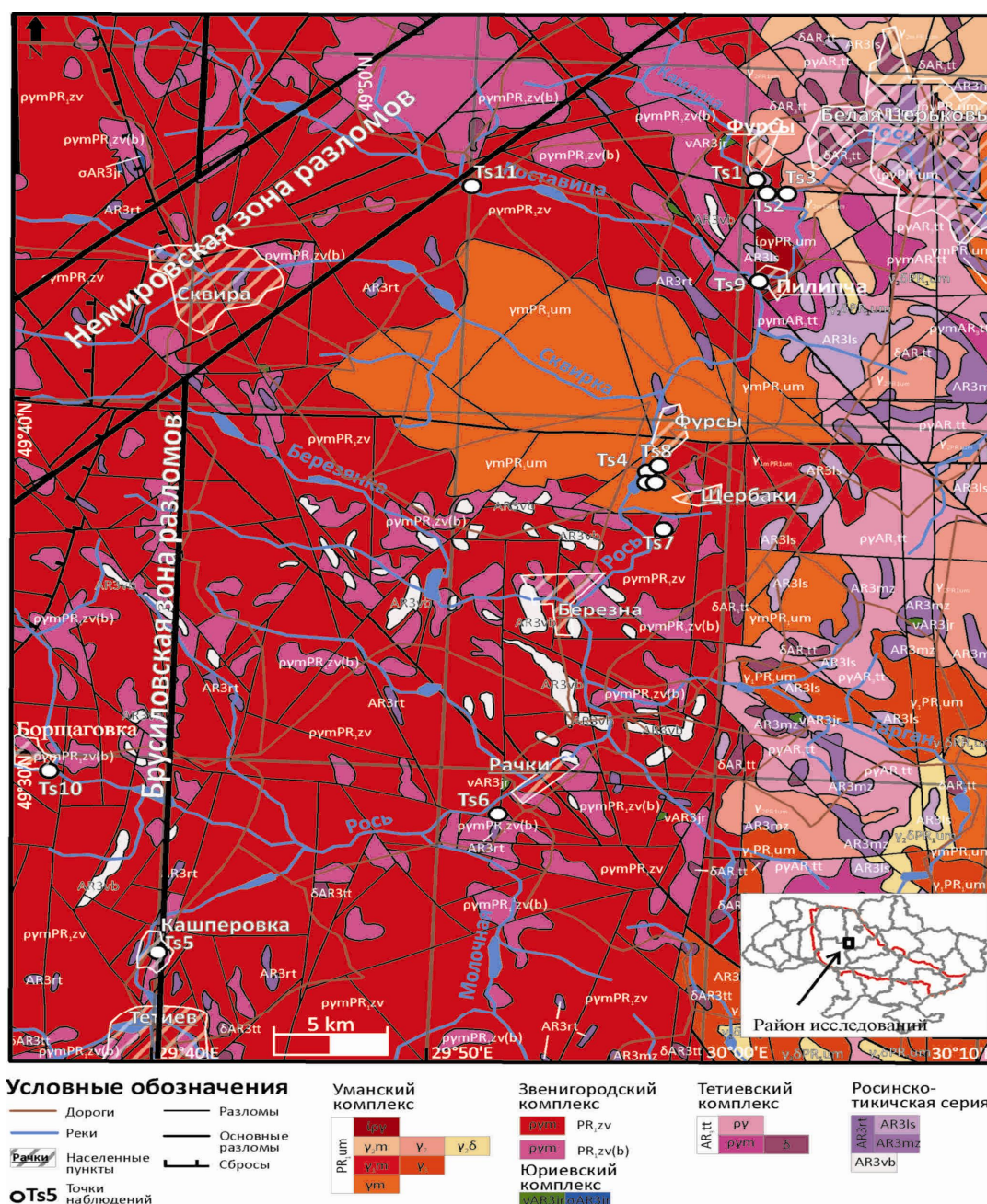


Рис. 1. Геолого-тектоническая схема Росинского мегаблока Украинского щита по [Зюльцле В. и др., 2003; Безвинний В. и др., 2004]. Схема составлена по результатам работ ГДП-200, листы: М-35XXIV (Сквира); М-36-XIX (Белая Церковь), М-36-XXV (Умань):

Тетиевский комплекс: py – плагиограниты и биотитовые мигматиты, иногда с амфиболом; py, m – амфибол-биотитовые мигматиты; δ – диориты. Росинско-тихичская серия: ls – лысянская толща: биотитовые и амфибол-биотитовые гнейсы; биотит-амфиболовые кристаллосланцы, и амфиболиты; mz – мизиновская толща: амфиболиты, кристаллосланцы и биотит-амфиболовые гнейсы, редко кальцифиты. Звенигородский комплекс: py, m – плагиограниты, мигматиты и биотитовые мигматиты, иногда с амфиболом. Уманский комплекс: py – аплит-пегматоидные граниты; y, m – граниты и неравномернозернистые биотитовые мигматиты; y, d – граниты и неясно порфировидные биотитовые мигматиты; y, d – гранодиориты; y, m – граниты и порфировидные биотитовые мигматиты; y, l – граниты и мелко-среднезернистые равномернозернистые мигматиты. Юриевский комплекс: v – габро-диабазы и габро-амфиболиты; σ – апоперидитовые серпентиниты, тремолиты, антофиллиты

Fig. 1. Geological-tectonic scheme of Ros' block of Ukrainian shield, sheets: M-35XXIV (Skvyra); M-36-XIX (Bila Tserkva), M-36-XXV (Uman') modified after [Zyultsle et al. 2003; Bezvynnyy et al. 2004]:

Tetiev complex: py – plagiogranite and biotite migmatite sometimes with amphibole; py, m – amphibole-biotite migmatite; δ – diorite. Ros' – tikhich series: ls – lysiysky complex: biotite and biotite-amphibole gneiss; biotite-amphibole gneiss and amphibolite; mz – mizynov complex: amphibolite, crystalline schist and biotite-amphibole gneiss, rarely calciphyre. Zvenygorod complex: py, m – plagiogranite, migmatite and biotite migmatite, sometimes with amphibole. Uman' complex: py – like aplite-pegmatite granite; y, m – granites and uneven grainy biotite migmatite; y, d – granites and unclear porphyry biotite migmatite, y, d – granodiorite; y, l – granites and porphyry biotite migmatite; y, l – granites and fine-medium-grained biotite migmatite. Yuriev complex: v – gabbro-diorite gabbro and amphibolite; σ – apoperidotitovy serpentinite, tremolite and anthophyllite

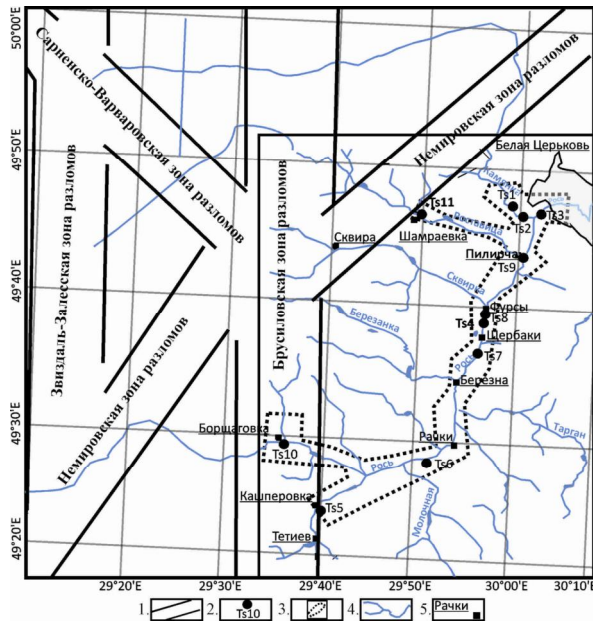


Рис. 2. Тектоническое районирование западной части Украинского щита:
1 – зоны разломов; 2 – точки наблюдения;
3 – контур района исследований; 4 – реки;
5 – населенные пункты

Fig. 2. Tectonic zones of the west part of the Ukrainian shield:
1 – fault zones; 2 – observation points;
3 – contour area; 4 – rivers; 5 – settlements

Методика тектонофизических исследований

Полевые работы представляли собой обычно используемый набор приемов, состоящий в измерении элементов залегания максимального количества хрупких трещин, выявлении и фиксации стабильно встречающихся их закономерных сочетаний (структурных и динамометаморфических парагенезисов), исследовании морфологических и других особенностей трещин и околотрещинного пространства – притертости, взаимоотношений со структурно-текстурными элементами пород, наличия следов подвижек на плоскостях трещин, амплитуды смещения маркеров и величины их искривления вблизи разрывов, характера перекристаллизации материала [Мычак С., 2015].

Всего в ходе работ выполнено 1177 замеров элементов залегания трещин и линейных структур. Обработка, и интерпретация полевых измерений выполнена структурно-парагенетическим методом тектонофизики для I-II уровней глубинности [Skempton A., 1966; Гинтов О., 2005].

Результаты

На рис. 5. приведена суммарная стереограмма азимутов падения трещин по всем исследованным

участкам, которая показывает, что основную массу (94 %) изученных структур составляют субвертикальные трещины (70–90 °). Вместе с тем в 6 % случаев наблюдались и пологопадающие (20–60°) трещины, указывающие на наличие взбросов и сбросов. Наклонные трещины немногочисленны, в связи с чем интерпретация их парагенезисов неоднозначна. Кроме того, интерпретация показала, что поля напряжений, получаемые по наклонным трещинам, близки к полям, получаемым по субвертикальным структурам. Поэтому мы ограничились детальной тектонофизической интерпретацией субвертикальной трещиноватости (см. таблицу).

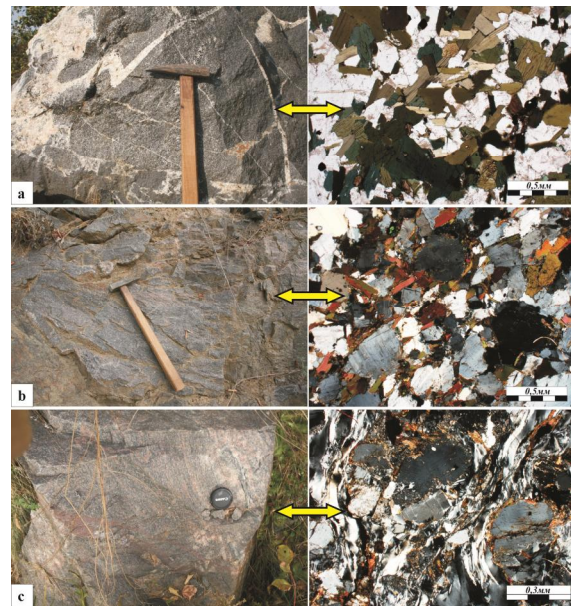


Рис. 3. Геолого-петрографические особенности плагиогранитоидов звенигородского комплекса:

Слева – фотографии обнажений, справа – фотографии шлифов с анализатором. Буквами в левом нижнем углу обозначены участки исследований: а – участок Фурсы-Рачки (2,3 км южнее с. Щербак): а – кварцевые-диориты и тоналиты пронизаны пегматоидными жилами; b-c – участок Кашперовка-Борщаговка (затопленный карьер на южной окраине с. Кашперовка): b – тоналит; c – тектонизированные мигматитоподобные породы с прожилками темно-розовых равномернозернистых гранитов

Fig. 3. Geological and petrographic features of plagiogranite of the Zvenigorod complex:

Left – Photo of the outcrops, right – photos of thin sections with the analyser. The letters in the lower left corner of the designated research areas: a – Fursy-Rachky area (2,3 km south from Shcherbak): a – quartz-diorite and tonalite permeated by pegmatoid veins; 2) Kashperivka – Borshchahivka area (flooded quarry at southern outskirts of v. Kashperivka): b – tonalite, c – tectonized, migmatite with veins of dark pink evenly grained granite

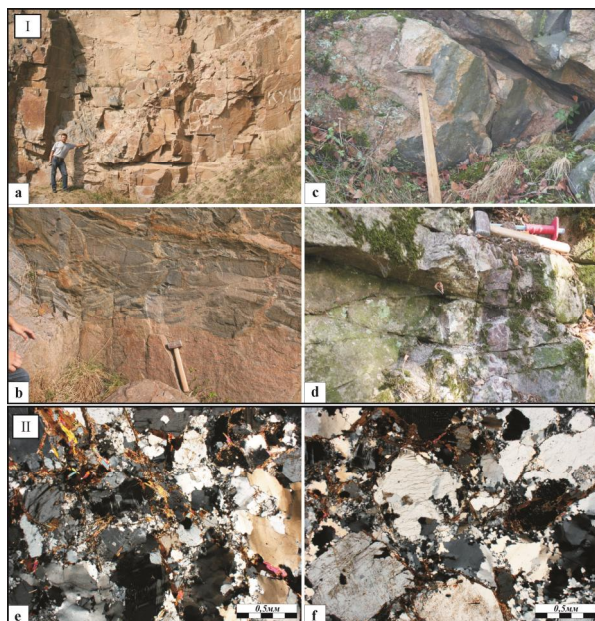


Рис. 4. Геолого-петрографические особенности гранитов уманского комплекса: I – фотографии обнажений, II – фотографии шлифов с анализатором. Буквами в левом нижнем углу обозначены участки исследований: *a, b* – участок Фурсы-Рачки (восточная окраина с. Чмыревка): *a* – равномернозернистые граниты с пегматитовой жилой; *b* – ксенолиты росинкотикичской серий среди равномернозернистых гранитов; *c, d* – участок Кашперовка-Борщаговка: *c* – серые равномернозернистые граниты с густой сеткой жил аплит-пегматоидных гранитов; *d* – пегматит с кварцевым ядром среди равномернозернистых гранитов (северная окраина с. Фесюры). Шлифы: *e* – равномернозернистый гранит из обнажения *a*; *f* – тектонизированный гранит из обнажения *c*

Fig. 4. Geological and petrographic features of granite of the Uman' complex:

I – photo of outcrops, II – photos of thin sections with the analyser. The letters in the lower left corner of the designated research areas: *a, b* – Fursy-Racky (east Chmyrivka) area: *a* – equigranular granite with pegmatite vein; *b* – xenoliths of Ros'-tikych series within equigranular granite; *c, d* – Kashperivka-Borshchahivka area: *c* – gray equigranular granite cutted by veins of aplite-pegmatite granites; *d* – pegmatite with quartz nucleus within equigranular granite (east Fesyura). Sections: *e* – equigranular granite of outcrop *a*; *f* – tectonized granite outcrops of *c*

Исходя из подобия стереограмм и графиков, оказалось возможным объединить результаты изучения трещиноватости горных пород в обнажениях у с.с. Фурсы, Чмыревка, Пилипча, Рачки и карьер у с. Щербаки (рис. 6, I), а также Кашперовка – Борщаговка (рис. 6, II). Обнажение на правом берегу р. Рось ниже с. Щербаки рассматривается отдельно (рис. 6, III).

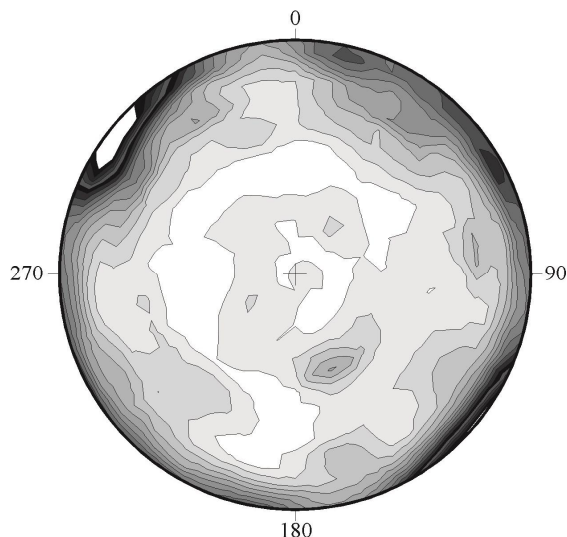


Рис. 5. Стереограмма азимутов падений всех измеренных трещин в пределах изученной территории (верхняя полусфера)

Fig. 5. Stereogram of dip azimuths of all measured fractures within study area (Upper hemisphere)

Общей особенностью стереограмм и графиков первых двух участков и обнажения ниже с. Щербаки является наличие двух главных максимумов концентрации трещин, угол между которыми составляет около 90° . Это показывает, что тектонофизическая интерпретация хрупкой и квазихрупкой трещиноватости на этих участках возможна.

Участок Фурсы-Рачки сложен преимущественно гранитоидами уманского комплекса, представленного порфировидными и нечетко гнейсовидными, равномерно- и неравномернозернистыми, аплит-пегматоидными гранитоидами, а также пегматитовидными гранитами и пегматитами. Гранитоиды звенигородского комплекса развиты локально.

Равномерно- и неравномернозернистые граниты уманского комплекса фиксируются почти повсеместно, тогда как порфировидные граниты встречаются спорадически. Более всего их распространение зафиксировано на правом берегу р. Рось в районе с. Рачки.

Аплит-пегматоидные граниты наблюдаются в виде самостоятельных жил и прожилок среди розовых равномернозернистых гранитов, а также в виде отдельных небольших по размеру тел, имеющих размытый контакт с неравномернозернистыми гранитами.

Тела пегматитов часто ассоциируют с аплитовидными и пегматоидными гранитами. Они имеют секущее положение по отношению к гранитам и метаморфическим породам (ксенолитам и гранитогнейсам), образуя отдельные тела мощностью от 20 см до нескольких метров.

Породы звенигородского комплекса встречены в пределах затопленного карьера, на правом

берегу реки Рось, в 2,3 км на юг от с. Щербак. Они представлены диоритами, кварцевыми диоритами и тоналитами, контакт между которыми размытый. Их хаотично секут мелкие белые прожилки аплитовидных плагиогранитов, а также более крупные жилы существенно микроклиновых гранитов.

Ксенолиты метаморфических пород росинско-тикичской серии встречены на западной окраине с. Чмыревка и восточной окраине с. Пилипча в виде будинированных тел линзовидной формы, мощностью от 10 до 20 см. Они представлены биотит-рогово-обманковыми кристаллосланцами и плагиогнейсами. Текстура пород сланцеватая. Структура кристаллосланцев гетеро-грано-лепидобластовая, мелко-среднезернистая (0,2–1,5 мм), плагиогнейсов – порфириобластовая, лепидогранобластовая, мелкозернистая (см. рис. 4).

На графике азимутов простирания трещиноватости (рис. 6, I, c) максимум A_1 может отражать развитие L- или R-сколов, широкий максимум $B_1 - D_1$ – сумму L' , R- и R' , а максимум $E_1 - R_1'$ – сколов (см. таблицу), образовавшихся в процессе деформации изученных гранитоидов после 2,03 млрд лет (изотопный возраст циркона кварцевых диоритов с. Пилипча 2032 ± 19 млн лет [Геохронология..., 2008]).

Широкий максимум $B_1 - D_1$ может также отражать влияние Сарненско-Варваровской зоны разломов, ориентированной по азимуту 305° и сформированной, по последним данным ≤ 1.99 млрд лет назад. В этом случае противоречия нет, так как основные поля напряжений и фазы деформации, установленные на участке Фурсы – Пилипча и при формировании Сарненско-Варваровской зоны разломов, близки между собой, то есть отражают один и тот же немировский (лелековский) этап (см. таблицы этапов разломообразования в работах [Гинтов О., 2015; Мычак С., 2015]).

Рассмотрим все возможные варианты интерпретации результатов изучения трещиноватости на участке. Максимумы на графике азимутов простирания следующие: $A_1 - 33^\circ$, $B_1 - 288^\circ$, $C_1 - 303^\circ$, $D_1 - 318^\circ$, $E_1 - 345^\circ$.

Первые два варианта показывают (см. табл. и рис 6, I, c), что часть трещин участка формировалась в поле напряжений $\sigma_1 - 78^\circ$, $\sigma_3 - 348^\circ$, $\sigma_2 - \perp$, а третье поле в реверсном деформационном режиме $\sigma_1 - 348^\circ$, $\sigma_3 - 78^\circ$. Варианты 4 и 5 могут быть объединены осреднением: $\sigma_1 - 06^\circ$, $\sigma_3 - 276^\circ$, $\sigma_2 - \perp$.

Участок Кашперовка – Борщаговка. Биотитовые и амфибол-биотитовые плагиограниты, развитые на участке, по текстурно-структурным особенностям и минеральному составу подобны образованиям звенигородского комплекса, описанным на участке Фурсы-Рачки. Главным отличием от упомянутого участка являются сильно проявленные процессы мигматизации. По трещинкам

плагиогранитов развивается микроклин в виде мелких полосок или хаотической сетки. Переход от неизменных плагиогранитов к мигматитам постепенный, и выражается в возрастании количества микроклина. Плагиогранитоиды темно-серого цвета, массивной текстуры, гипидиоморфнозернистой, равномерно-мелкозернистой (0,5–0,8 мм) структуры.

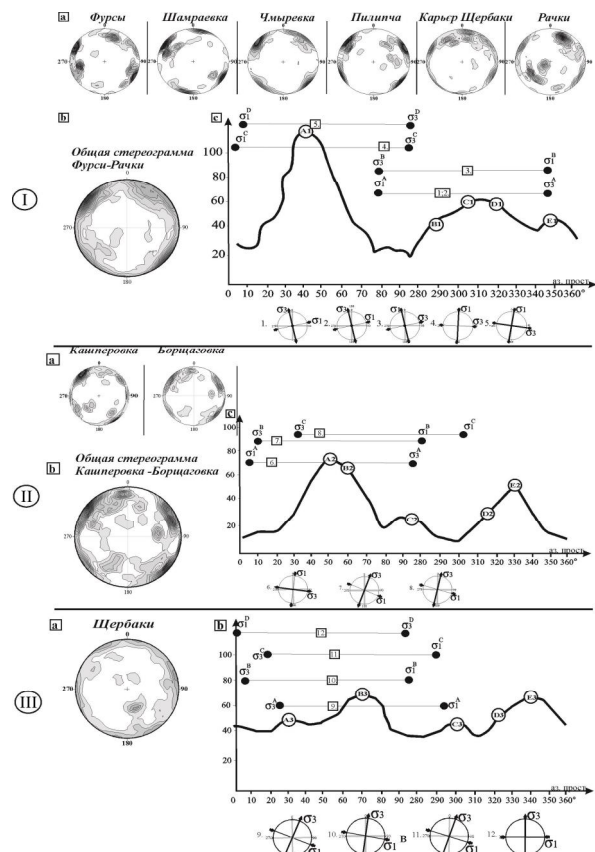


Рис. 6. Результаты тектонофизических исследований в районе верхнего течения р. Рось: I – участок Фурсы-Рачки; II – участок Кашперовка – Борщаговка; III – участок Щербак

(a – стереограммы азимутов падений трещин; b – суммарная стереограмма азимутов падений трещин; c – суммарный график азимутов простираний крутопадающих ($> 70^\circ$) трещин)

Fig. 6. Results of tectonophysical research in the upper reaches of the Ros' river zone:

I – Fursy-Racki area; II – Kashperovka – Borschagivka area; III – Shcherbaki area (a – stereograms of fractures dip azimuths; b – total stereogram of fractures dip azimuths; c – chart of strike azimuths of high-angle dipping ($> 70^\circ$) fractures)

Во время полевых исследований были отобраны образцы в северо-западной части заброшенного карьера на правом берегу р. Рось, между с. Кашперовка и п.г.т. Тетиев (см. рис. 4. c, d, f). В карьере развиты преимущественно диориты, в меньшей мере мигматиты, двуполевошпатовые граниты, метасоматиты.

В северной части карьера над диоритами находится массивное тело розового равномернозернистого двуполевошпатового гранита, подверженного сильным метасоматическим изменениям.

На графике азимутов простирания трещиноватости (рис. 6, II, с) выделяются два четких главных максимума A_2 (50°) и E_2 (327°), которые отвечают комбинации L-, R'-сколов. Кроме того, асимметрия главных максимумов и наличие небольшого максимума между ними позволяет предполагать наличие максимумов B_2 (65°), C_2 (275°) и D_2 (315°). Результаты интерпретации приведены в таблице.

Участок Щербаки. В пределах участка распространены гранитоиды уманского комплекса с реликтами пород росинско-тикичской серии. Участок протяженностью около 1 км расположен на правом берегу реки Рось, начиная от дамбы между селами Городище-Пустоваровское и Щербаки, до северной окраины с. Щербаки.

Среди гранитоидов выделяются двуполевошпатовые розово-серые порфировидные граниты, серые, розово-серые среднезернистые и мелко-

среднезернистые граниты, аплит-пегматоидные граниты, а также пегматиты. Равномернозернистые граниты, наиболее распространенные на данном участке, образуют массивные тела, усложненные хаотичной сеткой жил аплитовидных гранитов. Граниты порфировидные находятся в виде отдельных тел среди равномернозернистых гранитов, с которыми имеют размытый контакт. По текстурно-структурным особенностям они подобны таковым на участке Фурсы-Рачки. На этом участке встречены мелкие ксенолиты метаморфических пород росинско-тикичской серии округлой формы размером 10-15 см, представленные биотит-амфиболовыми кристалосланцами.

На графике азимутов простирания трещиноватости можно увидеть пять максимумов – A_3 (25°), B_3 (65°), C_3 (295°), D_3 (320°), E_3 (340°). Главные максимумы B_3 и E_3 составляют пару L- и L'-сколов, остальные, менее значительные максимумы могут отвечать разным типам сколов, в зависимости от флуктуаций поля напряжений (рис. 6, III, b). Результаты интерпретации приведены в таблице.

Поля напряжений на участке Фурсы – Боцаговка (верхнее течение р. Рось)

Stress fields in the Fursy – Borshchahivka area (the upper reaches of r. Ros')

Номер поля	Максимумы	Сколы	Ориентация осей главных нормальных напряжений		
			σ_1 (сжатие)	σ_3 (растяжение)	σ_2
Участок Фурсы – Рачки					
1	A ₁ -B ₁	L- и R' ₁	78°	348°	L
2	A ₁ -C ₁	L-и L'	78°	348°	L
3	D ₁ -A ₁	R' ₁ - и L	348°	78°	L
4	“”	“”	03°	273°	L
5	E ₁ -A ₁	R' ₂ - и R' ₁	09°	279°	L
Участок Кашперовка – Борщаговка					
6	A ₂ -E ₂	L- и R' ₁	08°	278°	L
7	C ₂ -E ₂	R- и R'	301°	31°	L
8	B ₂ -C ₂ -D ₂	R' ₂ -T-R'	280°	10°	L
Участок Щербаки					
9	B ₃ -E ₃	L- и L'	295°	25°	L
10	B ₃ -D ₃	L- и R' ₁	275°	05°	L
11	“”	“”	290°	20°	L
12	B ₃ -C ₃	R ₂ и R' ₂	270°	00°	L
Участок Шолудьки – Стрельчинцы					
13	A-A	R- и R'	358°	88°	L
14	A-D	L- и R'	79°	349°	L

На участке Фурсы-Рачки по большому количеству измерений установлено инверсионное поле напряжений (ось σ_1 – $78^\circ(348^\circ)$, ось σ_3 – $348^\circ(78^\circ)$, ось σ_2 – L). До сих пор при изучении напряженно-деформированного состояния протерозойских гранитоидов Росинского и Волынского мегаблоков такое поле напряжений нами не фиксировалось.

Но если обратиться к результатам выполненного в 2013 г. тектонофизического изучения

трещиноватости побужского и бердичевского гранит-мigmatитовых комплексов Бугского мегаблока, развитых по р. Южный Буг к югу от г. Немиров и ниже г. Ладыжин (участок с.с. Шелудьки – Стрельчинцы, (рис. 7) и представленных преимущественно чарнокитоидами и бердичевскими гранитами, то окажется, что инверсионное поле напряжений (ось σ_1 – $80^\circ(350^\circ)$, ось σ_3 – $350^\circ(80^\circ)$, ось σ_2 –L) проявилось достаточно активно.

Участок Шолудьки – Стрельчинцы. На графике (см. рис. 7) азимутов простираемости трещиноватости максимумы A_1, B_1, C_1 отображают развитие R-сколов, максимумы A_2, B_2, C_2 отображают R и L-сколы. Максимумы на графике азимутов простираемости следующие: A_1 (34°), B_1 (18°), C_1 (29°), A_2 (330°), B_2 (318°), C_2 (310°). Результаты интерпретации приведены в таблице.

Учитывая, что породы побужского и бердычевского комплексов, согласно данным работы [Геохронология..., 2008], в целом несколько древнее 2 млрд лет и древнее пород уманского и звенигородского комплексов, можно полагать, что инверсионное поле ($\sigma_1-79^\circ(349^\circ)$, $\sigma_3-349^\circ(79^\circ)$, σ_2-L) является наиболее древним в регионе.

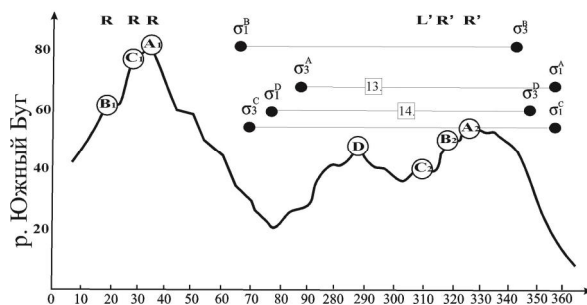


Рис. 7. График азимутов простирающихся (> 70°) трещин на участке Шолудьки – Печёра – Алексеевка – Рогозна – Воробьевка – Стрельчинцы (р. Южный Буг)

Fig. 7. Chart of strike azimuths of high-angle dipping (> 70°) fractures in the Sholudky – Pechera – Oleksivka – Rogizna – Vorobivka – Strilchintzy area (r. Southern Bug)

Научная новизна и практическая значимость

Впервые было определено напряженно-деформированное состояние горных пород в бассейне верхнего течения р. Рось и показано, что структурно-парагенетический метод изучения трещиноватости горных пород применим на участках, подверженных сильным динамометаморфическим изменениям кристаллического фундамента УЩ.

Тектонофизические исследования позволяют охарактеризовать параметры полей палеополей напряжений и деформаций, что является основой для установления характера и направления движущих сил, которые привели к структурообразованию в регионе. Это необходимо при создании, проверке и уточнении геодинамических моделей, которые являются необходимым условием для дальнейших тектонических, сейсмологических, инженерно-геологических исследований и составления различного рода картографических документов.

Выводы

По результатам тектонофизических исследований на всех участках можно сделать следующие выводы:

Для напряженно-деформированного состояния горных пород бассейна верхнего течения р. Рось характерным является реверсный сдвиговый деформационный режим субширотного сжатия (растяжения) – субмеридионального растяжения (сжатия) с горизонтальной плоскостью $\sigma_1\sigma_3$, фиксируемый на всех участках. Усреднив отдельно поля напряжений меридионального сжатия (варианты 4)–6)) и меридионального растяжения (варианты 8), 10), 12)) для площади в целом получим:

ось σ_1-07° , ось σ_3-277° , σ_2-L

ось σ_1-275° , ось σ_3-05° , σ_2-L

Поле субмеридионального сжатия – субширотного растяжения ($\sigma_1 - 03/00$, $\sigma_3 - 273/00$, $\sigma_2 - L$) установлено для западной и центральной частей УЩ (Немировский и Лелековский этапы) в работе [Гинтов О., Мычак С., 2011]. В работе [Гинтов О., 2005] (табл. 3.15) было показано, что активизация Немировской зоны разломов происходила в поле субширотного сжатия – субмеридионального растяжения. Поэтому, учитывая точность интерпретации, можно уверенно утверждать, что значительная часть трещиноватости исследованной территории отражает этапы формирования и активизации Немировской зоны разломов.

Поле напряжений (ось σ_1-301° , ось σ_3-31° , σ_2-L) установлено только на участке Кашперовка – Борщаговка, но оно повторяет основное поле напряжений Новоград-Волынского и Уманского массивов [Мычак, 2015], относящееся к их деформации ~2.05 млрд лет назад. Это позволяет сделать вывод, что гранитоиды участка несколько древнее кварцевых диоритов участка Пилипча, а рассматриваемое поле напряжений древнее полей, названных выше.

Поле напряжений (ось $\sigma_1-290-295^\circ$, ось $\sigma_3-20-25^\circ$, σ_2-L), установленное на участке Щербак, повторяет второе по порядку поле Новоград-Волынского массива, поэтому может быть принято в качестве одного из раннепротерозойских полей напряжений, характерных для западной части УЩ.

И, наконец, инверсионное поле напряжений (ось $\sigma_1-79^\circ(349^\circ)$, ось $\sigma_3-349^\circ(79^\circ)$, ось σ_2-L), установленное по большому количеству измерений на участке Фурсы – Рачки, как было отмечено, является наиболее ранним из палеопротерозойских полей в бассейне верхнего течения р. Рось.

Литература

- Безвинний В. П., Циба М. М., Донець Г. А. та ін. Державна геологічна карта України. Центральноросійська серія. Масштаб 1:200000, аркуші: М-36-ХІХ (Біла Церква), М-36-ХХV (Умань). – Київ, Державна геологічна служба, ПДРГП “Північгеологія”.
- Геолого-геофизическая модель Немировско-Кочерровской шовной зоны Украинского щита / [А. В. Анциферов, Е. М. Шеремет, К. Е. Есипчуки др.] ; под ред. А. В. Анциферова; Украинский

- государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский ин-т горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела. – Донецк : Вебер, 2009. – 253 с.
- Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой / под ред. Н. П. Щербака. – Киев : Наук. думка, 2008. – 240 с.
- Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применения при изучении деформаций земной коры Украины / О. Б. Гинтов. – Киев : Феникс, 2005. – 572 с.
- Гинтов О. Б. Проблемы геодинамики Украинского щита в докембрии / О. Б. Гинтов // Геофиз. журн. – 2015. – 37, № 5. – С. 3–22.
- Гинтов О. Б. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. I / О. Б. Гинтов, С. В. Мычак // Геофиз. журн. – 2011. – 33, № 3. – С. 102–118.
- Гинтов О. Б. Кинематика формирования Украинского щита в период 1,80 – 1,73 млрд. лет назад по результатам изучения трещиноватости горных пород коростенского и Корсунь-новомиргородского плутонов / О. Б. Гинтов, С. В. Мычак // Геофиз. журн. – 2014. – 33, № 4. – С. 24–36.
- Гинтов О. Б. Напряженные состояния и деформации земной коры центральной части Ингульского мегаблока по материалам тектонофизического изучения Новоукраинского массива / О. Б. Гинтов, С. В. Мычак // Геофиз. журн. – 2011. – 33, № 2. – С. 28–45.
- Глевасский Е. Б. Решение некоторых проблем петрологии и стратиграфии Украинского щита с позиций плитотектоники / Е. Б. Глевасский // Минерал. журн. – 2005. – Т. 27. – № 3. – С. 57–66.
- Зюльцле В. В., Дорковська З. М., Виходцев М. К. та інші. Державна геологічна карта України масштабу 1:200000. Аркуш М-35XXIV (Сквира). Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка) / [К. Ю. Єсипчук, О. Б. Бобров, Степанюк Л. М., М. П. Щербак та ін.]. – К. : УкрДГРІ, 2004. – 30 с.
- Мычак С. В. Деформація гірських порід Уманського, Новоград-Волинського та Новоукраїнського масивів в період 2,02–2,05 млрд років тому за результатами тектонофізичного вивчення / С. В. Мычак // Геодинаміка. – 2014. – № 2 (17). – С. 150–162.
- Мычак С. В. Кинематика формирования западной и центральной частей Украинского щита в период 2,05–2,02 млрд лет назад // Геофиз. журн. – 2015. – 37, № 1. – С. 83–99.
- Щербак І. Б. Петрологія Українського щита / І. Б. Щербак. – Львів : ЗУКЦ, 2005. – 366 с.
- Bogdanova S., Gorbatshev R., Grad M., Guterch A., Janik T., Kozlovskaya E., Motuza G., Skridlaite G., Starostenko V., Taran L., 2006. EUROBRIDGE: New insight into the geodynamic evolution of the East European Craton In: Gee D.G., Stephenson R. A. (Eds.), European Lithosphere Dynamics. Geological Society, London, Memoirs, 32. Geological Society London, P. 599–628.
- Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R., Kheraskova T. N., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Volozh Y. A., 2008. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia Precambrian Research 160, 23–45.
- Bogdanova S., Gintov O., Kurlovich D., Lubnina N., Nilsson M., Orlyuk M., Pashkevich I., Shumlyansky L., Starostenko V. 2012. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). Lithos 174, 196–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2012.11.002>.
- Elming S. A., Mikhailova N. P., Kravchenko S. 2001, Palaeomagnetism of Proterozoic rocks from the Ukrainian Shield: new tectonic reconstructions of the Ukrainian and Fennoscandian shields // Tectonophysics. – Vol. 339. – p. 19–38, doi: 10.1016/S0040-1951(01)00032-4.
- Elming S. A., Kravchenko S. N., Layer P., Rusakov O. M., Glevasskaya A. M., Mikhailova N. P., Bachtadze V. Paleomagnetism and $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ age determinations of the Edicarian traps from the southwestern margin of the East European Craton, Ukraine: Relevance to the Rodinian Breakup. // J. Geol. Soc. 2006, 162(6), 131–133.
- Skempton A. W. Some observations on tectonic shear zones // Proc. I Int. Congr. Rock Mech. – 1966. – 1. – P. 55–58.

С. В. МИЧАК¹, С. І. КУРИЛО², В. М. БЕЛЬСЬКИЙ², А. В. МУРОВСЬКА¹

¹ Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, пр. Палладіна, 32, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (097) 6884656, ел. пошта: sergiimychak@gmail.com, murovskaya@gmail.com

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України, пр. Палладіна, 34, Київ-142, Україна, 03680, ел. пошта: kurylo.sergiy@gmail.com, belskyi.vm@gmail.com

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН РОСІНСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА НА ДІЛЯНЦІ ВЕРХНЬОЇ ТЕЧІЇ Р. РОСЬ (ФУРСИ-БОРЩАГІВКА)

Метою цієї роботи є тектонофізичні вивчення земної кори території верхньої течії р. Рось, супроводжуване петрологічними й ізотопно-геохімічними дослідженнями гірських порід, для подальшої побудови геодинамічної моделі західної частини Українського щита (УЩ). До останнього часу ця частина УЩ була найменш вивчена геолого-геофізичними методами. Наведено нові результати

тектонфізичного і геологічного вивчення верхньої частини земної кори зазначеної території, виконані в 2015 р. **Методика.** Польові тектонфізичні дослідження виконані структурно-парагенетичним методом тектонфізики для I–II рівнів глибинності. Для побудови стереограм тріщинуватості застосовували програму Stereonet 32 (K. Röllner, C. Trepmann). **Результати.** Наведено результати тектонфізичного аналізу крихкої тріщинуватості гірських порід. Вважаємо, що вивчені тріщини окремо формувалися під час охолодження інтрузивних масивів і/або за подальшої деформації в разі їх впровадження. Для гірських порід вивченої території характерними є зсувні деформаційні режими. Причому спостерігається чергування режимів субширотного і субмеридіонального стиснення. Відповідно до наших результатів значна частина тріщин у межах дослідженої території співвідноситься з етапами формування та активізації Немирівської зони розломів. На ділянці с. Кашперівка – Борщагівка реконструйоване поле напружень аналогічно переважному полю напруг Новоград-Волинського та Уманського масивів, що відображає їхню деформацію ~ 205 млрд років тому. **Наукова новизна.** Вперше вивчено напружено-деформований стан кристалічних гірських порід у верхній течії р. Рось, що дає уявлення про деформації земної кори західної частини УЩ у ранньому протерозої і має важливе значення для побудови геодинамічної моделі регіону. **Практичне значення.** Побудова геодинамічної моделі необхідно для подальших інженерно-геологічних досліджень і складання різних картографічних документів.

Ключові слова: деформації; поля напружень; зони розломів; геодинаміка; Росинський мегаблок; Український щит.

S. MYCHAK¹, S. KURYLO², V. BELSKYI², A. MUROVSKAYA¹

¹ S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 32, Palladina avenue, Kyiv, Ukraine, 03680, tel. +38 (097) 6884656, e-mail: sergiimychak@gmail.com, murovskaya@gmail.com

² M. P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34, Palladina avenue, Kyiv-142, Ukraine, 03680, e-mail: kurylo.sergiy@gmail.com, belskyi.vm@gmail.com

STRESS-STRAIN STATE OF ROSYNSK BLOCK OF THE SHIELD FOR UPSTREAM OF THE ROS' RIVER (FURSY – BORSCHAHIVKA)

The **purpose** of this work is to fulfill tectonophysical study of the Earth's crust of the area of the river Ros upstream, followed by the petrological and isotope-geochemical study of rocks for the subsequent construction of geodynamic model of the western part of the Ukrainian shield (USH). Until recently, this part of the USH was the least studied using geological and geophysical methods. This article presents new results of tectonophysical and geological study of the area upper crust, performed in 2015. **Methodology.** Tectonophysical field studies were carried out using the structural and paragenetic method to I–II levels of depth. In processing and interpreting of the paragenetic related fractures the structurally paragenetic method and the program Stereonet 32 by K. Ruller and K. Trepmann was applied. **Results.** The paper presents the results of the tectonophysical study of rock brittle fractures. We assume the studied fractures of jointing to be formed during the cooling intrusive massifs and / or during the subsequent deformation during their implementation. Within the study area the strike-slip deformation regimes are characteristic. Moreover, there is an alternation of W-E and N-S compression regimes. In accordance with our results significant portion of fractures within the study area corresponds to the stages of formation and activation of the Nemirovskaya fault zone. In the area of Kashperovka – Borshhagivka reconstructed stress field is similar to the prevailing stress field within the Novograd-Volyn and Uman massifs, reflecting their deformation ~ 2.05 billion years ago. **Originality.** For the first time the stress-strain state of crystalline rocks upstream of the river Ros was studied, which gives an idea of crustal deformation in the western part of the Ukrainian Shield in the Early Proterozoic time and are important for the construction of geodynamic model of the region. **Practical significance.** Construction of geodynamic model is necessary for further geotechnical investigations and preparation of various types of cartographic documents.

Key words: deformations; stress field; faults zones; geodynamics; Rosynsk block; Ukrainian shield.

REFERENCES

- Bezvyunnyy V. P., Tsyba M. M., Donets' H. A. et.al. Derzhavna heolohichna karta Ukrayiny. Tsentral'noukrayins'ka seriya. Masshtab 1:200 000, arkushi: M-36-XIX (Bila Tserkva), M-36-XXV (Uman') [State geological map of Ukraine. Central Ukrainian series. Scale 1: 200 000 sheets: M-36-XIX (Bila Tserkva), M-36-XXV (Uman')]. Kyiv, State Geological Service, PDRHP "Pivnichgeologiya".
- Bogdanova S., Gorbatshev R., Grad M., Guterch A., Janik T., Kozlovskaya E., Motuza G., Skridlaite G., Starostenko V., Taran L., 2006. EUROBRIDGE: New insight into the geodynamic evolution of the East European Craton In: Gee, D.G., Stephenson, R.A. (Eds.), European Lithosphere Dynamics, Geological Society, London, Memoirs, 32. Geological Society London, pp. 599–628.
- Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R., Kheraskova T. N., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Volozh Y. A., 2008. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia Precambrian Research 160, pp. 23–45.

- Bogdanova S., Gintov O., Kurlovich D., Lubnina N., Nilsson M., Orlyuk M., Pashkevich I., Shumlyansky L., Starostenko V. 2012. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos* 174, 196–216. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2012.11.002>.
- Elming S. A., Mikhailova N. P., Kravchenko S. N. 2001, Palaeomagnetism of Proterozoic rocks from the Ukrainian Shield: new tectonic reconstructions of the Ukrainian and Fennoscandian shields: *Tectonophysics*, vol. 339, pp. 19–38, doi: 10.1016/S0040-1951(01)00032-4.
- Elming S. A., Kravchenko S. N., Layer P., Rusakov O. M., Glevasskaya A. M., Mikhailova N. P., Bachtadze V. Paleomagnetism and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age determinations of the Edicarian traps from the southwestern margin of the East European Craton, Ukraine: Relevance to the Rodinian Breakup. *J. Geol. Soc.* 2006, 162(6), pp. 131–133.
- Geohronologiya rannego dokembriya Ukrainskogo schita. Proterozoi* [Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian shield. Proterozoic]. Kyiv, Naukova dumka, 2008, 240 p.
- Gintov O. B. *Polevaya tectonofizika i ee primenenie pri izuchenii deformatsiy zemnoy kori Ukrainy* [Field tectonophysics and its application in the study of crustal deformation of Ukraine]. Feniks. Kyiv. 2005. 572 p.
- Gintov O. B. *Problemy heodynamiky Ukraynskoho shchyta v dokembrii* [Problems of the Ukrainian shield in the Precambrian geodynamics]. *Geophysical Journal*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 3–22.
- Gintov O. B. *Shema periodizatsii etapov razlomoobrazovaniya v zemnoy kore Ukrainskogo shita – novye dannye I isledovaniya* [The scheme of periodization phases of faulting in the crust of the Ukrainian Shield - the new data and investigation.]. *Geophysical Journal*, 2014, vol. 36, no. 1, pp. 3–18.
- Gintov O. B., Mychak S. V. *Heodynamicheskoe razvitye Inhul'skogo mehabloka Ukraynskoho shchyta po heoloho-heofyzicheskym y tektonofyzicheskym dannym. I* [Geodynamic development Ingul block Ukrainian shield according to geological and geophysical and tectonic data. I]. *Geophysical Journal*, 2011, vol. 33, no. 3, pp. 102–118.
- Gintov O. B., Mychak S. V. *Kinematika formirovaniya Ukrainskogo shita v period 1, 80 – 1,73 mlrd let nazad po rezul'tatam izycheniya treshinovatosti gornyh porod Korostenskogo i Korsun'-Novomirgorodskogo plutonov* [Kinematics of the formation of the Ukrainian shield in the period 1, 80 - 1.73 Ga as a result of the study of fracturing rocks Korosten and Korsun-Novomirgorod plutons.] *Geofizicheskii zhurnal Geophysical Journal*, 2014, vol. 36, no. 4, pp. 24–36.
- Gintov O. B., Mychak S. V. *Napryazennyye sostoyaniya i deformatsii zemnoi kory centralnoy chasti Ingul'skogo mehabloka po materialam Tectonofizicheskogo izucheniya Novoukrainskogo massiva* [The stress state and deformation of the crust of the central part of the Ingul block materials tectonophysical study Novoukrainsk massif]. *Geophysical Journal*, 2011, vol. 33, no. 2, pp. 28–45.
- Gintov O. B., Mychak S. V. *Napryazennyye sostoyaniya i deformatsii zemnoi kory centralnoy chasti Ingul'skogo mehabloka po materialam Tectonofizicheskogo izucheniya Novoukrainskogo massiva* [The stress state and deformation of the crust of the central part of the Ingul block materials tectonophysical study Novoukrainsk massif]. *Geophysical Journal*, 2011, vol. 33, no. 2, pp. 28–45.
- A.V. Antsyferov, E.M. Sheremet, K.E. Espychuky. *Geologo-heofyzicheskaya model' Nemyrovsko-Kocherovskoy shovnoy zoni Ukraynskoho shchyta* [Geological and geophysical model Nemirovskaya-Kocharovskaya seam zoni Ukrainian shield], *Ukrainian State Research and Design Institute of Mining Geology, Geomechanics and Mine Surveying*. Donetsk: Publishing House “Weber”, 200, 253 p.
- Hlevassky E. B. *Reshenye nekotorykh problem petrologiy y stratyografyy Ukraynskoho shchyta s pozytsyyi plytotektoniky* [The solution of some problems of petrology and stratigraphy of the Ukrainian shield from the standpoint of plate tectonics.]. *Mineralogical Journal*. 2005, T. 27, no. 3, pp. 57–66.
- K. Y. Yesypchuk, O. B. Bobrov, Stepanyuk L. M., M. P. Shcherbak ta in. *Korelyatsiyna khronostratyhrafichna skhema ranego dokembriyu Ukrayins'kogo shchyta (poyasnyval'na zapyska)* [Correlation scheme hronostratyhrafichna Early Precambrian Ukrainian Shield (explanatory note)]. Kyiv: UkrDHRI, 2004, 30 p.
- Mychak S. V. *Deformatsiya hirs'kykh porid Umans'koho, Novohrad-Volyns'koho ta Novoukrayins'koho masyviv v period 2,02-2,05 mlrd rokiv tomu za rezul'tatamy tektonofizychnoho vyvchennya* [Deformation rocks Uman, Novograd-Volynsk and Novoukrainsk massif between 2,02-2,05 Ga tectonic research]. “*Geodynamics*” no. 2 (17), 2014, pp. 150–162
- Mychak S. V. *Kynematyka formirovaniya zapadnoy i tsentral'noy chastey Ukraynskoho shchyta v peryod 2,05-2,02 mlrd let nazad* [Kinematics of formations of the western and central parts of the Ukrainian shield between 2.05-2.02 Ga ago]. *Geofizicheskii zhurnal - Geophysical Journal*. 2015, vol. 37, no 1, pp. 83–99.
- Shcherbakov I. B. *Petrologiya Ukraynskoho shchyta* [Petrology Ukrainian shield]. Lviv: ZUKTs, 2005, 366 p.
- Zyul'tse V. V., Dorkov'ska Z. M., Vykhotsev M. K. ta in. *Derzhavna heolohichna karta Ukrayiny masshtabu arkusha 1:200000 M-35XXIV (Skvyra)* [Ukraine State Geological map sheet scale 1: 200,000 L-35 XXIV (Skvyra)]. *Central Ukrainian series*. Kyiv, the State Committee for Natural Resources of Ukraine, the State Geological Service, PDRHP “Pivnichgeologiya”, 135 p.
- Skempton A. W. Some observations on tectonic shear zones. *Proc. I Int. Congr. Rock Mech.* 1966, 1, pp. 55–58.

Надійшла 17.10. 2016 p.