

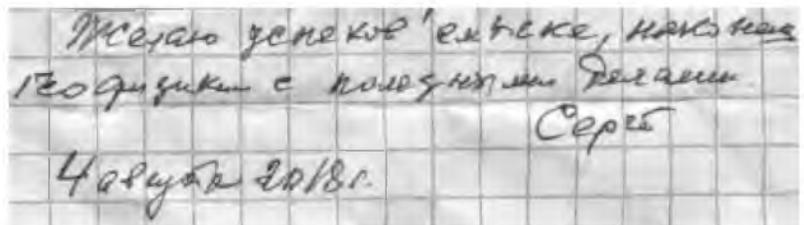
О связи редкоземельной, редкометалльной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 1

С. В. Нечаев, О. Б. Гинтов, С. В. Мычак, 2019

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Украина, Киев
Поступила 30 ноября 2018 г.

У цій першій статті з циклу про зв'язок металогенії та розломно-блокової тектоніки Українського щита узагальнено дані щодо хіміко-мінерального складу і точного місцеположення родовищ, рудопроявів і точок підвищеної рідкісноземельно-рідкіснометалевої та золоторудної мінералізації, які об'єднано у вісім груп: TR, U і Th, W і Mo, Be і Sn, Ta, Nb та інші рідкісні метали, циркон і монацит (Zr), Au, F. Ці дані зіставлено зі схемою розломно-блокової структури щита, побудованою за результатами тектонофізичних досліджень. Наведено детальну характеристику зон розломів УЩ і показано, що багато з них складені пакетами будинованого і катаклазованого строкатого комплексу: метаморфізованими базитами і ультрабазитами, кальцифірами, кварцитами, гнейсами, слюдитами, скарнами, плагіоклазитами, кварц-польовошпатовими породами і зонами окварцування. Утворення таких пакетів строкатого комплексу пов'язане із зсувними процесами в широких (від 7 до 20 км) зонах розломів, які супроводжуються тектонічним розшаруванням порід фундаменту, динамометаморфізмом, діафторезом, метасоматозом та ін. Установлено, що 94 % усіх родовищ і рудопроявів розміщуються в межах зон розломів, площа яких займає близько 22 % площі Українського щита. Розглянуто вік закладання зон розломів щита і співвідношення з часом формування рудної мінералізації. Підкреслено, що породні комплекси докембрійських розломів виведені на поверхню зі значних глибин і визначаються умовами глибинного стрес-метаморфізму і гранітизації при зсувах, тому їх не можна зіставляти з комплексами сучасних розломів, проте структурні парагенези докембрійських розломів за геометричними співвідношеннями близькі до встановлених за результатами фізичних експериментів на крихкопластичних і пластичних матеріалах. Уточнення відомих металогенічних карт Українського щита дає змогу у 4—5 разів скоротити першочергові площі при плануванні майбутніх картувально-пошукових робіт на розглянуті групи родовищ.

Ключові слова: рудопрояви, зони розломів, металогенія, Український щит.



Вместо предисловия. Идея данного исследования принадлежит второму автору, предложившему тектоническую основу и заинтересовавшего первого — геолога-поисковика — более конкретным подходом

к разработке критериев оценки рудоносности регионов Украинского щита (УЩ).

Напомним, что начало такого рода исследований было положено еще в 60-е годы прошлого столетия в отделе геологии

рудных месторождений Института геологических наук НАН Украины под руководством академика Н. П. Семененко. Результаты их изложены в коллективной монографии [Критерии ..., 1975]. В качестве критериев прогнозирования рассмотрены геохимические эпохи (девять докембрийских эпох) и провинции, геохронологическое датирование рудной минерализации — пять мегациклов для докембрия от 3500 до 550 млн лет назад (датировки мегациклов от докембрия I до докембрия V, полученные 40 лет назад, сейчас, возможно, были бы несколько уточнены), свидетельствующее о ее полицикличности; подчеркнуто важное рудоконтролирующее значение региональных разломов и роль метасоматических процессов в рудообразовании. В главе V "Структурно-геологический контроль рудных областей, зон и полей" выделены тектонические элементы УЩ и их рудоконтролирующая роль на основе блоковой делимости щита на Волынский, Белоцерковский, Подольский, Кировоградский, Днепровский, Приазовский мегаблоки.

Сосредоточенность внимания в предлагаемой статье на редкоземельной, редкометальной и золоторудной минерализации согласуется с парагенетическими рудными рядами (ассоциациями), выделенными Н. П. Семененко [Критерии ..., 1975], не касаясь урана. Николай Пантелеймонович строго соблюдал узаконенную "монополию" Отделения металлогении, руководимого Я. Н. Белевцевым, обосновав и выделив парагенетический, "вредный для урана" редкоземельно-ториевый рудный ряд (ассоциацию), отнесенный через 20 лет к так называемой калий-урановой формации [Генетические ..., 1995], хотя она менее всего урановая [Кононов, Нечаев, 1961; Нечаев, Кононов, 1963].

Вообще, связанное с секретностью сосредоточение урановой отрасли и урановой тематики в рамках одной организации (Кировская экспедиция) и узкого круга ученых имело отрицательные последствия как для объективности информации о создании минерально-сырьевой базы

урана в Украине (см. [Нечаев, 2012а, б]), так и для поисков других видов полезных ископаемых УЩ. Это было признано самими сотрудниками Кировской экспедиции [Бакаржиев и др., 2015], беда которой состояла в "монометальной специфике поисковых работ, в результате чего пропускались редкометалльные и золоторудные объекты". По-сути, ученым-энтузиастам приходилось по крупницам собирать металлогеническую информацию в обнажениях кристаллических горных пород и в картировочных скважинах, глубина которых намного уступала объему бурения и глубине скважин Кировской экспедиции.

Однако уже к 1975 г. Н. П. Семененко и его сотрудниками, в связи с разработкой критериев прогнозирования, была создана фундаментальная научная база *парагенетических рудных ассоциаций*, которые содержат и рассматриваемую в данной статье эндогенную редкоземельную, редкометальную и золоторудную минерализацию. Профессиональный долг призывает напомнить об этой научной базе.

— *Парагенетический редкоземельно-ториевый ряд*, в котором концентрации редких земель связаны главным образом с монацитовой минерализацией, в меньшей мере с ксенотимом, ортитом, паризитом, бритолином, пирохлором и др. Соответственно, выделяются такие редкоземельные ассоциации: монацитовая в пегматитах, генетически связанная с красными гранитами в чарнокитах (докембрий II); ксенотимовая, проявляемая в биотитовых метасоматитах среди мигматитов Побужья (докембрий II); паризитовая с флюоритом в карбонатных метасоматитах Приазовья; ортитовая в "базавлукитах" — метасоматитах Токовского массива (докембрий II).

— *Парагенетический ряд тантал-ниобиевый* с цирконием, редкими землями и фтором представлен ассоциациями, связанными с процессами высокотемпературного щелочного метасоматоза и грейзенизации гранитов, пегматитов и щелочных сиенитов. В Приазовье тантал-нио-

биевая пироклоровая ассоциация с цирконием и редкими землями (в бритолиите) развита в альбитизированных мариуполитах Октябрьского и Малотерсянского массивов (докембрий IV), а тантал-ниобиевая колумбит-танталитовая ассоциация с оловом, бериллием, фтором, литием, рубидием и цезием встречается в грейзенизированных гранитах Екатерининского, Каменномогильского и Стародубовского массивов (докембрий IV), распространена в Пержанской зоне (докембрий IV) и Кременчугском районе УЩ (докембрий II).

– *Парагенетический бериллиевый ряд* с цинком, кадмием, оловом и редкими землями генетически связан с калишпатовым фторовым метасоматозом, сменяющимся во времени альбитизацией и грейзенизацией, несущими ниобий, тантал и олово. Этот сложный парагенетический ряд представлен ассоциациями: гентгельвиновой с фенакитом и эвклазом, берилл-хризоберилловой, встречающимися в гранитах и пегматитах Приазовья (докембрий IV), а также акцессорной берилл-бавенитовой, развитой среди трахитизированных (калишпатизированных) вулканитов зоны сочленения УЩ с Донбассом (верхний палеозой). Отнесение к фторовому ряду флюоритовой минерализации в песчаниках Приднестровья (докембрий V) оказалось ошибочным [Нечаев, 1974].

– *Парагенетический ряд вольфрам-молибденовый* с медью, цинком, висмутом, золотом, литием, рубидием, стронцием, фтором представлен рядом ассоциациями, связанными с грейзеновым, кварц-полевошпатовым и кварцевым метасоматозом и выщелачиванием. Молибден-кремнивая ассоциация с медью проявлена в кварцевых, кварц-полевошпатовых, кварц-эпидотовых метасоматических зонах в Кременчугском районе и Мотринской полосе (докембрий II), а также в Апостоловском районе (докембрий IV); вольфрамит-кварц-шеелитовая рудная ассоциация развита в окварцованных зонах метабазитов Кременчугского района и в окварцованных амфиболитах в Соленовском райо-

не (докембрий II); молибден-кварцевая с висмутом рудная ассоциация проявилась в окварцованных зонах Сурского и Верховцевского зеленокаменных массивов (докембрий II).

– *Парагенетические золоторудные ряды* представлены широкой гаммой рудных ассоциаций, образовавшихся в разные геохимические эпохи. Золото-сульфидная ассоциация была выявлена в березитах и празинитах Сурского и Верховцевского рудных районов (докембрий II), а также приурочена к зонам сульфидного метасоматоза в Криворожском рудном районе (докембрий III); золото-медно-сульфидная минерализация установлена в метасоматитах Западно-Ингулецкой зоны, а золото-сульфидно-сурьмяно-мышьяковая связана с карбонатными жилами в пропилитах Верховцевского района (докембрий II).

Как будет показано в дальнейшем, все эти парагенетические рудные ряды (с добавлением урановых) сохраняют свое фундаментальное значение до настоящего времени [Нечаев и др., 2005б].

За прошедшие четыре десятка лет перечисленные парагенетические ряды пополнились в вещественном аспекте за счет геолого-съёмочных и поисковых работ Геологической службы Украины, перехода Кировской экспедиции на общий геолого-поисковый профиль работ, а также благодаря созданию в 1969 г. под руководством Н.П. Семененко Института геохимии и физики минералов (ИГФМ НАН Украины), в последствии переименованного в Институт геохимии, минералогии и рудообразования (ИГМиР НАН Украины). В задачу последнего входило, кроме выполнения академической тематики, научное сопровождение поисково-разведочных работ, проводимых Геологической службой Украины. В частности, в следствии такого научного сопровождения в пределах УЩ были открыты новые рудные районы (Шполяно-Ташлыкский редкометалльный) и рудные поля (Савранское золоторудное) [Нечаев и др., 1991; Бобров и др., 1997; Нечаев, Бондаренко, 1997].

В 90-х годах прошлого века значительная часть задач, возлагавшихся на ИГМР НАН Украины, была передана в Украинский научно-исследовательский геологоразведочный институт (УкрНИГРИ). К началу нынешнего столетия там была проделана большая работа [Пастухов, Нечаев, 2001; Nechaev, Pastukhov, 2001; Комплексна ..., 2002] по анализу имеющихся фактических данных о месторождениях и рудопроявлениях редких металлов в пределах УЩ и составлению Прогнозно-металлогенической карты редкометалльного оруденения (ПМКРО) УЩ масштаба 1 : 500 000 [Нечаев та ін., 2005]. Были выделены металлогенические подразделения в ранге субпровинций, областей, рудных и рудоносных полей (рис. 1); установлены пространственно-возрастные соотношения редкометалльной минерализации с вмещающими породными комплексами и их возрастной последовательностью, а также минералого-геохимические закономерности пространственного размещения оруденения определенных вещественно-генетических типов, в связи с чем рекомендованы площади для постановки геолого-прогнозного картирования масштаба 1 : 50 000 и участки для поисковых работ.

Структурно эти площади и участки привязывались к существовавшей на то время геологической основе и утвержденной научно-редакционным советом УкрНИГРИ концепции мегаблокового строения УЩ [Дранник и др., 2003]. Особое внимание было обращено на установленные геофизиками секущие щит трансрегиональные линеаменты В, Г, Д, Е, Херсон—Смоленск и Донецк—Брянск [Чекунов, Кучма, 1980; Соллогуб, 1986; Чекунов и др., 1989; Гинтов, Пашкевич, 2010, рис. 2, а], которые В.Б. Соллогубом были отнесены к категории астеносферных (рис. 2). Авторы ПМКРО пришли к выводу, что эти линеаменты делят УЩ на регионы, различающиеся своей металлогенической (редкометалльной) специализацией и многие рудные и рудоносные поля располагаются на "крыльях" этих линеаментов.

Уже давно известно, что большинство месторождений рудных полезных ископаемых УЩ размещены в зонах разломов. В рассмотренной выше работе связь редкометалльных месторождений и рудопроявлений с разломами эпизодически упоминается. Однако эта связь является слишком общей для использования ее в качестве поискового признака на конкретные типы руд и районы их размещения. Необходимо более точные сведения о параметрах, внутренней структуре, зонах влияния и, главное, кинематике разломов, в которых обнаружено то или иное оруденение.

Настоящая статья, как представляется авторам, послужит началом такому этапу прогнозно-металлогенического анализа, в котором делается попытка увязать установленные рудные и рудоносные поля в первую очередь с зонами разломов УЩ, их параметрами, внутренней структурой и морфокинематическими характеристиками. В ней дается общее представление о характере связи оруденений с конкретными зонами разломов УЩ. В следующих статьях на примере нескольких рудных полей и месторождений, располагающихся в детально изученных зонах разломов, будет показано влияние внутренней структуры и кинематики этих зон на формирование оруденения¹.

Необходимо отметить, что первый автор этой статьи всегда серьезно относился к геофизическим материалам и старался увязать с ними свои представления о процессах рудогенеза. Его взгляды эволюционизировали по мере появления новых геофизических данных, о чем свидетельствуют такие его основные работы, как "Эволюция процессов рудогенеза в структурах Украинского щита" [Нечаев, 1990], "Очерк металлогении и эво-

¹ Настоящая статья написана еще при жизни С.В. Нечаева и весь текст от первой до последней фразы согласован всеми авторами. В следующих статьях будут использованы специально написанные для них заметки Сергея Валентиновича, поэтому он является их полноправным соавтором.

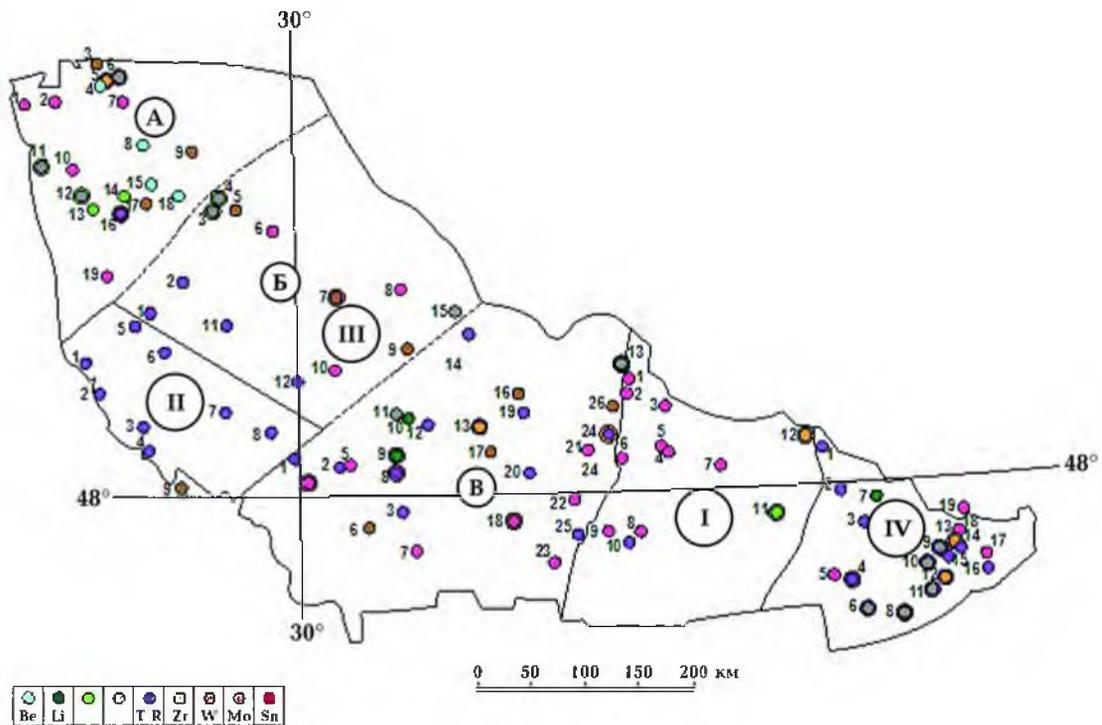


Рис. 1. Металлогенические субпровинции (специализация в порядке относительного понижения приоритета), по [Нечаев та ін., 2005]: I — Днепро́вская (Mo, Ta-Nb, TR); II — Подо́льская (TR, Zr); III — Центра́льно-Украи́нская в составе металлогенических областей (A — Во́лыньской (Be, W-Sn, TR-Zr, Ta-Nb, Mo, Li-Rb-Cs), Б — Роси́нско-Ти́кичской (W, Ta-Nb, Mo, TR, Be, Sn), В — Ки́ровоградской (Li, Ta-Nb, Rb-Cs, TR, Zr, Sc, Mo, W, Be, Sn); IV — Приазо́вская (TR, Zr, Ta-Nb, Li, Mo, W, Be, Sn). Цвета внутри кружков отражают ведущую редкометалльную специализацию (таблица внизу рисунка). Второстепенная или сопутствующая минерализация показана внешним цветным контуром.

люция рудообразования в земной коре Украины" [Нечаев и др., 2005б], "Минерогеническая зональность центральной части Украинского щита и некоторые общегеологические следствия ее изучения" [Нечаев, 2012а, б]. В первой из них автор связывал рудоносные формации переработанных архейских блоков с приразломными "троговыми" структурами, заполненными крутопадающими *тектоническими пакетами* будинированного пестрого комплекса: метаморфизованными базитами и ультрабазитами, кальцифирами, кварцитами, гнейсами, слюдитами, скарнами, плагиоклазитами, кварц-полевошпатовыми породами и зонами окварцевания. Во второй работе эти пакеты уже связывались просто с разломами, а после выхода монографии "Полевая тектонофизика ..." [Гинтов, 2005], автор убе-

дился, что образование таких пакетов пестрого комплекса следует связывать со сдвиговыми процессами в широких зонах разломов, сопровождаемыми тектонической расслоенностью пород фундамента, динамометаморфизмом, диафторезом, метасоматозом и др.

Принципы сопоставления прогнозно-металлогенических и тектонофизических материалов. В основу настоящей статьи положены разработки авторов и их коллег при составлении упомянутой выше ПМКРО УЩ масштаба 1 : 500 000 и карты разломно-блоковой структуры УЩ масштаба 1 : 1 000 000. Последняя была составлена О.Б. Гинтовым в 2002 г. и использована при разработке Геофизической основы Тектонической карты Украины масштаба 1 : 1 000 000 [Єнтін та ін., 2002], а в схематизированном виде опубли-

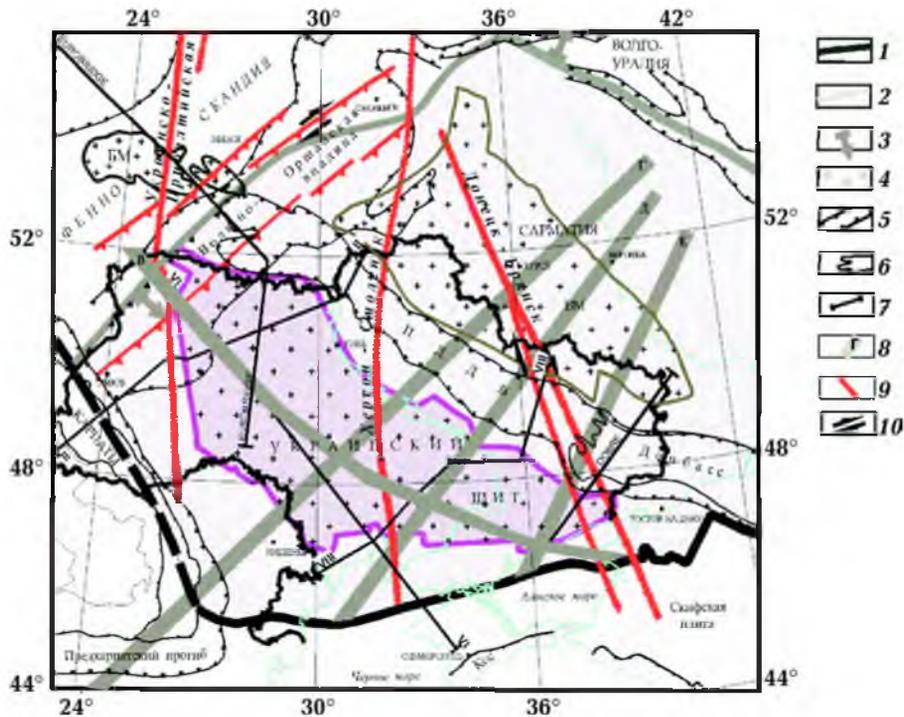


Рис. 2. Обзорная карта района исследований: 1 — граница Восточно-Европейской платформы, 2 — границы между надструктурными элементами ВЕП — Фенно-скандией, Сарматией и Волго-Уралией, по [Bogdanova et al., 1996], 3 — направления падения зон сочленения сегментов ВЕП, 4 — УЩ, БКМ, ВКМ, 5 — платформенные наложенные авлакогены и впадины, 6 — граница Донбасса, 7 — геотрансекты и международные трансекты ГСЗ, 8 — литосферные линеаменты, 9 — трансрегиональные тектонические швы Херсон—Смоленск и Донецк—Брянск, 10 — направления сдвигов.

ликована в монографии [Гинтов, 2005].
Использованные при ее составлении геолого-геофизические критерии подробно изложены в работах [Гинтов, Исай, 1988; Єнтін та ін., 2002; Гинтов, 2005; Гинтов, Пашкевич, 2010; Гинтов и др., 2017]. В данной работе схема (рис. 3) дополнена трансрегиональной шовной зоной Херсон—Смоленск, которая пересекает в субмеридиональном направлении Восточно-Европейскую платформу и делит УЩ на западную и восточную части.

Со времени публикации обеих рассматриваемых карт прошло около 15 лет. За это время и металлогеническая, и тектонофизическая нагрузка карт была, возможно, несколько дополнена. Однако авторы решили ограничиться данными, показанными именно на этих картах (с незначительными дополнениями), так как

они принимали самое активное участие в их составлении и несут ответственность за всю информацию, показанную на них.

Для дальнейшего изложения будет полезно напомнить некоторые сведения о внутреннем строении зон разломов УЩ, важные в нашем конкретном случае для структурной привязки рудопроявлений [Гинтов, 2005].

— Подавляющее количество разломов УЩ являются сдвиговыми (в широком смысле) структурами (shear zone), поэтому к ним применимы представления и терминология, принятые в тектонофизике [Гзовский, 1975; Стоянов, 1977 и др.] для механизмов формирования сдвиговых разрывных зон.

— Основная единица или структура 1-го порядка в таком механизме — зона скальвания, т. е. элементарный разлом ши-

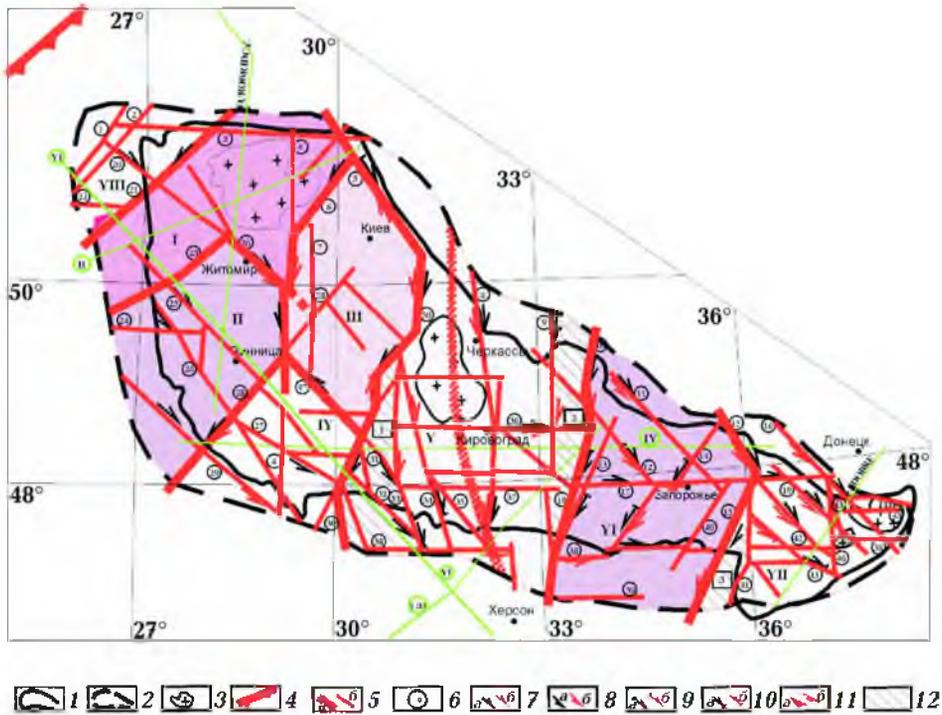
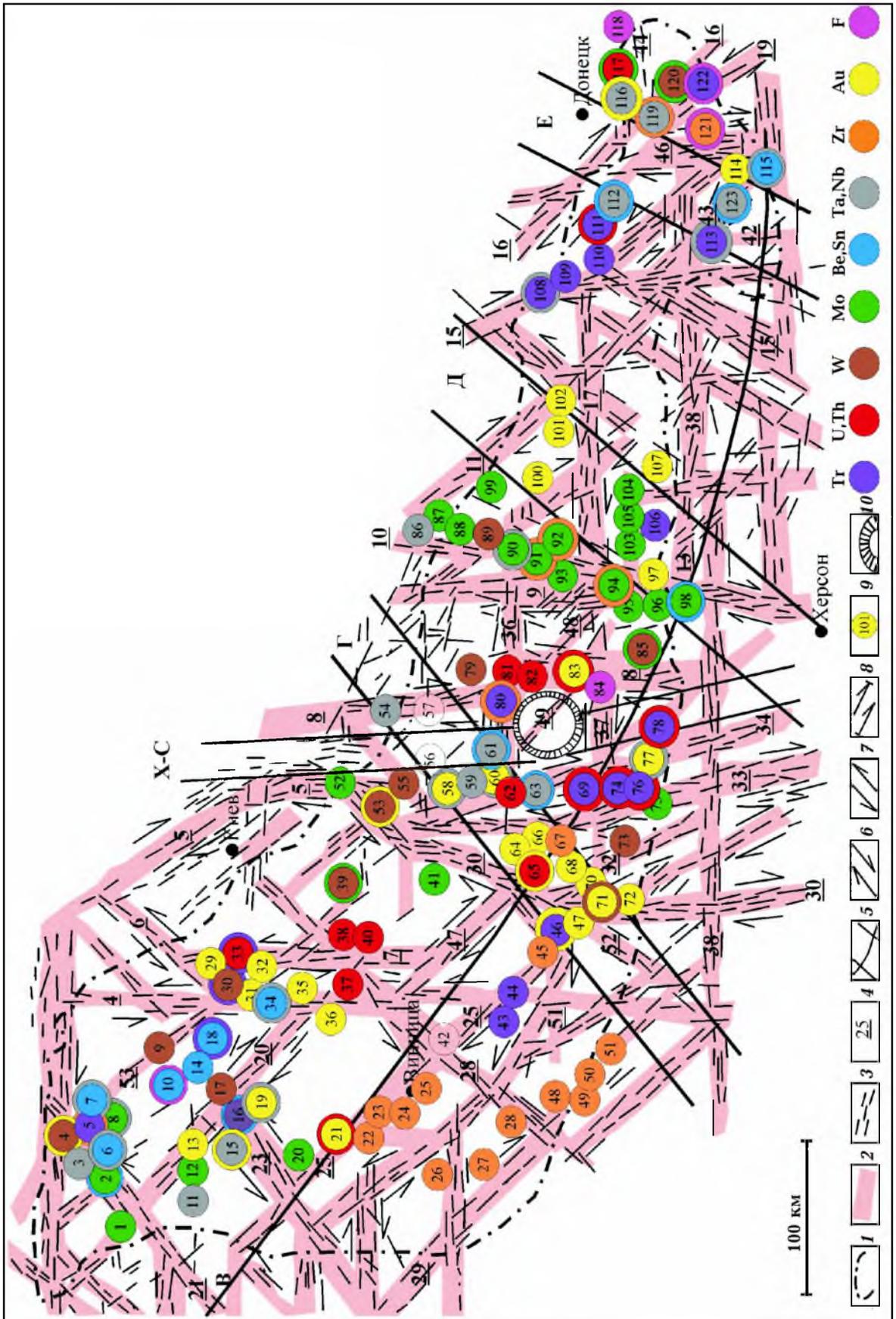


Рис. 3. Схема основных зон разломов Украинского щита и его склонов: 1 — контур обнаженной части щита; 2 — контур склонов щита, в пределах которых прослеживаются складчатые и разрывные структуры докембрийского фундамента по геофизическим данным; 3 — плутоны и крупные интрузивные массивы гранитоидов; 4 — северо-западная граница зоны сочленения между Сарматией и Фенноскандией; 5 — зоны разломов (а — межмегаблоковые, б — внутримегаблоковые); 6 — номера зон разломов; 7—11 — кинематические знаки (7 — правый сдвиг (а — во время заложения, б — во время главной фазы активизации), 8 — левый сдвиг (а и б — то же, что и в 7), 9 — взбросо-сдвиг (а и б — то же, что и в 7), 10 — сбросо-сдвиг (а и б — то же, что и в 7), 11 — взброс (а) и сброс (б); 12 — шовные зоны (цифры в квадратиках): 1 — Голованевская, 2 — Ингулецко-Криворожская, 3 — Орехово-Павлоградская. Мегаблоки: I — Волинский; II — Подольский; III — Росинский; IV — Бугский; V — Ингульский; VI — Среднеприднепровский; VII — Приазовский; VIII — Волыно-Полесский вулcano-плутонический пояс. Красной косой штриховкой показан трансрегиональный шов Херсон—Смоленск. Зоны разломов (цифры в кружках): 1 — Горынская, 2 — Луцкая, 3 — Полесская, 4 — Звиздаль-Залесская, 5 — Ядлов-Трактемировская, 6 — Чернобыльская, 7 — Брусиловская, 8 — Кировоградская, 9 — Западно-Ингулецкая, 10 — Криворожско-Кременчугская, 11 — Днепродзержинская, 12 — Светловодская, 13 — Саксаганская, 14 — Дерезоватская, 15 — Орехово-Павлоградская, 16 — Центрально-Волновахская, 17 — Девладовская, 18 — Малоянисольская, 19 — Кальмиусская, 20 — Сарненско-Варваровская, 21 — Суцано-Пержанская, 22 — Владимир-Волинская, 23 — Тетеревская, 24 — Хмельницкая, 25 — Хмельникская, 26 — Летичевская, 27 — Ободовская, 28 — Немировская, 29 — Подольская, 30 — Тальновская, 31 — Емиловская, 32 — Врадиевская, 33 — Первомайская, 34 — Звенигородско-Братская, 35 — Новоукраинская, 36 — Субботско-Мошоринская, 37 — Бобринецкая, 38 — Конкская, 39 — Горностаевская, 40 — Малоекатериновская, 41 — Азовско-Павловская, 42 — Куйбышевская, 43 — Сорокинская, 44 — Южно-Донбасская, 45 — Верхнекамышевахская, 46 — Центрально-Приазовская, 47 — Дашевская (на рис. 4 и в тексте дополнены зоны разломов 48—53). Остальные условные обозначения на рис. 2.

риной (на УЩ) от нескольких сотен метров до 4—5 км и длиной от первых до первых десятков километров, имеющий постоянные простирание и падение на

всем протяжении. Ее формирование связано с определенным (регулярным) полем тектонических напряжений, поэтому все параметры такой структуры и ее внутрен-



нее строение подчиняются эмпирическим законам геомеханики, установленным в сотнях экспериментов на эквивалентных и светочувствительных материалах, которые выполнялись при начальных условиях четко заданной ориентировки приложенных сил.

— Зона скалывания представлена структурами 2-го порядка — сколами разного типа, трещинами отрыва (структурами растяжения), структурами сжатия — складками и структурами подворота. Подробного описания и классификации этих структур здесь не требуется. Они необходимы при детальном поиске и разведке месторождений. Исключение составляют так называемые эшелонированные сколы, которые состоят из нескольких элементарных сколов и являются переходными структурами к зонам скалывания.

— Зоны скалывания (элементарные разломы, или просто разломы) могут фиксироваться как самостоятельные структуры, но чаще группируются в *зоны разломов* — основной объект исследований в данной работе. Зоны разломов в тектонофизике — надпорядковые структуры, так как они формируются длительное время и в разных полях тектонических напряжений. Поэтому составляющие их зоны скалывания могут иметь разную ориентировку, а сама зона разломов быть либо прямолинейной, либо (чаще всего) состоять из разноориентированных отрезков.

— Образование зон скалывания в пределах УЩ и группирование их в зоны разломов началось в неогархее, наиболее активным было в раннем протерозое, а процессы активизации продолжались вплоть

до кайнозоя. Точно так же распределены во времени и геохимические эпохи рудообразования для УЩ, представленные в монографии [Критерии ..., 1975, с. 9].

— Зоны разломов подразделяются на меж- и внутримегаблоковые. Первые, как правило, более широкие и протяженные и почти всегда продолжают за пределы УЩ.

— Образование зон разломов связывается с геодинамическими процессами и напряженно-деформированным состоянием литосферы, а также такой важной характеристикой, как жесткость или вязкость литосферных блоков: зоны разломов формируются на границах участков литосферы различного петрологического типа и, соответственно, с различными физическими характеристиками. С этим и связана концентрация разломов в зоны. Однотипные блоки объединяются в более крупные структуры — мегаблоки, которые также различаются своими петрологическими и физическими характеристиками и, как правило, не имеют прямой связи с современными контурами УЩ.

— Важно отметить, что докембрийские зоны разломов, как и весь кристаллический фундамент УЩ, выведены на докайнозойскую поверхность с больших глубин, поэтому к ним не применимы *формы проявления* структур, получаемые в моделях на эквивалентных материалах (см., например, [Шерман и др., 1991, 1992, 1994]), но применимы *геометрические и парагенетические* структурные закономерности, установленные в этих моделях. Это нами проверено на многочисленных обнажениях УЩ [Гинтов, Исая, 1988; Шерман и др., 1988].

←

Рис. 4. Схема сопоставления редкоземельной, редкометалльной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита: 1 — контур УЩ; 2 — зоны разломов; 3 — эшелонированные сколы и зоны скалывания; 4 — номера зон разломов (названия см. на рис. 3); 5 — трансрегиональные линеаменты В, Г, Д, Е и трансрегиональная зона раздвига Херсон—Смоленск (Х-С); 6 — правый сдвиг; 7 — левый сдвиг; 8 — взбросо- и сбросо-сдвиг; 9 — номера месторождений и рудопроявлений (названия см. в тексте), цвета внутри кружков — ведущая рудная специализация по рассматриваемым группам; сопутствующая минерализация показана внешним цветным контуром; 10 — центр Кировоградского рудного поля натрий-урановой формации.

В моделях, как и в молодых или современных зонах разломов, формируются в основном трещинные структуры — трещины скалывания и отрыва, а также различные катаклазиты и образующиеся на поверхности моделей приразломные складки. В природных поверхностных условиях такие структуры выражены впадинами, заполненными грубообломочным материалом, водой рек и озер, иногда даже зияющими трещинами, и окруженными холмогорьем или горными цепями, образованными при сдвиге.

На глубине, в условиях высокого всестороннего давления, пластического или вязкого течения горных пород в твердом состоянии, зеленосланцевой и амфиболитовой фации метаморфизма, трещины скалывания превращаются в сколы, выраженные кристаллизационной сланцеватостью, различными типами линейности и полосчатости, мигматитами и гранитогнейсами, часто милонитами и блас-томилонитами, а также псевдотахилитами. Трещины отрыва представлены дайками, гранитными и кварцевыми жилами, пегматитами. Приразломные складки (структуры S- и Z-подворота) на глубине выражены такими же тектонитами, как и сколы, но если в образовании сколов главную роль играли касательные напряжения (простой сдвиг), то для структур подворота — нормальные напряжения, т. е. раздавливание (чистый сдвиг).

Отметим также, что милониты и даже псевдотахилиты могут образовываться в разломах не только вблизи поверхности, как думают некоторые геологи, но и на глубине при резком снижении всестороннего давления. В условиях сдвига это происходит при дополнительном растяжении, при сильно неоднородном прочностном строении зон скалывания и отдельных сколов.

Как видим, внутренняя структура зон скалывания и зон разломов в приповерхностных и глубинных условиях имеет разное вещественное выражение. Однако элементы залегания всех структур и их структурные парагенезы соответству-

ют получаемым при моделировании. Необходимо лишь отметить, что речь идет о так называемых базовых участках структур 2-го порядка, т. е. участках, максимально удаленных от осевой линии зоны скалывания, так как в осевой зоне все структуры (кроме L-сколов) деформируются (изгибаются) при сдвиге. Проследивание базовых участков — наиболее сложная задача в полевой тектонофизике.

Важнейшую роль в глубинных условиях разломообразования играли особенно активные процессы диафтореза, гранитизации и метасоматоза, что способствовало превращению эшелонированных сколов и зон скалывания в мигматито-гранитогнейсовые моноклинали (ГГМ) [Шевчук, 2012; Гинтов, Шевчук, 2017], а также формированию в разломах и зонах их влияния рудных районов и рудных полей редких, цветных и благородных металлов [Нечаев, 2012б; Кировоградский ..., 2013].

При изучении зон разломов УЩ установлены следующие их параметры и характеристики, важные для металлогенического анализа:

- ширина зон разломов достигает 7—25 км;
- глубина как минимум коровая. По сейсмографическим данным, отдельные, в частности межмегаблоковые, зоны разломов проникают в верхнюю мантию на многие десятки километров (правда, первый автор считает, что геологические доказательства глубокого проникновения разломов в мантию отсутствуют, а первоисточником многих рудогенных элементов УЩ является океаническая кора [Нечаев, 1999], т. е. в условиях щита это нижняя часть так называемый "диоритового" и "базальтовый" слои);
- независимо от того, при каком характере напряжений формировались разломы (сжатия или растяжения), они проницаемы для растворов и флюидов, так как слагающие их горные породы претерпели дилатансионное разрыхление;
- практически все зоны разломов испытывали несколько фаз активизации, вплоть до мезозоя;

– смещения крыльев разломов имеют реверсный характер, т. е. во время активизаций направление смещения может изменять свой знак. Эта закономерность особенно важна для процессов рудогенеза, так как при изменении направления смещения приразломные и внутриразломные структуры сжатия становятся структурами растяжения и наоборот;

– возраст зон разломов (время заложения), по [Гинтов, 2014], — ранний протерозой, реже неоархей. В указанной работе сделана попытка дать более конкретный возраст этапов разломообразования (от 2,8 до 1,8 млрд лет назад), в основу чего положен возраст пород кристаллического фундамента, которые деформируются в зонах скалывания.

Однако время заложения зоны разломов, если оно даже определено верно, или, как правило, древнее связанных с ней процессов формирования рудопроявлений и месторождений. Как отмечено в работе [Нечаев та ін., 2005], тенденция привязки возраста оруденения к изотопному возрасту вмещающих горных пород не всегда правильна, так как процесс формирования месторождений многоэтапен и растянут во времени. Например, возрастная диапозон эпигенетической редкометалльной минерализации в пределах УЩ составляет более 2 млрд лет.

В этом плане оказывается полезным применение несправедливо подзабытого К-Аг метода, который, на основании возраста закрытия структур минералов для диффузии аргона из их кристаллических решеток и начала его накопления в амфиболах, фиксирует этапы диафореза в зонах разломов в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций метаморфизма [Пономаренко та ін., 2018].

Металлогеническая часть статьи, как уже отмечалось, основывается на ПМКРО [Нечаев та ін., 2005]. В этой работе редкометалльные объекты УЩ разделены по масштабности на: а) месторождения и рудопроявления, б) проявления рудной минерализации — эндогенные и экзоген-

ные. Далее, эндогенные объекты разделены на семь генетических типов: пегматоидный, пегматитовый, карбонатитовый, скарновый, грейзеновый, гидротермально-метасоматический и гидротермальный. Экзогенные подразделяются на остаточные (в коре выветривания) и рассыпные ближнего сноса — как признак возможного остаточного или коренного оруденения. Кроме того, эндогенные объекты в вещественно-генетическом отношении разделены на две геохимические группы (редкоземельную и редкометалльную) и еще на 15 типов рудных формаций со сложным сочетанием редкоземельных и редкометалльных элементов.

Необходимо подчеркнуть, что составители ПМКРО стремились увязать металлогеническое районирование с утвержденной на то время комиссией НСК Украины докембрийской схемой тектонического районирования УЩ, однако контуры металлогенических субпровинций и областей (см. рис. 1) в западной части щита оказались ближе к геофизической трактовке (см. рис. 3), а именно:

– юго-восточная граница Волынской металлогенической области проходит, как и граница Волынского мегаблока на геофизической схеме, по Тетеревской зоне разломов, а не по Андрушевской;

– Кировоградская металлогеническая область охватывает значительную часть Голованевской шовной зоны (ПШЗ), как и на геофизической схеме ПШЗ входит в соответствующий ей Ингульский мегаблок;

– на металлогенической схеме Подольская металлогеническая субпровинция (область II), включающая и Бугский мегаблок, четко отделена от Росинско-Тикичской области, относимой к Росинскому мегаблоку на геофизической схеме. Это важно потому, что существуют неоднократные попытки объединить Росинский, Бугский и даже часть Ингульского мегаблока в единый Бугско-Росинский мегаблок [Костенко та ін., 2015; Костенко, 2016], что, с нашей точки зрения, неверно.

Обе схемы составлялись независимо друг от друга и их авторы никак не были связаны между собой, поэтому такое совпадение отдельных важных элементов схем свидетельствует о правильности геофизического подхода к мегаблоковому делению УЩ [Снтин та ін., 2002; Гинтов, 2005; Ентин, 2005; Старостенко и др., 2011; Гинтов, Мычак, 2011].

Настоящая статья ориентирована не только на профессиональных металлогенистов и геологов-рудников, но также на геологов общего профиля и геофизиков, поэтому авторы решили пойти по упрощенному пути: начать рассмотрение с разбивки обозначенных в заголовке типов оруденения на ряд типичных для УЩ групп металлов (и неметаллов) и определения, в каких тектонических структурах щита, в первую очередь зонах разломов и их элементах, эти металлы (и неметаллы) встречены. Установленные закономерности могут послужить материалом для дальнейшей детализации прогнозно-поисковых признаков на такие группы полезных ископаемых.

Обозначенный подход не входит в противоречие с методикой, принятой при составлении ПМКРО, а именно со ставкой на поиски металлогенических областей, рудных и рудоносных полей с комплексной минерализацией: при описании участков с выявленной определенной группой металлов указывается и общая металлогеническая ситуация на участке.

Основываясь на материалах ПМКРО, большинство интересующих нас в пределах УЩ металлогенических объектов можно разделить на такие основные группы: 1) редкоземельные элементы (лантаноиды иттриевой и цериевой групп (TR)); 2) радиоактивные элементы уран (U) и торий (Th); редкие металлы; 3) вольфрам (W) и молибден (Mo); 4) бериллий (Be) и олово (Sn); 5) другие редкие металлы — тантал (Ta), ниобий (Nb), литий (Li), рубидий (Rb), цезий (Cs), висмут (Bi) и др.; 6) рудопроявления циркона и монацита (Zr); 7) золото (Au); 8) фтор (F).

Схема, представленная на рис. 1, впо-

следствии была дополнена новыми данными, и на Схеме сопоставления редкоземельной-редкометалльной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой УО (рис. 4, см. с. 10) показано больше месторождений и рудопроявлений перечисленных выше (122 против 98) групп, в связи с чем на рис. 4 они *перенумерованы*. Многие коренные месторождения и рудопроявления являются комплексными, поэтому в статье рассматриваются более 150 разномасштабных объектов, известных авторам в пределах УЩ. Рассыпные месторождения не учитываются, так как они могут быть далеко отнесены от коренных выходов. Номера и названия зон разломов на рис. 4 соответствуют таковым на рис. 3. Не показаны номера тех зон, на которые нет ссылок в тексте. Некоторые внутримегаблочные зоны разломов на рис. 3 не нумеровались (как второстепенные), но впоследствии оказалось, что они играют важную тектоническую и металлогеническую роль, поэтому схема на рис. 4 дополнена следующими номерами зон: 48 — Лелековская, 49 — Нерубаевско-Лозоватская, 50 — Смелянская, 51 — Гайворонская, 52 — Завальевская, 53 — Центральная. В тексте, касающемся металлогении Голованевской шовной зоны, речь идет о таких важных зонах, как Савранская, Емиловская, Долгопристаньская, Молдовская, но из-за перегруженности схемы на рис. 4 они не показаны. Необходимо учитывать, что эти зоны расположены в узком пространстве, занятом на схеме месторождениями и рудопроявлениями 64—68, 70—72. В одной из следующих статей, посвященной более детальному рассмотрению связи оруденения с разломами, они будут показаны в более крупном масштабе.

Диаметр кружков на Схеме, обозначающих месторождения и рудопроявления, значительно больше истинных размеров самих объектов, поэтому в отдельных местах их густого скопления кружки несколько смещены относительно центров рудопроявлений (но без выхода за их пределы).

Результаты сопоставления. Редкоземельные элементы (лантаноиды иттриевой и цериевой групп — TR) широко развиты в северо-западной и юго-восточной частях УЩ и меньше в центральной. На границе Волынского мегаблока и Волино-Полесского пояса в пределах левосдвиговой межмегаблоковой Суцано-Пержанской зоны разломов (далее — з. р.) известно Ястребецкое (5) рудопроявление (потенциальное месторождение) TR и циркония в штоке сиенитов. Эта зона испытала несколько фаз активизации (как сдвиговых, так и сбросо-взбросовых [Гинтов, 2005]), особенно в связи с субдукционно-коллизийными процессами при сочленении микроплит Фенноскандии и Сарматии. В области ее пересечения с Центральной з. р. (№ 53 на рис. 4) образован так называемый Пержанский рудный узел (месторождения и рудопроявления 3—8), к которому еще будем возвращаться.

Непосредственно в Волынском мегаблоке проявление TR встречено в лезниковских гранитах (18) Коростенского плутона совместно с бериллиевой минерализацией. На границе Волынского и Подольского мегаблоков в пределах узла пересечения левосдвиговой Тетеревской и правосдвиговой Сарненско-Варваровской з. р. известно Луговское поле (16) редкоземельно-редкометалльных грейзенов (TR, Nb, Sn). На границе Волынского и Росинского мегаблоков, в узле пересечения левосдвиговой Брусиловской и правосдвиговой Центральной з. р., выявлено Безымянное (33) радиоактивно-редкоземельное рудопроявление (U + Th, TR). В пределах Хмельникской з. р. (Бугский мегаблок) установлены Клебаньское (43) и Губникское (44) проявления ортитовой минерализации. В этом же мегаблоке в Гайворонской зоне разломов известно крупное Соломиевское рудопроявление TR (46).

В Ингульском мегаблоке оруденение TR развито совместно с урановым как так называемой натриевой, так и калиевой [Генетические ..., 1995] формаций. С первым оно вскрывается в пределах Новокопачинской группы месторождений U в осе-

вой части трансрегиональной шовной зоны Херсон—Смоленск. С U + Th месторождениями и рудопроявлениями калиевой формации TR развито в пределах Лозоватско-Калиновского рудного поля (69), рудопроявлений Балка Корабельная (74), Кашпировское (78) и месторождения Южное (76). Эти четыре участка расположены в зоне влияния сближенных правосдвиговых Первомайской и Звенигородско-Братской з. р., ориентированных по азимуту 345. Великовисковское проявление TR и циркония (80) известно также в штоке сиенитов в узле пересечения Кировоградской и Субботско-Мошоринской з. р.

В Среднеприднепровском мегаблоке авторам известно только Марьинское рудопроявление TR (106) в ортитоносных бариевых метасоматитах.

Восемь рудопроявлений и месторождений TR известны в пределах Приазовского мегаблока. Два из них — Малотерсянское поле нефелиновых сиенитов (108) и Васильковское месторождение TR (109) — связаны с Павлоградской ветвью правосдвиговой Орехово-Павлоградской з. р. Волчанское месторождение (110) расположено несколько южнее Девладовской широтной з. р. Дибровское месторождение TR и U + Th руд калиевой группы (111) располагается в пределах правосдвиговой Кальмиусской з. р. Также в ее пределах находится Кальмиусское жильное поле TR и флюорита (122). А в субмеридиональной левосдвиговой Малоянисольской з. р. расположено Южно-Кальчикское поле сиенитов (121) с аналогичной минерализацией. Известное Новополтавское (Черниговское) рудное поле (113) (карбонатиты, сиениты) содержит крупное апатитовое месторождение, сопровождаемое оруденением TR и тантало-ниобатов. Оно располагается в пределах меридионального Черниговского разлома [Нечаев, Кривдик, 1989].

Таким образом, из перечисленных 20 рудопроявлений и месторождений TR только два не связаны непосредственно с зонами разломов.

Радиоактивные элементы уран (U) и торий (Th), в отличие от предыдущей группы, распространены в основном в центральной части УЩ. В западной части (Подольский мегаблок) авторам известно только Ждановское полиметалльное рудопроявление с U (21) и расположенное рядом Хмельникское месторождение радоновых вод, возможно связанное с коренным U оруденением. Оба участка находятся непосредственно в правосдвиговой Хмельникской з. р., ориентированной по азимуту 318°. На границе Волынского и Росинского мегаблоков в Безымянном (33) рудопроявлении (узел пересечения Брусиловской и Центральной з. р.), кроме упоминавшегося TR оруденения, развито также проявление U + Th, а в 8 км южнее на этой же границе в левосдвиговой Немировской з. р. расположено Новофастовское рудопроявление U (37). Аналогичное Северо-Березнянское (38) рудопроявление выявлено вблизи узла пересечения Немировской и Брусиловской з. р.

В центральной части УЩ — в пределах Ингульского мегаблока — известна большая группа месторождений и рудопроявлений радиоактивных элементов натрий-урановой и калий-урановой формаций. Первый тип месторождений, сосредоточенных в правосдвиговых Кировоградской субмеридиональной, Субботско-Мошоринской широтной з. р. и в зонах их пересечения с правосдвиговыми же северо-западными Лелековской и Нерубаевско-Лозоватской з. р. (на рис. 4 и в тексте соответственно № 48 и 49), подробно освещен во многих публикациях, в том числе в монографии [Кировоградский ..., 2013]. Поэтому он не включен в данный обзор. Напомним только, что месторождения и рудопроявления натрий-урановой формации (их около 40) составляют шесть урановорудных полей, расположенных в центральной части Ингульского мегаблока в экзо- и эндоконтактных зонах Новоукраинского массива трахитоидных гранитов и, частично, Корсунь-Новомиргородского плутона габбро-анортозитов и рапаквивидных гранитов. Все

они контролируются тектонометасоматическими зонами разломов и связаны с формацией ураноносных альбититов [Нечаев та ін., 2002; Кировоградский ..., 2013; Бакаржиев и др., 2015; Нечаев, 2016].

Не включены в обзор также урановые месторождения и рудопроявления, связанные с железорудной формацией Криворожско-Кременчугской зоны разломов, многократно описанные в литературе. Хотя, для истории, необходимо отметить, что в этих многократных описаниях не упоминается первооткрыватель Желтореченского месторождения урановых руд (1922 г.) Н. Н. Танатар [Нечаев, 2012а].

Западнее площади развития месторождений натрий-урановой формации, в пределах описанных выше Лозоватско-Калиновского рудного поля (69), рудопроявлений Балка Корабельная (74), Кашпировское (78) и месторождения Южное (76), в комплексе с редкоземельными элементами развиты рудопроявления U + Th калий-урановой формации. Их пространственная связь с зонами разломов рассмотрена при описании проявлений TR.

В пределах ГШЗ уранинит зафиксирован в Голованевском полиметалльном рудопроявлении (65), расположенном в правосдвиговой Долгопристаньской зоне разломов, ориентированной по азимуту 332°.

В Приазовском мегаблоке авторам известны всего два проявления радиоактивных элементов — месторождения Дибровское U + Th и редкоземельное (111) и Николаевское U + Th с молибденитом (117). Первое, как уже отмечалось, располагается в Кальмиусской з. р., второе — в широтной Южно-Донбасской (Волновахской) [Нечаев, 1961].

Приведенные данные показывают, что подавляющее большинство (одно-два под вопросом) месторождения радиоактивных элементов (U + Th) УЩ, в том числе урановое оруденение гидротермального жильно-штокверкового типа [Анисимов, 2004], располагаются в зонах разломов.

Редкие металлы вольфрам (W) и молибден (Mo) рассматриваются отдельно

от остальных редкометалльных рудопроявлений, так как в пределах УЩ они распространены наиболее широко и практически везде. W чаще всего встречается в шеелитоносных скарнах, гораздо реже в вольфрамитоносных грейзенах. Mo распространен широко в молибденитоносных пегматитах и калиевых метасоматитах, реже в виде примеси в шеелите и комплексных редкометалльных проявлениях.

Шеелитоносные скарны с наложенной сульфидной и благороднометалльной (Ag, Au) минерализацией (Глушковичское проявление 4) вскрыты в Сущано-Пержанской з. р. в районе Пержанского рудного узла. В Волынском мегаблоке шеелитоносные скарны встречены также в Центральной з. р. (Коростенское (9) проявление в с. Бехи) и на ее пересечении со Звиздаль-Залесской з. р. (Кочеровское рудопроявление (30) с наложенной редкометалльно-флюоритовой, в том числе Mo, минерализацией).

Звиздаль-Залесская левосдвиговая з. р. протяженностью до 450 км пересекает в

меридиональном направлении весь щит. На севере в пределах Коростенского плутона она включает в себя известную Звиздаль-Залесскую дайку, а на юге проходит в средней части Бугского мегаблока. Она также является частично межмегаблоковой, отделяя (к югу от Коростенского плутона) Росинский мегаблок от Волынского и Подольского. Эта зона относится к самому молодому на УЩ субботско-мошоринскому этапу разломообразования (около 1,8 млрд лет назад).

Шеелитоносные скарны известны также на границе Волынского и Подольского мегаблоков в Сарненско-Варваровской з. р. в рудопроявлении Березовая Гать (17).

В пределах Росинского мегаблока известно Островское (р. Рось) проявление шеелитовой (вместе с молибденитовой) минерализации (39, рис. 5), которое расположено в густой системе сколов северо-западного простирания, продолжающих идущие параллельно Центральной (Волынский мегаблок) и Лелековскую (Ингульский мегаблок) зоны разломов. Предполагается наличие здесь зоны надвига, в ко-



Рис. 5. Правый берег р. Рось напротив с. Остров. Спецкарьер (вид на южную стенку). Проявление шеелитовой и молибденитовой минерализации в густой системе розово-красных пегматитовых жил, секущих брекчиевидные известковые скарны (субгоризонтальная полоса видимой мощностью от 3 до 5 м с резкой верхней границей, начинающаяся от самой нижней части хвойного леса в балке и прослживаемая на запад до конца снимка) в диеритоподобной матрице. Скарны развиваются в активных контактах плагиомигматитов с амфиболитами. Падение кровли и подошвы толщи скарнов 20—30° на юго-запад.

торой скарнированию подверглись плагиомигматиты Росинского мегаблока. В южной части Росинского мегаблока установлена Зеленоярская касситеритовая россыпь с вольфрамитом (правда, источник сноса не известен).

Западная часть Ингульского мегаблока (ГШЗ). Вольфрамитовое оруденение (вместе с молибденитовым) установлено в Майском золоторудном месторождении (71) в узле пересечения Тальновской и Савранской з. р. — так называемом Савранском рудном поле.

Кинематика и внутренняя структура межмегаблоковой Тальновской з. р. хорошо изучена [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов, 2005; Гинтов, Шевчук, 2017]. Она состоит из нескольких зон скалывания разной ориентировки, заложенных в основном как правые сбросо-сдвиги. Вместе с Первомайской з. р. Тальновская повлияла на всю внутреннюю структуру ГШЗ, деформировав при правом сдвиге более древние з. р. — Емиловскую, Врадиевскую, Долгопристаньскую и др. Металлогения ГШЗ в определенной мере является функцией этой деформации.

Шеелитовая (вместе с молибденитовой) минерализация встречена в Кумаровском рудопроявлении (73), связанном с левосдвиговой Врадиевской з. р. На севере ГШЗ, в зоне сочленения Тальновской и Первомайской з. р. с Ядлов-Трактемировской установлено Стеблевское поле (53) вольфрамоносных скарноидов (шеелит) с Au и Селищенское рудопроявление ремобилизованных скарнов (55).

Ближе к центральной части Ингульского мегаблока минерализация шеелита развита в Станковатско-Липняжском редкометалльном рудном поле Звенигородско-Братской з. р., а также вместе с Mo в уже упоминавшемся выше Кашпировском полиэлементном проявлении (78).

В западном фланге Кировоградской з. р. известно проявление W в Клиновско-Юрьевском золото-урановорудном поле (83), а юго-восточнее — Новобугское проявление шеелитовой и молибденитовой минерализации (85). Севернее этих участков рас-

положено Чутовское проявление вольфрамоносных скарнов (79), но оно находится несколько восточнее Кировоградской з. р.

На востоке мегаблока, в Криворожско-Кременчугской з. р. известно Николаевско-Желтянское поле (89) шеелитовой и вольфрамитовой минерализации; последняя выявлена также в грейзенах Желтореченского комплексного рудного поля [Сьомка та ін., 2011].

В Приазовском мегаблоке жильное рудоносное Кичиксу-Новоселовское поле W и Mo (120) приурочено к палеозойским вулканитам в узле пересечения Конкской широтной и Центрально-Волновахской северо-западной (317°) з. р.

Из 16 рассмотренных проявлений минерализации вольфрама 15 находятся в зонах разломов. Важно также, что проявления W очень слабо развиты в архейских мегаблоках — Подольском, Бугском, Среднеприднепровском, в Западном Приазовье.

Молибден — наиболее распространенный редкий металл в пределах УЩ. Он образует как самостоятельные молибденитовые проявления, так и широко представлен в шеелитоносных скарнах и в комплексных редкометалльных рудопроявлениях. При описании рудопроявлений шеелита упоминался и Mo, поэтому останемся только на участках, где молибденит рассматривается самостоятельно, а в остальных редкометалльных рудопроявлениях присутствие Mo будет оговариваться.

В пределах Волыно-Полесского вулканоплутонического пояса известно Вировское рудопроявление молибденита (1), которое располагается в Сарненско-Варваровской правосдвиговой з. р., ориентированной по азимуту 305° .

Рокитновское рудопроявление молибденита (2) установлено в Суцано-Пержанской з. р., а в пределах Пержанского рудного узла в Устиновском рудном поле Волинского мегаблока известно Вербинское месторождение Mo и Bi (8). Также в пределах Волинского мегаблока известно Курчицкое проявление молибденитовой ми-

нерализации (12), располагающееся в безымянной широтной з.р. в области ее приоткрытия к Сарненско-Варваровской.

В Подольском мегаблоке известно обширное Любарское рудоносное поле молибденитовой минерализации (20) вблизи узла пересечения Тетеревской и Хмельницкой з.р. (линеамент В). Здесь богатая вкрапленность молибденита выявлена в чарнокитах (с. Мотовиловка на р. Таранька).

В восточной части Росинского мегаблока проявление молибденитовой минерализации в пегматитах известно в районе с. Буки (41) на пересечении Смелянской широтной з.р. и безымянной зоны скалывания северо-западного простирания.

В Ингульском мегаблоке многочисленные проявления Мо присутствуют в комплексных редкометалльных рудопроявлениях. Самостоятельные рудопроявления молибденита известны на севере в Ядлов-Трактемировской (Степанцовское проявление 52) и на юге в Первомайской з.р. (Александровское проявление 75), а также в Криворожско-Кременчугской (Мотринское (87) и Анновское (92) рудопроявления) и Западно-Ингулецкой (Малиевское проявление 98) з.р.

В Среднеприднепровском мегаблоке (северная часть) Бородаевское проявление (99) молибденитовой минерализации расположено в пределах безымянной, но четко прослеженной широтной з.р. Александровское рудопроявление (103) находится в узле пересечения также отчетливо выраженной широтной зоны и Саксаганской з.р. В этой же широтной зоне молибденитовая минерализация установлена в массиве токовских гранитов (104). По последним данным, изложенным в работе [Сукач, Рязанцева, 2018], некоторые богатые рудопроявления Мо входят в состав комплексных золото-молибденовых месторождений Среднего Приднепровья (Сергеевское и Балка Золотая). Другие рудопроявления располагаются отдельно, хотя и недалеко от золоторудных, но большинство их совмещены либо с широтными зонами разломов (Востоносергеевское, Солонянское и др.), либо с северо-восточной

Криворожско-Кременчугской (Анновское, Желтянское).

В Приазовском мегаблоке Мо известен только в комплексных рудопроявлениях.

Редкие металлы бериллий (Be) и олово (Sn) также выделены в отдельную группу, так как их почти всегда совместные проявления известны в немногих местах, причем исключительно на участках протерозойской активизации.

Крупное Пержанское месторождение Be (6) с комплексной редкометалльной минерализацией, в том числе Sn, и Восточное редкометалльное поле (7), где также установлены бериллий и олово, дали название "Пержанский рудный узел" участку пересечения Суцано-Пержанской и Центральной з.р. В Росинском мегаблоке с крупными з.р. — Звиздаль-Залесской и Центральной — связаны Радомышльское (34) и Кочеровское (30) редкометалльные проявления с Be и Sn. Олово установлено в узле пересечения Тетеревской и Сарненско-Варваровской з.р. в Луговском поле (16) редкоземельно-редкометалльных грейзенов, а вот Емелевское (10), Лезниковское (18) проявления редкометалльной минерализации и Володарск-Волынское пегматитовое поле (14) в гранитоидах Коростенского плутона, в которых обнаружены бериллий и олово, с разломами прямо не связаны.

В Ингульском мегаблоке бериллий и олово установлены в Полоховском (61) редкометалльном рудном поле в западном экзоконтакте Корсунь-Новомиргородского плутона и в таком же Станковатско-Липняжском рудном поле (63), расположенном, как уже было показано, в пределах Звенигородско-Братской з.р.

Восточнее бериллий и олово встречаются в Приазовском мегаблоке, в Шевченковско-Федоровском (112) и Южно-Сорокинском (115) (месторождение Крутая Балка) полях редкометалльных пегматитов (соответственно, в Кальмиусской и Сорокинской з.р.).

Другие редкие металлы — тантал (Ta), ниобий (Nb), литий (Li), рубидий (Rb), цезий (Cs), висмут (Bi) и т. д. — образуют

комплексные проявления совместно с рассмотренными выше, за исключением тех мест, где шеелит и молибденит встречаются как самостоятельные рудопроявления (на это указывалось еще в работе [Критерии ..., 1975]). Они развиты в уже рассмотренных з. р. и рудопроявлениях Волинского и Росинского мегаблоков — Пержанском рудном узле (3—8), Городницком рудном поле (11) редкометалльных пегматитов (безымянная широтная з. р.), Луговском поле грейзенов (16), Емелевском редкометалльном проявлении (10), Радомышльском пегматитовом поле (34). В Ингульском мегаблоке Вi вместе с Au и As встречен в кварцевых жилах, секущих рапакиви Прудянского карьера (58) Звенигородско-Братской з. р., тантало-ниобаты и литий развиты в Петроостровском (59) и Липняжско-Станковатском (63) пегматитовых полях, киноварь вместе с Au и As — в Ахтовском жильном проявлении (77) той же з. р., Ta-Nb — в Русскополянском поле (54) Кировоградской з. р., Комендантовском рудоносном поле (86) Криворожско-Кременчугской з. р. а также в Полоховском месторождении (61) литиевых пегматитов [Нечаев и др., 2005а].

В Приазовском мегаблоке тантало-ниобаты, литий и некоторые другие редкие металлы широко известны в Орехово-Павлоградской з. р. (Малотерсянское поле нефелиновых сиенитов 108), Кальмиусской з. р. (Шевченковско-Федоровское поле (112) литиевых пегматитов), Сорокинской з. р. (Южно-Сорокинское пегматитовое поле 115), Южно-Донбасской з. р. (Новотроицко-Докучаевское рудоносное поле 116). В карбонатитах Черниговского месторождения (113) и нефелиновых сиенитах Октябрьского рудного поля (119) тантало-ниобаты пространственно совмещаются с апатитовой, редкоземельной и молибденитовой минерализацией.

Суммируя данные по всем 61 месторождениям, рудопроявлениям и участкам минерализации редких металлов, можно заключить, что 53 из них (87 %) располагаются в зонах разломов, а остальные — в интрузивных массивах.

Рудопроявления циркона и монацита развиты почти исключительно в архейских Подольском и Бугском мегаблоках и связаны в основном с Хмельникской и Подольской з. р. В первой известны Николаевское (22), Литинское (23), Майдан-Голосковское (24), Сабаровское (25), Ставско-Устьевское (45) (последнее — в узле пересечения Хмельникской и Гайворонской з. р.) проявления. Во второй — Русавское (48), Ямполь-Сорокское (49), Косница-Воронковское (50), Каменкское (51). В Подольском мегаблоке вне явной связи с з. р. известны Ровское (26) и Лядовское (27) проявления Zr, а на границе с Бугским мегаблоком в Немировской з. р. — Мурафское (28).

За пределами Подольского и Бугского мегаблоков циркон-монацитовая минерализация известна только в Долгопристаньской з. р. ГШЗ (одноименное проявление 67), а рудопроявления, содержащие цирконий, развиты в Великовикском штоке редкоземельных сиенитов (80) в узле пересечения Кировоградской и Субботско-Мошоринской з. р., а также в Приазовском мегаблоке в полях развития нефелиновых сиенитов — Малотерсянском (108), Южно-Кальчикском (121) и Октябрьском (119). Из 17 проявлений рассмотренной группы 14 (82 %) располагаются в з. р.

Золоторудная минерализация на УЩ, вызывающая особый интерес, изучалась особенно тщательно, вплоть до поисково-разведочных работ [Нечаев и др., 2005в]. Свидетельство такого приоритета — составление карты золотоносности Украины масштаба 1 : 1 500 000 на рубеже XX и XXI в. [Бочай и др., 1998]. Предпочтение отдавалось структурам, сложенным мафитами и ультрамафитами [Бойко и др., 1988], хотя проявления Au гидротермально-метасоматической природы достаточно часто наблюдались в комплексе с редкоземельно-редкометалльной и урановой минерализацией в зонах разломов.

Рассмотрим вначале группу проявлений Au, связанную с з. р.

На границе Волино-Полесского пояса и Волинского мегаблока Au известно в

Пержанском рудном узле Суцано-Пержанской з.р. — Глушковичское проявление редкометалльной и сульфидной минерализации (4), Пержанское месторождение бериллия (6). В пределах собственно Волинского мегаблока установлены Вильшанское проявление Au (13) в Сарненско-Варваровской з.р. и золоторудное проявление в графитоносных гнейсах Смолковского поля редкометалльных пегматитов (15). В Росинском мегаблоке, в сложном узле пересечения Центральной, Звиздаль-Залесской, Брусиловской и Чернобыльской з.р., известны Межиричское (29), Поташнянское (31), Белковское (32), Безымянное (33) проявления Au.

На границе Подольского и Росинского мегаблоков, в пределах Звиздаль-Залесской з.р. известно Белиловское проявление Au в брекчии габбро спорного происхождения (трубка взрыва или астроблема).

В восточной части Бугского мегаблока минерализация Au встречена в комплексе с железо-марганцевым проявлением в Гайворонской з.р. (46) и в графитовых гнейсах Завальевской з.р. (47 на рис. 4).

В Ингульском мегаблоке Au проявлено в породных комплексах многих зон разломов. Большинство рудных и рудоносных объектов в этих з.р. уже называлось, поэтому перечислим названия тех из них, с которыми связано проявление Au. Это известное Савранское рудное поле (месторождение Майское (71), рудопоявления Савранское, Полянецкое, Квитковское (72), Чемирпольское (70), Капустянское), а также Голованевское (65), Стеблевское (53), Прудянское (58), Мостовое (60), как и Прудянское, расположенное к югу от него в Звенигородско-Братской з.р. в графитовых гнейсах, Станковатско-Липняжское (63), Ахтовское (77), Клинцовско-Юрьевское рудное поле (83) Кировоградской з.р. (Клинцовское рассматривается в ранге месторождения Au, а Юрьевское — как комплексное месторождение U и Au), Николокозельское рудопоявление (97).

В Приазовском мегаблоке авторам известно проявление золота, непосредствен-

но не связанное с базитами, только в Новотроицко-Докучаевском рудоносном поле (116) полиметалльной минерализации в Южно-Донбасской широтной з.р.

Из 23 рассмотренных месторождений и проявлений Au только одно (Смолковское) прямо не связано с з.р., хотя и расположено рядом с Тетеревской зоной.

При изучении рудопоявлений золота в пределах базитовых и гипербазитовых структур УЩ на связь их с разрывными нарушениями не обращалось особого внимания. Эти структуры всегда имеют четко выраженную форму, занимают обособленное положение среди вмещающих пород и это всегда было определяющим фактором при их изучении. Поэтому мы также не будем уделять особого внимания "разломному" фактору, хотя во многих случаях избежать его невозможно.

По отношению к структурам, сложенным мафитами и ультрамафитами, УЩ можно условно подразделять на три части — западную, центральную и восточную.

Западная, Волюно-Подольская часть, представлена многочисленными малыми интрузиями базитов-гипербазитов, несколькими щелочными массивами и габбро-диабазовым дайковым комплексом.

Центральная часть — это Ингульский мегаблок и Гайворон-Завальевский район Бугского мегаблока с базит-гипербазитовыми массивами Капитановско-Деренюхинского и железорудно-метабазитовыми массивами Молдовского комплексов, а также метабазитовыми массивами Троянского комплекса.

Восточная часть — это Среднеприднепровский и Приазовский мегаблоки, где развит зеленокаменный комплекс вулканических и интрузивных пород зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций метаморфизма.

Западная часть УЩ. Здесь известны Федоровский, Каменский, Томашгородский, Прутовский, Варваровский, Букинский, Замысловичский, Городницкий, Глумчанский, Ждановский, Сабаровский, Немировский, Малокутыщенский, Малоострожской, Кармелюковский, Баранивец-

кий, Зянкивецкий небольшие массивы базитов-гипербазитов и несколько еще более мелких тел; массивы щелочных пород Подольской з. р. — Проскуровский, Антоновский, Вербовский; многочисленные включения — ксенолиты и полосы пород основного — ультраосновного состава — в образованиях днестровско-бугской серии; дайковый комплекс габбро-диабазов.

По результатам химико-минералогического, пробирного и других анализов протолочных проб золото в большинстве перечисленных массивов и тел упоминается крайне редко. Исключение составляют Ждановский (21) и Прутовский (19) массивы, в которых отмечено наличие Au в количестве от нескольких десятков мг/т до 0,4 г/т [Павлюк та ін., 2008]. В очень незначительных количествах золото отмечено также в Кармелюковском, Багриновецком, Зянкивецком и Немировском массивах.

В целом базит-гипербазитовые и щелочные породы западной части УЩ по состоянию на 2008 г. в подавляющем большинстве малоперспективны на поиски Au.

Центральная часть УЩ. Это, в первую очередь, ГШЗ вместе с Тальновской з. р. и примыкающая с запада восточная часть Бугского мегаблока — так называемая Бандуровская структура, Гайворонская и Завальевская з. р. О последних уже упоминалось выше.

Железорудно-метабазитовые массивы молдовского типа — собственно Молдовский, Секретарский, Лащевский, Грушковский, Чемирпольский, Слюсаревский, Полянецкий, Байбузовский, изученные геологически, и еще многие, выделенные только по геофизическим данным, располагаются, как правило, в зонах разломов — Тальновской, Молдовской, Савранской. По геохимическим данным [Богатырев и др., 1981; Ярошук, 1983; Павлюк та ін., 2008; Усенко, 2015], железистые кварциты и железисто-карбонатные породы практически всех этих массивов содержат Au. Например, по результатам выборочного апробирования железистых кварцитов По-

лянецкой структуры (Савранская з. р.) предполагается ее перспективность даже на промышленное содержание золота [Павлюк та ін., 2008], а Чемирпольский массив (70) включен в программу поисково-разведочных работ на золото как предполагаемое месторождение. Перечисленные массивы представляют первоочередной интерес на легкообогатимые железные руды, поэтому не включены, кроме Чемирпольского, в данный обзор.

Золото содержится также в метагипербазитах капитановско-деренюхинского комплекса, структурное положение которых в пределах ГШЗ рассмотрено выше при описании шеелитоносных скарнов. Проявления Au относятся к золото-скарновой формации и имеют, скорее всего, метасоматический генезис. Количественно они распределены неравномерно. На отдельных участках, например, в северной части Капитановского массива (68), концентрация Au достаточно велика и вместе с хромом и никелем может представлять промышленный интерес. Капитановский массив располагается в пределах Долгопристаньской з. р. и пересечен более молодой системой широтных разломов, с которыми, возможно, и связано оруденение Au.

При изучении массивов метагабброидов Троянской группы (Бандуровский, Троянский (66) и Тарасовский (64) массивы) основное внимание обращалось на рудопроявления апатита. Однако попутно в пределах Троянского массива несколькими скважинами вскрыты окварцованные кристаллосланцы с содержанием Au до 1 г/т. Кроме того, глубинное геохимическое картирование в пределах Тарасовской структуры показало ряд аномалий золото-кварц-малосульфидного оруденения, и при разбуривании одной из аномалий в породах кристаллического фундамента и коре выветривания отмечено содержание Au до 0,032 г/т. Породы сильно раздроблены, катаклазированы и окварцованы, что связывается с наличием здесь левосдвигового разлома широтного простирания.

Восточная часть УЩ. В Среднепри-

днепровском мегаблоке минерализация Au повсеместно сопровождает породы зеленокаменного комплекса и их кору выветривания. Здесь оконтурены три золотоносных района — Верховцевский (100), Сурский (Солонянский) (101, 102) и Чертомлыкский (107) по наименованию известных зеленокаменных структур (ЗКС). В них открыты (и законсервированы) четыре золоторудных месторождения — Балка Золотая, Южное (101), Сергеевское (102) — комплексное, с молибденитом, Балка Широкая (107), а также множество рудопроявлений Au в кристаллическом фундаменте, коре выветривания и россыпей в осадочном чехле. Первые три месторождения расположены в районе пересечения Сурской ЗКС Днепродзержинской з. р. (правый взбросо-сдвиг, простирание 322°). При этом образование месторождений связывают с наиболее молодой системой широтных разломов более высокого порядка [Сукач, 2002]. Месторождение Балка Широкая Чертомлыкской ЗКС примыкает к широтной Конкской з. р.

В Приазовском мегаблоке Сурожское месторождение золота (114) связано с зеленокаменными породами Сорокинской з.р., при этом приурочено к ее широтному участку.

Как видим, подавляющее большинство месторождений и рудопроявлений золота УЩ располагаются в пределах з. р. и особенно часто имеют отношение к разломам широтного простирания, которые обычно являются наиболее молодыми.

Рудопроявления флюорита выделены в отдельную группу из-за своего редкого распространения на УЩ (авторам известны только семь проявлений F) и интересного сопоставления с флюоритовыми рудопроявлениями других стран.

В Волынском мегаблоке минерализация F связана с Емелевским (10), а в Росинском с Кочеровским (30) редкометалльными рудопроявлениями.

В Приазовском мегаблоке флюоритовая минерализация связана с редкометалльной в пределах Малотерсянского (108) и Октябрьского (119) полей нефелиновых

сиенитов; с редкоземельно-циркониевой минерализацией Южно-Кальчикского (121) поля сиенитов и редкоземельной Кальмиусского (122) жилого поля. Эти редкоземельно-редкометалльные поля были уже описаны выше.

Единственное, при чем самостоятельное, рудопроявление флюорита — Бобринецкое (84) — известно в Ингульском мегаблоке. Оно располагается на пересечении субмеридиональной Кировоградской и широтной Бобринецкой з. р. Примечательно, что по оптико-спектроскопическим и люминисцентным параметрам бобринецкий флюорит не имеет аналогов среди всех известных флюоритов Украины, но идентичен таковому из вольфрамитовых, касситеритовых и молибденитовых месторождений Саксонских Рудных гор и Монголии, где эти объекты, вместе с месторождениями других металлов, включая уран, определяют положение центров минерагенической зональности [Красильщикова и др., 1991; Нечаев та ін., 2005].

Заключение. Рассмотрено 157 редкоземельных, редкометалльных, золоторудных месторождений, рудопроявлений и проявлений минерализации известных в пределах УЩ. К ним можно добавить еще не менее 40 месторождений и рудопроявлений урана Кировоградского рудного района и не менее десятка связанных с з. р. железорудно-метабазитовых структур с золоторудным оруденением, которые широко известны и многократно описаны [Павлюк та ін., 2008; Кировоградский ..., 2013 и др.]. Из этих приблизительно 200 месторождений и рудопроявлений только 12 (~ 6 %) пространственно напрямую не связаны с зонами разломов, что является прямым указанием на необходимость соответствующей конкретизации заданий при организации поисковых работ на определенные виды полезных ископаемых. А при разработке локальных поисковых признаков этот факт не может игнорироваться.

Иногда можно услышать замечания некоторых геологов, что зон разломов на УЩ выделено так много и они занимают та-

кую большую площадь, что "для геологии не остается места". Однако это далеко не так. При ширине щита со склонами (мощность мезо-кайнозойского чехла до 300 м) от 450 на северо-западе до 200 км на востоке площадь выделенных зон разломов составляет 22 %. Это в четыре-пять раз сокращает масштабы съемочных и поисковых работ. Кроме того, зоны разломов — это тоже геология! Только более сложная. Здесь кроме традиционных принципов геологической съемки и нормативов ее проведения необходимы особый подход и тщательность изучения горных пород в обнажениях и скважинах, тонкий структурный и микроструктурный анализ, знание основ физики твердого тела, поведения пород в условиях различных типов напряженно-деформированного состояния, а главное — комплексный геолого-геохимический анализ тектонитов и вещественное исследование рудной минерализации, начиная с субмикроскопических включений (грубо говоря, "ловли блох").

Зона разломов — это не сплошное "мессиво" катаклазированных, милонитизированных, метасоматически измененных пород. Сколы и зоны скалывания всегда перемежаются с участками слабо измененных или вообще не измененных горных пород, по которым восстанавливается первичная недеформированная порода и ее состав. Представляется, что именно поэтому на геологических картах разломы изображаются тонкими линиями, а вся остальная площадь занята классическими разновидностями горных пород, рассматриваемых в Петрографическом словаре. Среди них гнейсы, мигматиты, различные гранитоиды, хотя это могут быть и гранитогнейсы, и мигматиты зон разломов, и различные метасоматиты, структурно-текстурные особенности которых связаны с наложенными динамометаморфическими и метасоматическими процессами. Их изучение может представлять для геолога гораздо больший интерес, чем простая констатация наличия разлома.

Список литературы

- Анисимов В. А. Закономерности локализации, прогнозные критерии и поисковые признаки уранового оруденения гидротермального жильно-штокверкового типа в породах фундамента УЩ. В кн.: *Геологія і генезис рудних родовищ України*. Київ: Вид. УкрДГРІ, 2004. С. 72—74.
- Бакаржиев А. Х., Половинкин Б. В., Туктарова А. Б. Вклад выпускников МГРИ-РГГРУ в создание минерально-сырьевой базы урана Украины. Киев: Вид. УкрДГРІ, 2015. 337 с.
- Бобров А. Б., Сиворонов А. А., Ляхов Ю. В. Майское золоторудное месторождение Украинского щита: новый промышленно-генетический тип: *Тез. Докл. конф. "Современные проблемы геологии, поисков, разведки и оценки месторождений полезных ископаемых"*. Москва, 1997. С. 197—198.
- Богатырев В. Ф., Ионис Г. И., Ентин В. А. Отчет о поисках карбонатно-магнетитовых и богатых магнетитовых руд в Среднем Побужье, выполненных Ульяновской геологоразведочной партией в 1976—1981 гг. Т. 1. Киев: Геолфонды, 1981. 321 с.
- Бойко В. Л., Монахов В. С., Стульчиков В. А. Золотоносные проявления зеленокаменных поясов украинского щита. В кн.: *Критерии поисков и перспективы золотоносности Украины*. Киев: Изд. АН Украины, 1988. С. 155—162.
- Бочай Л. С., Галецкий Л. С., Кулиш Е. А., Нечаев С. В. Карта золотоносности Украины. Масштаб 1 : 1 500 000. Объяснительная записка. Киев: Изд. Госкомгеологии Украины, 1998. 102 с.
- Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Отв. ред. Белевцев Я. Н., Коваль В. Б. Киев: Наук. думка, 1995. 396 с.

- Гзовский М. В. Основы тектонофизики. Москва: Наука, 1975. 536 с.
- Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применения при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
- Гинтов О. Б. Схема периодизации этапов разломообразования в земной коре Украинского щита — новые данные и следствия. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36. № 1. С. 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i1.2014.116145>.
- Гинтов О. Б., Ентин В. А., Мычак С. В. К построению схемы разломно-мегаблоковой тектоники Украинского щита масштаба 1 : 500 000. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 5. С. 63—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340>.
- Гинтов О. Б., Исая В. М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. Киев: Наук. думка, 1988. 228 с.
- Гинтов О. Б., Мычак С. В. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. 1. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 102—118. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116932>.
- Гинтов О. Б., Пашкевич И. К. Тектонофизический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32. № 2. С. 3—27. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v32i2.2010.117553>.
- Гинтов О. Б., Шевчук В. В. Структурованість Українського щита та особливості ранньодокембрійського розломоутворення на прикладі Голованіської шовної зони. Київ: ТОВ "НВП Інтерсервіс", 2017. 162 с.
- Дранник А. С., Костенко М. М., Єсипчук К. Ю. Геолого-структурне районування Українського щита для уточнення стратиграфічної кореляції докембрійських утворень. *Мінерал. ресурси України.* 2003. № 1. С. 26—29.
- Ентин В. А. Геофизическая основа тектонической карты Украины масштаба 1 : 1 000 000. *Геофиз. журн.* 2005. Т. 27. № 1. С. 74—84.
- Ентин В. А., Шимків Л. М., Нечаєва Т. С., Дзюба Б. М., Гинтов О. Б., Пашкевич І. К., Красовський С. С. Підготовка геофізичної основи тектонічної карти України масштабу 1 : 1 000 000. Київ: Геоінформ України, 2002. 55 с.
- Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизические особенности. Месторождения рудных полезных ископаемых. Под ред. В. И. Старостенко, О. Б. Гинтова. Киев: Галактика, 2013. 500 с.
- Комплексна металогенічна карта України. Масштаб 1 : 500 000. Пояснювальна записка. Вик. А. С. Войновський, Л. В. Бочай, С. В. Нечаєв та ін. Київ: УкрДГРІ, Державна геологічна служба Мінекоресурсів України, 2002. 336 с.
- Кононов Ю. В., Нечаев С. В. Акцессорный ксенотим из метасоматита в докембрійских мигматитах Побужья. *Докл. АН УССР.* 1961. № 8. С. 1076—1080.
- Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита, затверджена Бюро НСК 13 червня 2003 р. Київ: Вид-во УкрНДГРІ, 2004.
- Костенко М. М. Геотектонічне районування Українського щита як єдина основа тектонічних, стратиграфічних та інших побудов. *Збірник наукових праць УкрДГРІ.* 2016. № 3. С. 144—163.
- Костенко М. М., Аврамець В. М., Шутенко Л. М., Іванов А. І., Кобець Ф. В. Тектоніка докембрійського кристалічного фундаменту білоцерківсько-одеської структурно-формаційної зони. *Збірник наукових праць УкрДГРІ.* 2015. № 4. С. 116—132.
- Красильщикова О. А., Таращан А. Н., Нечаев С. В. Флюорит в формационном анализе (месторождения Центральной Европы). *Минерал. журн.* 1991. Т. 13. № 4. С. 25—42.
- Критерии прогнозирования месторождения Украинского щита и его обрамления. Под ред. Н. П. Семеновко. Киев: Наук. думка, 1975. 560 с.

- Нечаев С. В. Архейская океаническая кора как первоисточник рудогенных элементов и эволюция золоторудной минерализации в зеленокаменных комплексах Украинского щита. *Минерал. журн.* 1999. Т. 21. № 4. С. 106—115.
- Нечаев С. В. Гидротермальная минерализация Волновахской зоны разломов: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. ИГН АН Украины. Киев, 1961. 16 с.
- Нечаев С. В. К истории открытия Желто-реченского месторождения урановых руд; *Избран. науч. труды акад. В. И. Вернадского. Труды по геохимии и радиологии.* Т. 7. Кн. 2. Киев: Изд. НАН Украины, 2012 а. С. 635—639.
- Нечаев С. В. К разработке поисковых критериев месторождений рудных полезных ископаемых (в связи с монографией "Кировоградский рудный район"). *Збірник наукових праць УкрДГРІ.* 2016. № 3. С. 132—143.
- Нечаев С. В. Минерагеническая зональность центральной части Украинского щита и некоторые общегеологические следствия ее изучения. *Збірник наукових праць УкрДГРІ.* 2012б. № 2. С. 38—57.
- Нечаев С. В. Флюорито-барито-сульфидная формация запада Русской платформы. Препринт ИГФМ НАН Украины. Киев, 1974. 55 с.
- Нечаев С. В. Эволюция процессов рудогенеза в структурах Украинского щита. *Геол. журн.* 1990. № 2. С. 68—80.
- Нечаев С. В., Бондаренко С. Н. Рудные минеральные ассоциации Майского месторождения золота. *Геохимия.* 1997. № 6. С. 55—60.
- Нечаев С. В., Войновський А. С., Сако́в Л. В., Аніщенко Т. М., Шукшина Л. В., Чурубов С. С., Парфенова А. Я. Звіт про науково-дослідну роботу "Складання прогнозно-металогенічної карти рідкіснометалевого зруденіння Українського щита масштабу 1 : 500000". Київ: Вид. УкрДГРІ, 2005. 316 с.
- Нечаев С. В., Гурський Д. С., Бакаржієв А. Х., Войновський А. С., Сако́в Л. В., Маки́вчук О. Ф. Родовища урану, рідкісних та рідкісноземельних металів на Українському щиті. *Мінерал. журн.* 2002. Т. 24. № 4. С. 5—21.
- Нечаев С. В., Гурский Д. И., Третьяков Е. И. Литий. Полоховское месторождение. В кн.: *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1 Металлические полезные ископаемые.* Под ред. Щербака Н. П., Боброва А. Б. Киев-Львов: Центр Европы, 2005а. С. 293—307.
- Нечаев С. В., Есипчук К. Е., Шумлянський В. А., Гурский Д. С., Калинин В. И. Очерк металлогении и эволюция рудообразования в земной коре Украины. В кн.: *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые.* Под ред. Щербака Н. П., Боброва А. Б. Киев-Львов: Центр Европы, 2005б. С. 639—704.
- Нечаев С. В., Есипчук К. Е., Шумлянський В. А., Лебе́дь Н. И., Третьяков Ю. И. Благородные металлы. Золото. В кн.: *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые.* Под ред. Щербака Н. П., Боброва А. Б. Киев-Львов: Центр Европы, 2005в. С. 484—541.
- Нечаев С. В., Кононов Ю. В. Новый генетический тип редкоземельного оруденения в докембрийских мигматитах Европейской части СССР. *Советская геология.* 1963. № 8. С. 123—126.
- Нечаев С. В., Кривдик С. Т. Геологические закономерности размещения щелочных пород в Украинском щите. *Геол. журн.* 1989. № 3. С. 113—120.
- Нечаев С. В., Маки́вчук О. Ф., Белых Н. А., Иванов Б. Н., Кузьменко А. К., Прытков Ф. Я., Бондаренко С. Н., Бугаенко В. Н., Семка В. А. Новый редкометалльный район Украинского щита. *Геол. журн.* 1991. № 4. С. 119—123.
- Нечаев С. В., Семка В. А. Скарны Украины. Киев: Наук. думка, 1989. 212 с.
- Павлюк В. М., Бобров О. Б., Висоцький Б. Л., Довгань Р. М., Жовинський Е. Я., Костен-

- ко М. М., Ликов Л. І., Цимбал С. М. Звіт за темою "Геологія, петрологія, геохімія, вік та рудоносність мафіт-ультрамафітових асоціацій західної частини УЩ". Кн. 1—6. Київ: Фонд ГП "Українська геологічна компанія", 2008. 683 с.
- Пастухов В. Г., Нечаєв С. В. Аналіз тектонічної еволюції та металогенічної зональності Українського щита на основі сучасних геологічних концепцій. Звіт за темою № 116/98. Київ: УкрДГРІ, 2001. 166 с.
- Пономаренко О. М., Павлов Г. Г., Павлова О. О. Калій-аргонова геохронометрія розломних зон докембрію Українського щита: *Актуальні проблеми геохімії, петрології, петрографії та рудоутворення. Тези доп. Міжнарод. наук. конф.* Київ: Вид. ІГМР НАН України, 2018. С. 44—45.
- Сьомка В. О., Мельниченко Б. Ф., Бондаренко С. М., Грінченко О. В., Сьомка Л. В. Мінеральний склад вольфрамітоносних грейзенів Жовторіченського рудного поля (Криворізько-Кременчуцька шовна зона). *Геохімія та рудоутворення*. 2011. Вип. 30. С. 69—75.
- Соллогуб В. В. Литосфера України. Київ: Наук. думка, 1986. 183 с.
- Старостенко В. І., Гинтов О. Б., Кутас Р. І. Геодинамічне розвиток літосфери України і його роль в формуванні і розміщенні местороджень корисних копалин. *Геофіз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 3—22. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116919>.
- Стоянов С. С. Механізм формування розривних зон. Москва: Недра, 1977. 144 с.
- Сукач В. В. Геологічна будова та золотоносність Солонянського рудного поля (Сурська структура, Середнє Придніпров'я): Автореф. дис. ... канд. геол. наук. Київ, 2002. 26 с.
- Сукач В. В., Рязанцева Л. О. Комплексні золото-молібденові родовища та рудопрояви в зеленокам'яних поясах Середнього Придніпров'я Українського щита. *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 2. С. 3—9.
- Усенко О. В. Умовля формування залізистих порід Середнього Побужжя. *Геофіз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 32—50. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111122>.
- Чекунов А. В., Кучма В. Г. Связь между глубинной структурой разломов и распределением эндогенного оруденения (на примере Украинского щита). *Докл. АН СССР*. 1980. Т. 247. № 6. С. 1472—1474.
- Чекунов А. В., Соллогуб В. В., Пашкевич И. К., Красовский С. С., Кутас Р. И. Литосферные неоднородности юга Восточно-Европейской платформы. *Докл. АН Украины. Сер. Б*. 1989. № 3. С. 27—31.
- Шевчук В. В. Соотношение протерозойского автохтонного гранитообразования и деформационных процессов в пределах Тальновской зоны разломов (Украинский щит). *Вісник Київ. ун-ту. Сер. Геологія*. 2012. Вип. 56. С. 5—7.
- Шерман С. И., Гинтов О. Б., Борняков С. А., Исая В. М., Кобылянский В. В. Характер разломообразования в консолидированной коре и моделирование зон скалывания. *Геофіз. журн.* 1988. Т. 10. № 1. С. 13—21.
- Шерман С. И., Семинский К. Ж., Борняков С. А., Адамович А. Н., Буддо В. Ю. Разломообразование в литосфере. Зоны сжатия. Новосибирск: Наука, 1994. 264 с.
- Шерман С. И., Семинский К. Ж., Борняков С. А., Адамович А. Н., Лобацкая Р. М., Лысак С. В., Леви К. Г. Разломообразование в литосфере. Зоны растяжения. Новосибирск: Наука, 1992. 228 с.
- Шерман С. И., Семинский К. Ж., Борняков С. А., Буддо В. Ю., Лобацкая Р. М., Адамович А. Н., Трусков В. А., Бабичев А. А. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига. Новосибирск: Наука, 1991. 262 с.
- Ярошук М. А. Железорудные формации Белоцерковско-Одесской металлогенической зоны. Киев: Наук. думка, 1983. 224 с.
- Bogdanova, S. V., Pashkevich, I. K., Gorbatshev, R., & Orlyuk, M. I. (1996). Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal

boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*, 268(1-4), 1—21. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00232-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00232-6).

Nechaev, S., & Pastukhov, V. (2001). Links bet-

ween the Proterozoic anorthosite-rapakivi granite plutons and ore-forming events in the Ukrainian Shield (ore of titanium, uranium, rare metal and gold). *Norges geologiske undersøkelse Special Publication* (9), 27—33.

On the relation between the rare-earth — rare-metal and gold ore mineralization and fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 1

S. V. Nechaev, O. B. Gintov, S. V. Mychak, 2019

The paper, which is the first of a series of articles on the relation of metallogeny and fault-block tectonics of the Ukrainian Shield (USh), summarizes data on the chemical-mineralogical composition and the exact location of deposits, ore occurrences and points of increased rare-earth — rare-metal and gold mineralization, which are combined into eight groups: TR, U and Th, W and Mo, Be and Sn, Ta, Nb and other rare metals, zircon and monazite (Zr), Au, F. They are compared with the scheme of the fault-block structure of the shield constructed from the results of tectonophysical studies. A detailed description of the fault zones of the USh has been given and many of them are shown to be composed of packets of a budinized and cataclasized varicoloured complex: metamorphosed basites and ultrabasites, calciphyres, quartzites, gneisses, micas, skarns, plagioclases, quartz-feldspar rocks and silicification zones. The formation of such packages of the varicoloured complexes is associated with shear processes in wide (from 7 to 20 km) fault zones, accompanied by tectonic stratification of the basement rocks, dynamometamorphism, diaphthoresis, metasomatism, etc. The age of the fault zones of the USh and correlation with the formation of ore mineralization are considered in this article. It is emphasized that the rock complexes of the Precambrian faults are brought to the surface from considerable depths and are determined by the conditions of deep stress metamorphism and granitization during shifts, therefore they cannot be compared with complexes of modern faults. However, the structural parageneses of Precambrian faults in their geometric relationships are close to those obtained from the results of physical experiments on brittle-plastic and plastic materials. This makes possible to determine the nature of the stress-strain state of the Earth's crust during the process of fault formation and the parameters of the stress fields. It is established that 94 % of all deposits and ore occurrences are located within fault zones, the area of which occupies about 22 % of the USh area. The obtained data refine the known metallogenic maps of the USh and allow reducing the priority areas in four to five times when planning future mapping and prospecting works for the groups of deposits under consideration.

Key words: ore manifestations, fault zones, metallogeny, the Ukrainian Shield.

References

- Anisimov, V. A. (2004). Regularities of localization, predictive criteria and search characteristics of uranium mineralization of hydrothermal vein-stockwork type in the rocks of the foundation of the Ush. *In Geology and genesis of ore deposits of Ukraine* (pp. 72—74). Kyiv: Publ. UkrDGRI (in Russian).
- Bakarzhiev, A. Kh., Polovinkin, B. V., & Tuktarova, A. B. (2015). *The contribution of the MGRI-*

- RGGRU graduates to the creation of the mineral and raw materials base of uranium in Ukraine. Kiev: Publ. UkrDGRI, 337 p. (in Russian).
- Bobrov, A. B., Sivoronov, A. A., & Lyakhov, Yu. V. (1997). The May gold deposit of the Ukrainian Shield: a new industrial-genetic type: *Thesis of the Report at the conference "Modern problems of geology, prospecting, exploration and evaluation of mineral deposits"* (pp. 197—198). Moscow (in Russian).
- Bogatyrev, V. F., Ionis, G. I., & Entin, V. A. (1981). *Report on the search for carbonate-magnetite and rich magnetite ores in the Middle Pobuzhye, carried out by the Ulyanovsk Geological Prospecting Party in 1976—1981*. Vol. 1. Kiev: Geolfondy, 321 p. (in Russian).
- Boyko, V. L., Monakhov, V. S., & Stulchikov, V. A. (1988). Gold-bearing manifestations of greenstone belts of the Ukrainian Shield. In *Criteria of prospecting and prospects of gold content of Ukraine* (pp. 155—162). Kiev: Publ. of the Academy of Sciences of Ukrainian (in Russian).
- Bochay, L. S., Galetskiy, L. S., Kulish, E. A., & Nechaev, S. V. (1998). *Map of gold content of Ukraine. Scale 1 : 1500000. Explanatory note*. Kiev: State Committee of Geology of Ukraine, 102 p. (in Russian).
- Belevtsev, Ya. N., & Koval, V. B. (Eds). (1995). *Genetic types and regularities in the location of uranium deposits in Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, 396 p. (in Russian).
- Gzovsky, M. V. (1975). *Fundamentals of tectonophysics*. Moscow: Nauka, 536 p. (in Russian).
- Gintov, O. B. (2005). *Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the Earth's crust of Ukraine*. Kiev: Feniks (in Russian).
- Gintov, O. B. (2014). Scheme of periodization of faulting stages in the Earth's crust of the Ukrainian Shield — new data and consequences. *Geofizicheskiy zhurnal*, 36(1), 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i1.2014.116145> (in Russian).
- Gintov, O. B., Entin, V. A., & Mychak, S. V. (2017). On plotting the scheme of fracture-mega-block tectonics of the Ukrainian Shield in a scale 1 : 500000. *Geofizicheskiy zhurnal*, 39(5), 63—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Isay, V. M. (1988). *Tectonophysical studies of faults in the consolidated crust*. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian).
- Gintov, O. B., & Mychak, S. V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. I. *Geofizicheskiy zhurnal*, 33(3), 102—118. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116932> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Pashkevich, I. K. (2010). Tectonophysical analysis and geodynamic interpretation of the three-dimensional geophysical model of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal*, 32(2), 3—27. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v32i2.2010.117553> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Shevchuk, V. V. (2017). *The structured nature of the Ukrainian Shield and the peculiarities of the early-Precambrian faulting on the example of the Golovanivsk suture zone*. Kyiv: NVP Intereservice, 162 p. (in Ukrainian).
- Drannyk, A. S., Kostenko, M. M., & Yesypchuk, K. Yu. (2003). The geological structure of the area of the Ukrainian Shield for clarifying stratigraphic correlation of the Precambrian formations. *Mineralni resursy Ukrayiny*, (1), 26—29 (in Ukrainian).
- Entin, V. A. (2005). Geophysical basis of the tectonic map of Ukraine in scale of 1 : 1000000. *Geofizicheskiy zhurnal*, 27(1), 74—84 (in Russian).
- Entin, V. A., Shimkiv, L. M., Nechaeva, T. S., Dzyuba, B. M., Gintov, O. B., Pashkevich, I. K., & Krasovsky, S. S. (2002). *Preparation of geophysical basis of Ukraine's tectonic map of scale 1 : 1000000*. Kyiv: Geoinform Ukrainy, 55 p. (in Ukrainian).
- Starostenko, V. I., & Gintov, O. B. (2013). *The Kirovograd ore area. Deep structure. Tectonophysical analysis. Ore deposits*. Kiev: Galaktika, 500 p. (in Russian).

- Voynovskyy, A. S., Bochay, L. V., Nechaev, S. V. (Ex.). (2002). Complex metallogenic map of Ukraine. Scale 1 : 500 000. Explanatory note. Kyiv: UkrDGRI, State Geological Survey of the Ministry of Natural Resources of Ukraine, 336 p. (in Ukrainian).
- Kononov, Yu. V., & Nechaev, S. V. (1961). Accessory xenotime from metasomatite in Precambrian migmatites of Pobuzhye. *Doklady AN USSR*, (8), 1076—1080 (in Russian).
- Correlation Chronostratigraphic Scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield, approved by the NSK Bureau June 13, 2003. (2004). Kyiv: Publ. House of UkrNDGRI (in Ukrainian).
- Kostenko, M. M. (2016). Geotectonic zoning of the Ukrainian Shield is the unique foundation of the tectonic, stratigraphic and other structures. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (3), 144—163 (in Ukrainian).
- Kostenko, M. M., Avramets, V. M., Shutenko, L. M., Ivanov, A. I., & Kobets, F. V. (2015). Tectonics of the Precambrian crystalline basement of the Belocerkivsk-Odessa structural-formation zone. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (4), 116—132 (in Ukrainian).
- Krasilshchikova, O. A., Taraschan, A. N., & Nechaev, S. V. (1991). Fluorite in Formation Analysis (Central European Deposits). *Mineralogicheskii zhurnal*, 13(4), 25—42 (in Russian).
- Semenenko, N. P. (Ed.). (1975). *Criteria for forecasting of the Ukrainian Shield field and its surroundings*. Kiev: Naukova Dumka, 560 p. (in Russian).
- Nechaev, S. V. (1999). Archean oceanic crust as the primary source of ore-bearing elements and evolution of gold mineralization in greenstone complexes of the Ukrainian Shield. *Mineralogicheskii zhurnal*, 21(4), 106—115 (in Russian).
- Nechaev, S. V. (1961). *Hydrothermal mineralization of the Volnovakh zone of faults*: Extended abstract of candidate's thesis. Kiev: IGN of the Academy of Sciences of Ukraine, 16 p. (in Russian).
- Nechaev, S. V. (2012a). To the history of the discovery of the Zheltorechensky uranium ore deposit. *Selected scientific Proceedings of Acad. V. I. Vernadsky. Proceedings on geochemistry and radiology* (Vol. 7, book 2, pp. 635—639). Kiev: Publ. of the NAS of Ukraine, (in Russian).
- Nechaev, S. V. (2016). To the development of search criteria for deposits of ore minerals (in connection with the monograph "Kirovograd ore district"). *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (3), 132—143 (in Russian).
- Nechaev, S. V. (2012b). Mineragenic zonality of the Central Part of the Ukrainian Shield and some general geological consequences of its study. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*, (2), 38—57 (in Russian).
- Nechaev, S. V. (1974). *Fluorite-barite-sulphide formation of the West of the Russian platform*. Preprint of IGFM of NAS of Ukraine. Kiev, 55 p. (in Russian).
- Nechaev, S. V. (1990). Evolution of processes of orogenesis in the structures of the Ukrainian Shield. *Geologicheskii zhurnal*, (2), 68—80 (in Russian).
- Nechaev, S. V., & Bondarenko, S. N. (1997). Ore mineral associations of the May gold deposit. *Geokhimiya*, (6), 55—60 (in Russian).
- Nechaev, S. V., Voynovsky, A. S., Isakov, L. V., Anishenko, T. M., Shukshina, L. V., Churubov, S. S., & Parfenova, A. Ya. (2005). *Report on scientific research work "Forecast-metallogenic mapping of rare-metallic mineralization of the Ukrainian Shield of scale 1 : 500 000"*. Kyiv: UkrDGRI (in Ukrainian).
- Nechaev, S. V., Hurskyy, D. S., Bakarzhiev, A. Kh., Voynovskyy, A. S., Isakov, L. V., & Makivchuk, O. F. (2002). Uranium deposits, rare and rare-earth metals on the Ukrainian Shield. *Mineralogichnyi zhurnal*, 24(4), 5—21 (in Ukrainian).
- Nechaev, S. V., Gurskiy, D. I., & Tretyakov, E. I. (2005a). Lithium. Polokhovskyy deposit. In N. P. Scherbak, & A. B. Bobrov (Eds), *Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine* (Vol. 1, pp. 293—307). Kiev-Lvov: Tsentr Evropy (in Russian).
- Nechaev, S. V., Esipchuk, K. E., Shumlyanskiy, V. A.,

- Gurskiy, D.S., & Kalinin, V.I. (2005b). An outline of metallogeny and the evolution of ore formation in the Earth's crust of Ukraine. In N.P. Scherbak, & A.B. Bobrov (Eds), *Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine* (Vol. 1, pp. 639—704). Kiev-Lvov: Tsentr Evropy (in Russian).
- Nechaev, S.V., Esipchuk, K.E., Shumlyanskiy, V.A., Lebed, N.I., & Tretyakov, Yu.I. (2005c). Noble metals. Gold. In N.P. Scherbak, & A.B. Bobrov (Eds), *Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine* (Vol. 1, pp. 484—541). Kiev-Lvov: Tsentr Evropy (in Russian).
- Nechaev, S.V., & Kononov, Yu.V. (1963). A new genetic type of rare-earth mineralization in Precambrian migmatites of the European part of the USSR. *Sovetskay geologiya*, (8), 123—126 (in Russian).
- Nechaev, S.V., & Krivdik, S.T. (1989). Geological regularities of the location of alkaline rocks in the Ukrainian Shield. *Geologicheskij zhurnal*, (3), 113—120 (in Russian).
- Nechaev, S.V., Makivchuk, O.F., Belykh, N.A., Ivanov, B.N., Kuzmenko, A.K., Prytkov, F.Ya., Bondarenko, S.N., Bugaenko, V.N., & Syomka, V.A. (1991). The new rare-metal region of the Ukrainian Shield. *Geologicheskij zhurnal*, (4), 119—123 (in Russian).
- Nechaev, S.V., & Syomka, V.A. (1989). *Skarns of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, 212 p. (in Russian).
- Pavlyuk, V.M., Bobrov, O.B., Vysotskiy, B.L., Dovgan, R.M., Zhovynskyy, E.Ya., Kostenko, M.M., Lykov, L.I., & Tsymbal, S.M. (2008). *Report on the theme "Geology, petrology, geochemistry, age and ore bearing of the mafite-ultramaphite associations of the western part of the Ush"*. Books 1—6. Kiev: Fund of State Enterprise "Ukrainian Geological Company", 683 p. (in Ukrainian).
- Pastukhov, V.G., & Nechaev, S.V. (2001). *Analysis of tectonic evolution and metallogenic zonation of the Ukrainian Shield on the basis of modern geological concepts*. Report on topic N. 116/98. Kyiv: Publ. of the UkrDGRI, 166 p. (in Ukrainian).
- Ponomarenko, O.M., Pavlov, G.G., & Pavlova, O.O. (2018). Potassium-argon geochronometry of the fault zones of the Precambrian Ukrainian Shield: *Actual problems of geochemistry, petrology, petrography and mining. Abstracts of the International Scientific Conference* (pp. 44—45). Kyiv: Publ. of the GMR of NAS of Ukraine (in Ukrainian).
- Syomka, V.O., Melnichenko, B.F., Bondarenko, S.M., Hrinchenko, O.V., & Syomka, L.V. (2011). Mineral composition wolframite-bearing greisen of Zhovtorichenskiy ore field (Kryvyi Rig-Kremenchug Interblock Zone). *Heokhimiya ta rudoutvorenniya*, (30), 69—75 (in Ukrainian).
- Sollogub, V.B. (1986). *Lithosphere of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, 183 p. (in Russian).
- Starostenko, V.I., Gintov, O.B., & Kutas, R.I. (2011). Geodynamic development of the lithosphere of Ukraine and its role in the formation and location of mineral deposits. *Geofizicheskij zhurnal*, 33(3), 3—22. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116919> (in Russian).
- Stoyanov, S.S. (1977). *The mechanism of formation of discontinuous zones*. Moscow: Nedra, 144 p. (in Russian).
- Sukach, V.V. (2002). *Geological structure and gold-bearing of the Solonian ore field (Surskaya structure, Middle Dnieper area)*: Extended abstract of candidate's thesis. Kiev, 16 p. (in Ukrainian).
- Sukach, V.V., & Ryazantseva, L.O. (2018). Complex gold and molybdenum deposits and ore manifestations in the green stone belts of the Middle Pridniprovy'e of the Ukrainian Shield. *Mineralni resursy Ukrayiny*, (2), 3—9 (in Ukrainian).
- Usenko, O.V. (2015). Conditions of formation of ferruginous rocks of the Middle Bug area. *Geofizicheskij zhurnal*, 37(4), 32—50. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111122> (in Russian).
- Chekunov, A.V., & Kuchma, V.G. (1980). The relationship between the deep structure of faults and the distribution of endogenic mineralization (on the example of the Ukrainian Shield). *Doklady AN USSR*, 247(6), 1472—1474 (in Russian).

- Chekunov, A.V., Sollogub, V.B., Pashkevich, I.K., Krasovskiy, S.S., & Kutas, R.I. (1989). Lithospheric heterogeneities of the South of the Eastern European platform. *Doklady AN Ukrainy. Ser. B*, (3), 27—31 (in Russian).
- Shevchuk, V.V. (2012). The ratio of the Proterozoic autochthonous granite formation and deformation processes within the Talnov zone of faults (Ukrainian Shield). *Visnyk Kyyivskoho universytetu. Ser. Heolohiya*, (56), 5—7 (in Russian).
- Sherman, S.I., Gintov, O.B., Bornyakov, S.A., Isay, V.M., & Kobylyanskiy, V.B. (1988). The nature of fault formation in the consolidated crust and the modeling of shear fracture zones. *Geofizicheskiy zhurnal*, 10(1), 13—21 (in Russian).
- Sherman, S.I., Seminskiy, K.Zh., Bornyakov, S.A., Adamovich, A.N., & Buddo, V.Yu. (1994). *Fault formation in the lithosphere. Zones of compression*. Novosibirsk: Nauka, 263 p. (in Russian).
- Sherman, S.I., Seminskiy, K.Zh., Bornyakov, S.A., Adamovich, A.N., Lobatskaya, R.M., Lysak, S.V., & Levi, K.G. (1992). *Fault formation in the lithosphere. Zones of stretching*. Novosibirsk: Nauka, 228 p. (in Russian).
- Sherman S.I., Seminsky K.Zh., Bornyakov S.A., Buddo V.Yu., Lobatskaya, R.M., Adamovich, A.N., Truskov V.A., Babichev A.A. (1991). *Fault formation in the lithosphere. Shear zones*. Novosibirsk: Nauka, 262 p. (in Russian).
- Yaroshchuk, M.A. (1983). *Iron-ore formations of the Belotserkovsk-Odessa metallogenic zone*. Kiev: Naukova Dumka, 224 p. (in Russian).
- Bogdanova, S.V., Pashkevich, I.K., Gorbatshev, R., & Orlyuk, M.I. (1996). Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*, 268(1-4), 1—21. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00232-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00232-6).
- Nechaev, S., & Pastukhov, V. (2001). Links between the Proterozoic anorthosite-rapakivi granite plutons and ore-forming events in the Ukrainian Shield (ore of titanium, uranium, rare metal and gold). *Norges geologiske undersøkelse Special Publication* (9), 27—33.