

## ГЕОЛОГИЯ РОДОВИЩ КОРИСНЫХ КОПАЛИН

УДК 550.83: 550.3: 553.495

А. Калашник, д-р геол. наук, ст. науч. сотруд., проф.  
E-mail: kalashnik\_anna1@ukr.net  
Кировоградская летная академия Национального авиационного университета  
ул. Добровольского, 5, г. Кропивницкий, 25001, Украина  
А. Кузьмин, вед. геолог  
E-mail: avkuzmin@ukr.net  
Казенное предприятие "Кировгеология"  
ул. М.Бойчука, 8/9, г.Киев, 01103, Украина

### МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОЛНОВАХСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ УЩ

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол. наук, проф. В.А. Михайловым)

Целью проведенной работы является выявление новых закономерностей формирования месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых различной металлогенической специализации в Волновахской рудной зоне сочленения Приазовского мегаблока Украинского щита (УЩ) с Донбассом с учетом особенностей глубинного строения литосферы.

Выполнен анализ геофизической, геологической, петрологической, радиогеохимической информации по особенностям формирования, размещения основных типов месторождений и рудопроявлений в зоне сочленения Приазовского мегаблока Украинского щита с Донбассом в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы, астеносферы, разломной тектоникой. Выявлены особенности глубинного строения литосферы и их физические параметры, которые влияли на условия металлогенического разнообразия и интенсивного рудообразования при формировании месторождений и рудопроявлений различной металлогенической специализации в Волновахской рудной зоне. Проанализирована металлогеническая специализация основных проявленных в районе исследований этапов тектонической активизации. Определены новые закономерности формирования месторождений и рудопроявлений различных полезных ископаемых в зоне сочленения Приазовского мегаблока УЩ и Донбасса, включая урановое оруденение. В частности, установлена их связь с очаговыми структурами многократно проявленного магматизма различного состава, гидротермальной деятельности, ореолами вторичных метасоматических изменений вмещающих пород в пределах глубинных разломов и узлов их пересечения над зоной резкого изменения мощности литосферы склона Украинского щита, и формирования бароградиентных зон в астеносфере в процессе эволюции Земли.

Практическое значение проведенного исследования состоит в повышении эффективности металлогенических прогнозов за счет расширения спектра используемых факторов формирования металлогенического разнообразия и интенсивности рудообразования, геофизических и петролого-геохимических индикаторов первичного масштабного концентрирования рудогенных компонентов различной металлогенической специализации в астеносфере. Это позволяет обоснованно определять перспективы территорий на возможность формирования крупных рудоконцентраций различной металлогенической специализации с выделением площадей наиболее вероятной их локализации.

Ключевые слова: литосфера, металлогеническое разнообразие, интенсивный рудоогенез, зона сочленения Приазовского мегаблока и Донбасса, Волновахская рудная зона.

**Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями.** Приазовский мегаблок УЩ характеризуется оригинальной металлогенической зональностью с рудоконцентрациями обширного спектра и различного ранга, включая крупные месторождения различной металлогенической специализации. В целом он представляет редкометалльно-железорудную металлогеническую область. Ведущими металлами являются: железо, циркон, титан, молибден, алюминий, а из нерудных – графит и вермикулит. Кроме того, в Приазовье известны проявления акцессорной минерализации – Та, Nb, W, Sn, Ni, Co, Pb, Cu, Li, Rb, Ce, Hg и Au.

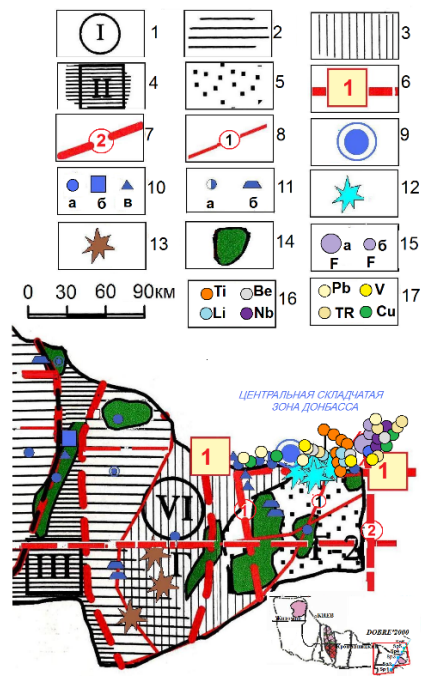
Приазовский мегаблок УЩ является уникальным также по практически полному набору генетических типов уранового оруденения, однако выявленные в его пределах уранопроявления различного ранга немногочисленны. Большая часть из них (9 рудопроявлений и Николаевское непромышленное уран-ториевое месторождение) сосредоточены в Волновахской рудной зоне, расположенной в зоне сочленения Приазовского мегаблока УЩ с Донецким складчатым сооружением (ДСС) (рис. 1). Волновахская рудная зона отличается проявлением обширного спектра рудных и нерудных полезных ископаемых различного ранга. В ее пределах выявлены месторождения флюорита, урана, нефелиновых руд, фосфоритов; рудопроявления урана, тория, кобальта, меди, ниобатов, свинца, цинка, никеля, бериллия, титана, алюминия, молибдена, вольфрама, ванадия, олова, золота; проявления урана, тория, марганца, меди, свинца, цинка, никеля, титана, алюминия, молибдена, вольфрама, кобальта, ванадия, олова, бериллия, ниобия, лития, циркония, церия, золота.

Результаты исследований факторов металлогенического разнообразия и интенсивного рудоогенеза Волновахской рудной зоны сочленения Приазовского мегаблока УЩ и Донецкого складчатого сооружения с учетом глубинного строения литосферы могут в значительной степени дополнить информацию об условиях формирования уже выявленных месторождений полезных ископаемых этого региона, а также перспектив поиска новых.

**Обзор публикаций и нерешенные части проблемы.** Рассматривая мантию как основной источник рудогенных компонентов при формировании крупных рудных концентраций различной металлогенической специализации на верхних структурных этажах земной коры, нами выявлен ряд глубинных факторов формирования крупных месторождений урана [7], U-V-TR-Sc [8], Li и Та-Li руд [6] на Украинском щите (УЩ), рассмотрены основные факторы металлогенического разнообразия и интенсивного рудоогенеза центральной части УЩ, закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с глубинным строением литосферы Украинского щита [7]. Это позволяет обоснованно определять перспективы территорий на возможность формирования крупных рудоконцентраций урана, U-V-TR-Sc, Li и Та-Li руд с выделением площадей наиболее вероятной их локализации.

В зоне сочленения Приазовского мегаблока УЩ и ДСС при изучении металлогенического разнообразия особый интерес представляет Волновахская рудная зона, пространственно связанная с Южнотонбасской минерогенической разломной зоной, где нами ранее была установлена и исследована пространственная, временная и геохимическая связь между формирова-

нием урановорудных объектов и проявлениями щелочно-ультраосновного магматизма [5]. По данным ГСЗ, Южнодонбасский разлом четко фиксируется в рельефе поверхности Мохо и на его мантийное проникновение указывает проявленность ультраосновного и щелочного магматизма [17].



**Рис. 1. Схема размещения месторождений и рудопроявлений рудных и нерудных полезных ископаемых в северо-восточной части Приазовского мегаблока УЩ и сопредельной территории:**

- 1 – Приазовский мегаблок УЩ (IV); 2 – протоплатформенный массив мезоархейского заложения; 3 – Приазовский протоплатформенный массив палеопротерозойского заложения (Г); 4 – Орехово-Павлоградская шовная зона (III); 5 – мезопротерозойская фаза развития мантийных диапиров; Г-2 – Восточно-Приазовский плутон; 6 – осевая линия Южно-Донбасской широтной минерагенетической зоны (Волновахская рудная зона) с установленным пространственным и временным сопряжением кимберлитопоявлений и урановорудных объектов (1); 7 – осевые линии глубинных разломов I порядка: 1 – Криворожско-Павловский; 2 – Грузско-Еланчикский; 8 – осевые линии разломов II порядка: 1 – Кумачевский; 9 – Николаевское торий-урановое месторождение гидротермального типа в минерализованных зонах; 10-11 – рудопроявления урана: 10 а – гидротермального типа в минерализованных зонах; 10 б – осадочно-метаморфогенные в конгломератах и песчаниках кристаллического фундамента; 10 в – гидротермально-метасоматические в калиевых метасоматитах и пегматоидных гранитах; 11 а – гидротермальные уранбитумные в зонах дробления пород кристаллического фундамента, 11 б – магматические в интрузивных массивах щелочных сиенитов, лейкократовых гранитов и карбонатитов; 12 – кимберлитовые трубки, 13 – эксплозивные лампроитопоявления (трубки); 14 – потенциальные ториеворудные узлы; 15: а – Покрово-Киреевское месторождение флюорита, б – рудопроявления флюорита; 16–17 – рудопроявления различных металлических полезных ископаемых

В геологическом строении зоны сочленения Приазовского мегаблока и ДСС выделяются три структурных этажа. Нижний (докембрийский) структурный этаж представлен наиболее древними, существенно измененными в условиях метаморфизма и ультраметаморфизма породами неархейской и палеопротерозойской групп. Средний (герцинский) структурный этаж представлен палеозойскими осадочными, вулканогенно-осадо-

чными и интрузивными породами и верхний (альпийский) структурный этаж выполнен слабо литифицированными мезо-кайнозойскими осадочными отложениями платформенного чехла [3]. Зона сочленения Приазовского мегаблока с Донбассом характеризуется блоковой тектоникой с чередованием горст-грабеновых структур. Данная территория испытала несколько этапов активизации. Отмечается как минимум две фазы магматизма – девонская и пермь-триасовая с образованием штоков, штокоподобных тел основных, ультраосновных пород, туфобрекчий, лавобрекчий, гипабиссальных интрузий различного состава.

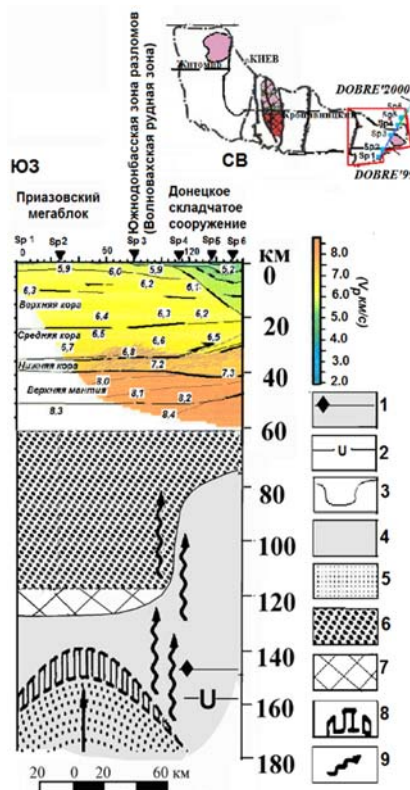
Заложение горсто-грабеновых структур зоны сочленения Приазовского мегаблока УЩ с Донбассом по данным работы [16] произошло в раннефранское время в связи с тектоническими движениями, интенсивно проявившимися после формирования осадочных пород николаевской свиты (средний девон). Формирование магматических пород андезит-трахиандезитового комплекса, слагающих дайки, штоки, лакколиты, лополиты и другие тела широко развитые в зоне сочленения Приазовского мегаблока и ДСС происходило, по мнению большинства исследователей региона [1, 2, 3, 16 и др.], в позднеорогенный этап развития Донецкого бассейна (в пфальскую фазу герцинского орогенеза, проявившуюся в Донбассе на границе перми и триаса). Днепровско-Донецкая впадина (ДДВ) и Донбасс на протяжении многих лет интенсивно исследуются геологическими и геофизическими методами. В последние годы интерес к глубинному строению литосферы данного региона особенно велик в связи с оценкой перспектив его нефтегазоносности, в частности с позиций абиогенного происхождения углеводородов. Однако при этом исследования касались, в первую очередь, сегментации консолидированной коры и сопоставления ее с разломной тектоникой и структурой осадочного чехла с целью выявления геолого-геофизических неоднородностей литосферы как показателей разных этапов формирования Днепровско-Донецкого палеорифта [1, 11] и его эволюции. С разломной тектоникой зоны сочленения Приазовского мегаблока и Донецкого бассейна также связаны многочисленные проявления металлических полезных ископаемых различной металлогенической специализации и широкий спектр месторождений нерудных полезных ископаемых (флюорит, барит, фосфориты и др.), что вероятнее всего также обусловлено специфическим глубинным строением и эволюцией литосферы региона.

На данном этапе исследований важной задачей является выявление закономерностей формирования и размещения месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых различной металлогенической специализации и обоснование факторов металлогенического разнообразия в Волновахской рудной зоне сочленения Приазовского мегаблока Украинского щита с Донбассом с учетом особенностей глубинного строения литосферы. Это может позволить существенно повысить эффективность геологоразведочных работ.

**Изложение основного материала.** Проанализируем специфику глубинного геологического строения Приазовского мегаблока УЩ и зоны его сочленения с Донбассом, а также особенности проявленного оруденения различной металлогенической специализации, в том числе уранового, по данным результатов, специализированных на уран-геологоразведочных работах.

По данным ГСЗ, мощность литосферы в пределах Приазовского мегаблока составляет 150–170 км [13] (рис. 2), земной коры – 35–47 км. В северной части Центральноприазовской зоны разломов наблюдается валообразное поднятие границы М северо-западного

направления. В северной части восточной половины мегаблока наблюдается ровообразное понижение границы М. Для Приазовского мегаблока УЩ характерна минимальная глубина залегания поверхности Мохо от 40 до 28 км (рис. 2) и наиболее поднятая нижняя граница земной коры для УЩ. По данным интерпретации ГСЗ, по профилю Приморск–Константиновка–Сватово в зоне сочленения Приазовского мегаблока и Донецкого складчатого сооружения (ДСС) [4] выделена глубинная мантийная интрузия. Геологическая граница между Приазовским мегаблоком и ДСС – Криворожско-Павловский разлом, проявляющийся по поверхности фундамента сбросом амплитудой 2 км (ПК 148). Яркой особенностью нижнего этажа зоны сочленения Приазовским мегаблоком и ДСС является упорядоченное скопление точек дифракции и отражающих площадок. Это позволило предположить [4], что его образование связано с внедрением мантийного вещества. Залегающий выше участок коры с пониженной скоростью 5,8 км/с, возможно, является продуктом выплавления магм из пород архейско-палеопротерозойской коры, сформировавшимся под воздействием тепловых процессов, сопровождавших мантийную интрузивную деятельность.



**Рис. 2. Скоростная сейсмическая модель Р-волн коры и верхней мантии и петрологическая модель литосферы вдоль профилей DOBRE'99, DOBRE'2000 (по материалам [13,14,17]):**

- 1 – граница стабильности графит-алмаз; 2 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных транслитосферных флюидов; 3 – граница литосфера-астеносфера; 4 – астеносфера; 5 – железистые ультрабазиты (железистые дуниты), ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы; 6 – амфиболовые и пироксеновые глиммериты, шпинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 7 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур, гранатовые лерцолиты с реликтами деформированных астеносферной ловушки, сформированный вследствие импульсной дегазации ядра и мантии; 8 – термобарогradientный фронт глобальной астеносферной ловушки, сформированный вследствие импульсной дегазации ядра и мантии; 9 – астеносферные флюидопотоки

В зоне сочленения Приазовского мегаблока и Донбасса по модели коры и верхней мантии вдоль профилей DOBRE'99, DOBRE'2000 в разрезе по вертикали скорости с глубиной непрерывно увеличиваются [17]. В районе ПК 80-100, соответствующего положению Южно-Донбасской разломной зоны, вмещающей Волновухскую рудную зону, в основании средней коры появляются аномальные области дифракции, предположительно связываемые с формированием мафических и ультрамафических обособлений, развитые, главным образом в нижней коре и кровле верхней мантии скоростных разрезов в зоне сочленения Приазовского мегаблока и Донецкого складчатого сооружения.

В зоне сочленения Приазовского мегаблока и ДСС (Южно-Донбасская зона разломов) установлен ряд кимберлитовых трубок (Новоласпинская, Надия, Южная, Петровская), даек (Новоласпинская, Южная) и Горняцкое кимберлитопоявление (рис. 1). На проявленность глубинных мантийных процессов в пределах Южно-Донбасской зоны разломов указывают также флюидизатно-эксплозивные образования Староласпинского и Горняцкого участков. Возраст кимберлитов Восточного Приазовья, полученный Rb-Sr изохронным методом по макрокристам неизмененного флогопита, для трубки Новоласпинская 380–391 млн лет, для отдельных флогопитов 465 млн лет, для трубки Южная 383–389 млн лет, для отдельных флогопитов 423 млн лет [15]. По данным [15], в кимберлитах трубки Южная имеются мегакристы флогопита возраста  $598 \pm 6$  млн лет (определен K-Ar методом в ИГМР НАН Украины). Это позволило [15] сделать вывод, что протокимберлитовый расплав в северо-восточной части Приазовского мегаблока начал формироваться не в девоне, а значительно раньше. В кимберлитах указанных трубок пиропы являются продуктами дезинтеграции разноглубинных и разных по составу перидотитов графит-пироповой фации глубинности. Пиропы гарцбургитового парагенезиса алмаз-пироповой фации глубинности встречаются крайне редко [12]. Хромшпинелиды указанных кимберлитовых трубок относятся к образованиям преимущественно лерцолитового состава, с формированием в диапазоне давлений 30–32 кбар, т.е. в условиях графит-пироповой фации глубинности (125–130 км) [12]. Единичные находки пиропов и хромшпинелидов алмазной ассоциации, мелких алмазов позволяют предполагать лишь мелкие локальные очаги генерации кимберлитовых магм на границе алмаз- и графит-пироповой фаций глубинности (~250 км). В Южно-Донбасской разломной зоне магматизм также представлен среднедевонскими интрузиями перидотитов, пироксенитов, эффузиями щелочных базальтоидов и верхнедевонскими субвулканическими телами щелочных пород (нефелиновые сиениты, маляниты, феолизиты и др.). Это свидетельствует о наличии в зоне сочленения Приазовского мегаблока УЩ и ДСС химической вертикальной неоднородности, которая возникла, видимо, вследствие интенсивного плавления мантии и последующего разновозрастного подъема скоплений легкоплавких компонентов в процессе длительного активного геологического развития. Литосфера этой части склона УЩ характеризуется уменьшением мощности в пограничной зоне Приазовского литосферного сегмента и формированием латеральных барогradientных зон в астеносфере. Это обеспечивало условия для изменения составов мантийных флюидов, а также инверсию форм переноса рудогенных компонентов к верхним горизонтам земной коры по разломам транслитосферного проникновения. Воздействия мантийных флюидов на породы земной коры и верхней мантии фиксировались в виде магматических явлений, процессов гранитизации, метаморфизма, метасомати-

ческих изменений, выполнения минеральными агрегатами определенной металлогенической специализации трещин и тектонических зон, структур.

Многочисленные тектонические активизации, проявленные в Приазовском мегаблоке УЩ и зоне его сочленения с Донбассом, приводили к фрагментарному разрушению сформированных ранее структур, открывая пути к проникновению мантийного материала, инициировали проявления соответствующего магматизма, флюидизационно-эксплозивной деятельности и рудогенеза, что способствовало проявлению металлогенического многообразия рудоконцентраций. Однако эти процессы нельзя отрывать от общего геологического развития Приазовского мегаблока в целом.

В восточной части Приазовского мегаблока выделяется Приазовская мегаструктура, охватывающая одноименный мантийный диапир (рис. 1). На поверхности фундамента он выражен образованиями хлебодаровского и более поздних южно-кальчикского, октябрьского и каменномогильского комплексов. Образования этих комплексов формируют единый плутон длительного образования на площади от р. Каратыш (на западе) до р. Грузской Еланчик (на востоке) (рис. 1). В состав плутона входит группа массивов хлебодаровского комплекса (Кальмиусский, Еланчикский, Талаковский, Греко-Александровский, Хлебодаровский, Дубовский) обеих субформаций габбро-сиенитовой формации (Володарский, Октябрьский), малые интрузии субщелочных редкометалльных гранитов каменномогильского комплекса (Каменномогильский, Екатериновский, Стародубовский). Все эти массивы рассматриваются как эродированные части единого плутона. Этот плутон расположен непосредственно над мантийным диапиром. В пределах плутона также установлен ряд проявлений, которые могут быть отнесены к ультраосновной с карбонатитами формации и связанных с ней фенитов (Петрово-Гнутовское, Хлебодаровское, Дмитровское).

Массивы хлебодаровского комплекса сформированы в эпоху 2030 млн лет [9]. Породы хлебодаровского комплекса специализированы на Sc, Mo, Sn, TR. Среди пород хлебодаровского комплекса залегает жилородная Петрово-Гнутовская залежь с признаками принадлежности к поздним карбонатитам, вмещающая редкоземельное с торием оруденение. Щелочные образования южно-кальчикского комплекса сформировались в эпоху 1810–1790 млн лет и образуют Володарский интрузивный массив. Октябрьский и Малотерсянский массивы сформированы в основном в период 1800–1700 млн лет [9]. Однако породы этих двух массивов сохранили следы и более древних (2050 млн лет) [9] образований вероятно щелочной ультраосновной формации, о чем, в частности, свидетельствуют карбонатные породы в пределах массивов и часть определений изотопного возраста. Образования южно-кальчикского комплекса имеют Zr-TR-Y геохимическую специализацию, а Октябрьского и Малотерсянского массивов – имеют Ni-Co-Cr-Ti-Nb-TR специализацию. Субщелочные редкометалльные граниты каменномогильского комплекса имеют Li-Be-Sn-W-Mo геохимическую специализацию. Габбро-сиенитовая формация и ее коры выветривания – важный источник циркона и редкоземельных элементов. В западной части Володарского интрузивного массива габбро-сиенитов выявлено крупное Азовское месторождение фтор-редкометалльно-редкоземельной с торием рудной формации. Рудная минерализация располагается в штоках щелочнополевошпатовых сиенитов. Состав руд – циркон-бриолитовый (бастнезитовый). Октябрьский массив вмещает Мазуровское месторождение ниобий-тантал-циркониевых руд.

К зоне Криворожско-Павловского разлома на восток от Октябрьского массива приурочено Анадольское месторождение, представленное кварц-флюоритовыми жилами с ортитом, бритолином и фтор-карбонатом. Здесь предполагается шток пород октябрьского комплекса, с которым связано развитие фенитов. Оруденения Азовского, Мазуровского, Анадольского, Новополтавского месторождений связывают с мантийными флюидами, которые приносили щелочи, редкоземельные и радиоактивные элементы, обогащая ими первичный расплав после главной фазы кристаллизации [2].

На проявленность в пределах Приазовского мегаблока мантийных процессов, кроме щелочных и субщелочных породных комплексов, также указывают установленные штоки и дайки лампроитов (трубки Мрия, Конка и др.) возраста 1970–1950 млн лет (по флогопиту K-Ag метод) [15], серия малых интрузий кимберлит-лампроитового ряда колларовского комплекса возраста 1900–1760 млн лет [12], Мариупольское поле лампрофиров. В бассейне р. Лозоватка были выявлены высокомагнезиальные слюдяные ультрабазиты лампроитовой серии (1970–1950 млн лет) [12], залегающие в виде маломощных даек.

Многофазный Покрово-Киреевский массив, приуроченный к Южно-Донбасскому разлому, имеет черты как щелочной ультраосновной формации (390–326 млн лет [9]) так и габбро-сиенитовой формации калиевого ряда (290–165 млн лет [9]). Среди пород массива выявлены габбро-пироксениты, перидотиты, малиниты, нефелиновые сиениты, щелочные базальты, лимбургиты, авгититы, трахиты, а также кимберлитоподобные покрывы нескольких этапов внедрения и эруптивные брекчии [12].

В зоне сочленения УЩ с Донбассом развиты вулканогенно-осадочные образования франского яруса верхнего девона, среди которых выделяется антон-тарамская свита (D<sub>2-3at</sub>), выполненная, преимущественно, эффузивно-вулканокластическими породами основного состава (базальтами, пикрито-базальтами, андезито-базальтами и их туфами). Широкий распространением в зоне сочленения Приазовского мегаблока с Донбассом характеризуются породы андезит-трахиандезитового палеозой-мезозойского магматического комплекса (P<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>) – дайки и штокоподобные тела андезитовых порфиритов, андезито-базальтов, андезито-дацитовых порфиритов, трахиандезитов, кварцевых порфиритов.

Таким образом, в пределах Приазовского мегаблока УЩ и зоне его сочленения с ДСС отмечается несколько этапов тектонических активизаций, в том числе связанных с заложением и развитием Восточно-Приазовского мантийного диапира. С первым этапом связано формирование образований хлебодаровского, анадольского, салтычанского, черниговского, а также первой фазы октябрьского и малотерсянского комплексов. Второй этап развития диапира проявился в появлении образований южно-кальчикского, каменномогильского и второй фазы октябрьского и малотерсянского комплексов. Герцинский этап активизации привел к формированию покрово-киреевского комплекса, а также штокоподобных интрузивных и эксплозивных образований габбро-сиенитовой формации в южной части Приазовского мегаблока. Покрово-Киреевский комплекс является многофазным, имеет очень своеобразный состав. Его появление, скорее всего, связано с дальнейшим развитием Восточно-Приазовского мантийного диапира. Металлогению этого региона нельзя отрывать от общего рассмотрения многоэтапного развития щелочного магматизма.

Очень важным критерием прогнозирования рудных месторождений являются области распространения метасоматически измененных пород. Отметим, что в целом Приазовский мегаблок отличается широким развитием таких высокотемпературных формаций метасома-

титов как фениты, карбонатиты, магнезиальные метасоматиты, а среди низкотемпературных формаций преобладают флюорит-карбонатные метасоматиты и проявление халцедоновой минерализации, а также сульфидов меди, свинца, серебра и кобальта, не отмечаются эйситы. Ореолы метасоматических формаций контролируются главным образом тектоническими зонами и узлами их пересечений. Волновхская рудная зона широкого простирания трассируется цепочкой ореолов распространения различных метасоматических формаций. Наиболее значительный из них имеет размеры 20х12 км и содержит высоко-, средне- и низкотемпературные формации, контуры которых размещены телескопически и совпадают друг с другом. Высокотемпературные формации представлены скарнами, альбитизированными гранитами, грейзенами, среднетемпературные – пропилитами, а низкотемпературный контур представлен гумбеитовой формацией. Дополняет характеристику ореола проявление сульфидной минерализации меди, свинца, кобальта и серебра.

Структурный план зоны сочленения Приазовского мегаблока и ДСС очень сложный, ее секут множество разломов корового и мантийного проникновения. Здесь выделяются глубинные разломы широтного, меридионального, северо-западного, северо-восточного простирания, образующие мозаичную горсто-грабенную систему. В большинстве случаев рудные полезные ископаемые пространственно приурочены к разломам различных порядков, а также к узлам их пересечений и генетически связаны с гидротермальной деятельностью, с широко проявленным магматизмом различного возраста, с вторичными метасоматическими изменениями вмещающих пород. Выявлен также широкий спектр нерудных полезных ископаемых (флюорит, барит, фосфориты и др.).

Две наиболее интенсивно проявленные в зоне сочленения Приазовского мегаблока и ДСС фазы магматизма – девонская и пермь-триасовая, сопровождались образованием штоков и штокоподобных тел основных и ультраосновных пород, мелких габбиссальных интрузий кератофилов, ортофилов, лавобрекчий и т.п. С магматической активизацией именно этих периодов связаны также интенсивные процессы метасоматоза, выраженные карбонатизацией, окварцеванием, хлоритизацией, флюоритизацией вмещающих пород с образованием рудной минерализации широкого спектра (уран, торий, пирит, халькопирит, редкие металлы, редкоземельные элементы и т.д.).

Выявленные уранопоявления в Приазовском мегаблоке УЩ являются малочисленными, относятся к различным генетическим типам. Основная их часть сосредоточена в пределах Волновхской рудной зоны (рис. 1). По минеральным ассоциациям и по содержанию U, Th в Волновхской рудной зоне выделяется три типа руд – уран-ториевые (Николаевское месторождение), урановые (балка Большая Барсукова, балка Мандрыкина, Стыльское, Войковское и др.) и комплексные (руды Покрово-Киреевского (Еланчикского) уран-ториевого рудопроявления включают процентные содержания бериллия и ниобия).

Уран-ториевое оруденение Николаевского месторождения локализовано в базальном слое николаевской свиты. Оно образует прерывистую полосу залежей северо-западного простирания, прослеженную на несколько километров. Базальный слой слагают континентальные и прибрежно-морские гравелито-песчаники мощностью до 30 м. В отложениях базального слоя выделяют два сближенных по вертикали горизонта ураноносных гравелито-песчаников. Отмечается зональность в распределении урана в зависимости от литофациальных особенностей. Рудные тела имеют пластообразную форму, в разрезе переходят от одного литологического типа

пород в другой, захватывая и кору выветривания докембрийских пород. Урановая минерализация представлена настураном и в меньшей мере урановыми чернями, а также сорбцией на окислах и гидроокислах железа, марганца, гидрослюдах, монтмориллоните и углистом веществе. Ториевые минералы представлены ураноторитом, ферриторитом и монацитом. Породы, вмещающие оруденение, катаклазированы, измельчены, брекчированы, милонитизированы, изменены наложенными процессами окварцевания, карбонатизации, хлоритизации, серицитизации, аргиллитизации, баритизации, гематитизации, альбитизации и пиритизации. Урановое оруденение относится к гидротермальному типу в минерализованных зонах дробления терригенных и карбонатных толщ.

Возраст уранового оруденения Николаевского месторождения составляет  $340 \pm 60$  млн лет (по величине  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ) и соответствует времени внедрения кимберлитовых трубок и субвулканических щелочных пород Покрово-Киреевского комплекса.

Покрово-Киреевское месторождение флюорита приурочено к узлу пересечения меридионального Грузско-Еланчикского и широтного Южно-Донбасского разлома. Гидротермально-метасоматические образования плавикового шпата представляют собой линзу, приуроченную к известнякам турнейского яруса нижнего карбона. По минералогическим особенностям руды Покрово-Киреевского месторождения делятся на три типа: карбонатно-флюоритовые, карбонатно-полевошпат-флюоритовые, экзогенный элливиально-пролювиальный тип руд. Первые два типа руд являются основными на данном месторождении и составляют 95 % всех запасов и 5 % запасов обусловлены экзогенным элливиально-пролювиальным типом руд. Рудопроявления флюорита вскрыты в известняках турнейского яруса нижнего карбона в зонах влияния Кальмиус-Еланчикской зоны разломов, узла пересечения Южно-Донбасского и Грузско-Еланчикского, Кумачовского разломов.

В девонском магматическом комплексе в районе Покрово-Киреевской структуры выявлено Покрово-Киреевское месторождение нефелиновых руд, отнесенное к промышленному.

В Волновхской рудной зоне выявлены рудопроявления меди преимущественно гидротермального генезиса. По минералогическому составу выделяются следующие типы оруденения: медно-колчеданный, скарновый, кварц-халькопиритовый, самородный в базальтовых порфирирах и терригенных отложениях верхнего девона.

В южной части Кальмиус-Еланчикской зоны разломов в пироксенитах верхнего девона и в коре выветривания пироксенитов выявлено 15 рудопроявлений и многочисленные проявления титана, ряд рудопроявлений и проявлений ванадия.

В центральной и южной частях Кальмиус-Еланчикской зоны разломов в ортоклазитах верхнего девона, а также в зонах контакта нефелиновых сиенитов, фонолитов с пикритовыми базальтами, ортофирами выявлены многочисленные рудопроявления бериллия. С бериллиевой минерализацией также связаны повышенные концентрации ниобия, приуроченные к зонам калиевого метасоматоза.

Таким образом, девонская и пермь-триасовая фазы тектонических активизаций, широко проявленные в зоне сочленения Приазовского мегаблока УЩ с ДСС сопровождались интенсивным магматизмом с образованием штоков, даек, штокообразных тел основного, ультраосновного, щелочно-базальтоидного составов, покровов туфобрекчий, палеобазальтов. Они также обеспечивали интенсивные процессы метасоматоза, выразившиеся в образовании разнообразных метасоматитов: от высокотемпературных скарнов до низкотемпературных аргиллитов, с которыми связана рудная минерализация различной специализации – полиметаллы, флюорит,

редкие земли, радиоактивные элементы и др. Основная масса оруденения верхних горизонтов земной коры в Волновахской рудной зоне связана с многоэтапным формированием рудной минерализации в очаговых структурах, представленных интрузивно-магматическими образованиями и комплексами, сформированными в местах подъема транслитосферных флюидных потоков над зонами первичного эффективного концентрирования рудных компонентов на мантийном уровне. Они контролируются зонами долгоживущих разломов транслитосферного проникновения и узлами их пересечения. Волновахская рудная зона трассируется цепочкой ореолов распространения различных метасоматических формаций, контуры которых размещены телескопически и совпадают друг с другом. Все это способствовало формированию в ее пределах металлогенического многообразия рудоконцентраций различного ранга, включая месторождения и рудопроявления.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Металлогенический облик Волновахской рудной зоны сочленения литосферного сегмента Приазовского мегаблока УЩ и Донецкой складчатой структуры определяется в первую очередь особенностями глубинного строения литосферы в этой части склона Украинского щита, в частности резким изменением ее мощности и формированием бароградиентных зон в астеносфере в процессе эволюции Земли. Это привело к формированию в этой пограничной части Приазовского литосферного сегмента различных РТ-условий в астеносфере, обеспечивавших изменения составов мантийных флюидов и инверсию форм переноса рудогенных компонентов к верхним горизонтам земной коры по разломам транслитосферного проникновения. Исходя из связи мощности литосферы и металлогенической специализации (по [10]) в зоне сочленения Приазовского мегаблока и ДСС отсутствуют условия для формирования крупных рудоконцентраций урана, однако имеются предпосылки для формирования значительных концентраций титана, меди, ванадия, бериллия, олова, марганца, TR, ниобия и масштабных скоплений флюоритовых руд.

Немаловажным фактором металлогенического разнообразия и интенсивного рудогенеза Волновахской рудной зоны является локальная очаговая транслитосферная проницаемость контролирующей ее широтной Южнодонбасской зоны разломов и узлов ее пересечения с разломами других простираний (Грузско-Еланчикским, Кумачевским, Криворожско-Павловским и др.), обеспечившая периодический вынос геохимически специализированных разнородных флюидов. В большинстве случаев рудные полезные ископаемые района генетически связаны с очаговыми структурами многократно проявленного магматизма различного состава, гидротермальной деятельности, ореолами вторичных метасоматических изменений вмещающих пород в пределах указанных разломов и узлов их пересечения.

В ходе дальнейших исследований необходимо оценить перспективы обнаружения новых рудных объектов различной металлогенической специализации в пределах Волновахской рудной зоны. Волновахская рудная зона является первоочередным районом поиска новых месторождений флюорита, титана, полиметаллов, меди.

#### Список использованных источников

1. Геодинамическая интерпретация геолого-геофизической неоднородности литосферы Днепровско-Донецкой впадины / В. И. Старостенко, И. К. Пашкевич, И. Б. Макаренко и др. // Доп. НАН України. – 2017. – № 9. – С. 84–94. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.09.084>
2. Геолого-геофизические критерии рудоносности и металлогения областей субдукции Украинского щита / Е. М. Шермет, С. Н. Кулик, С. Г. Кривдик и др.; под ред А. В. Анциферова УкрНИМИ. – Донецк : Науки, 2011. – 285 с.
3. Донской Н.А. Петрохимические и геохимические особенности палеозойского магматического комплекса зоны сочленения Донбасса с приазовской частью Украинского щита / Н. А. Донской, Н. С. Компанец / Тез.

докл. 23 Междунар. научн.-практ. конф. "Геохимия, петрология, минералогия и генезис щелочных пород", Миасс, 18–23 сентября 2006 г., ГЕОХИ РАН. – М. : ГЕОХИ РАН, 2006. – С. 47–48.

4. Ильченко Т.В. Сейсмическая модель земной коры по профилю ГСЗ Приазовский массив – Донбасс-Воронежский массив / Т. В. Ильченко // Геофиз. журн. – 1992. – Т. 14, № 5. – С. 50–59.

5. Калашник А.А. Геолого-структурные особенности пространственного размещения урановорудных объектов и кимберлитопоявлений в Южнодонбасской минерагенической зоне / А. А. Калашник // Геохімія і рудоутворення – 2011. – Вып. 29 – С. 106–119.

6. Калашник А.А. Глубинные факторы формирования крупных промышленных месторождений лития в редкометальных пегматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района УЩ. Статья 1. Основные физико-химические свойства элементов парагенезиса руд в редкометальных пегматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района и геохимическая характеристика метасоматитов / А. А. Калашник // Мінеральні ресурси України. – 2015. – № 2. – С. 12–21.

7. Калашник А.А. Закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита / А. А. Калашник // Вісн. Київ. нац. ун-ту. Геологія. – 2016. – Т. 74, № 3. – С. 51–57.

8. Калашник А.А. Новые возможности технологии прогноза и поиска промышленных уран-полиметалльных месторождений на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудных компонентов / А.А. Калашник // 36. наукових праць УкрДГП. – 2014. – № 3-4. – С. 114–137.

9. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита / К. Ю. Єсипчук, О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк та ін. – К. : УкрДГП, 2004. – 30 с.

10. Летников Ф.А. Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования / Ф. А. Летников // Глубинные условия эндогенного рудообразования. – М. : Наука. – 1986. – С. 16–24.

11. Пашкевич И.К. Магнитная неоднородность, разломная тектоника консолидированной земной коры и нефтегазоносность Днепровско-Донецкого авлакогена / И. К. Пашкевич, М. И. Орлюк, Т. В. Лебедь // Геофиз. журн. – 2014. – Т. 36, № 1. – С. 12–21.

12. Перспективы коренной алмазности Украины / Ю. В. Гейко, Д. С. Гурский, Л. И., Лыков и др. – Киев; Львов : Центр Европы, 2006. – 200 с.

13. Соллогуб В.Б. Литосфера Украины / В. Б. Соллогуб – К. : Наук. думка. – 1986. – 184 с.

14. Федоршин Ю.І. Просторова модель глибинної будови літосфери Українського щита у зв'язку з перспективами промислової алмазності / Ю. І. Федоршин, О. В. Фесенко, О. Б. Денег // Мінеральні ресурси України. – 2006. – № 3. – С. 8–12.

15. Цымбал С.Н. Возраст кимберлитов Приазовского геоблока Украинского щита (по геологическим и изотопным данным) / С. Н. Цымбал, А. О. Кременецкий, С. Н. Стрекозов // Материалы конф. "Щелочной магматизм Земли и его рудоносность", Донецк, 2007. – С. 245–248.

16. Шаталов Н.Н. Структурно-геологические условия локализации штоков и даек андезит-трахиандезитового комплекса зоны сочленения Донбасса и Приазовья / Н. Н. Шаталов // Мінеральні ресурси України. – 2013. – № 4. – С. 27–31.

17. Lyngsie S. Rifting and lower crustal reflectivity: A case study of the intra-cratonic Dniepr-Donets rift zone, Ukraine / S. Lyngsie, H. Thubо, R. Lang // Submitted to Journal of Geophysical Research. – 2002. – P. 1–26. <https://doi.org/10.1029/2006JB004795>

#### References

1. Starostenko, V.I., Pashkevich, I.K., Makarenko, I.B., Kuprienko, P.Ya, Savchenko, O.S. (2017). Geodynamical interpretation of the geological and geophysical heterogeneity of the Dnieper-Donets basin lithosphere. *Dopov. Nac. acad. nauk Ukr.*, 9, 84–94. [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.09.084>
2. Shermet, E.M., Kulik, S.N., Krivdik, S.G., Pigulevskiy, P.I., Burahovich, T.K., Zagnitko, V.N., Borodinya, B.V., Strekozov, S.N., Nikolaev, Yu.I., Setaya, L.D., Agarkova, N.G., Antsiferov, V.A. (2011). Geological and geophysical criteria of ore content and metallogeny of the subduction areas of the Ukrainian Shield. *Donetsk: "Nouildzh" Publ.*, 285. [in Russian].
3. Donskoy, N.A. (2006). Petrochemical and geochemical features of the Paleozoic magmatic complex of the Donbas junction zone with the Azov part of the Ukrainian Shield. Abstract book 23 Int. Scientific-practical Conf "Geochemistry, petrology, mineralogy and genesis of alkaline rocks", Miass, 2006, September 18–23. *GEOKHI RAS. Moscow, GEOKHI RAS Publ.*, 47–48. [in Russian].
4. Ilchenko, T.V. (1992). Seismic model of the earth's crust along the DSS profile Priazovsky Massif-Donbass-Voronezhsky Massif. *Geophysical Journal*, 5, 14, 50–59. [in Russian].
5. Kalashnik, A.A. (2011). Geological-structural features of the spatial placing of uranium ore objects and kimberlite magmatism in the South-Donbas mineragenic zone. *Heokhimiya i rudoutvorenniya*, 29, 106–119. [in Russian].
6. Kalashnik, A.A. (2015). Deep factors of formation of major lithium industrial deposits in rare-metal pegmatites of Shpolyano-Tashlytsky ore district of the Ukrainian Shield. Article 2. Deep factors of formation of spatial proximity major industrial uranium and lithium deposits in the Ingulsky megablock. *Mineral Resources of Ukraine*, 2, 12–21. [in Russian].
7. Kalashnyk, G. (2016). Patterns of uranium ore metasomatites localization in association with features of the Ukrainian Shield lithosphere's deep structure. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 74, 3, 51–57. [in Russian].
8. Kalashnik, A.A. (2014). New possibilities of the technology of prognosis and search of uranium-polymetal industrial deposits based on the concept of

initial concentration ore components in asthenosphere. Scientific proceedings of UkrSGRI, 3-4, 114-137. [in Russian].

9. Esipchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M. (2004). Correlation Chronostratigraphic Scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Kyiv: UkrDHRI Publ., 30. [in Ukrainian].

10. Letnikov, F.A. (1986). Maturity of lithospheric blocks and problems of endogenous mineralization. Glubinnye usloviya endogenno rudoobrazovaniya. Moscow: "Nauka" Publ., 16-24. [in Russian].

11. Pashkevich, I.K., Orlyuk, M.I., Lebed, T.V. (2014). Magnetic data, fault tectonics of consolidated Earth crust and oil- and gas content of the Dnieper-Donets avlakogen. Geophysical journal, 36, 1, 12-21. (in Russian)

12. Geiko, Y.V., Gursky, D.S., Metalidi, V. S., Pavlyuk, V.N., Prykhodko, V.L., Tsybmal, S.N., Shymkiv, L.M. (2006). Perspectives of basement diamond productivity of Ukraine. Kyiv: "Tsentr Evropy" Publ., 200. [in Russian].

13. Sollogub, V.B. (1986). Lithosphere of the Ukraine. Kiev: "Naukova dumka" Publ., 184. [in Russian].

14. Fedoryshin, Ju.I., Fesenko, O.V., Denega, O.B. (2006). The spatial model of the deep structure of the lithosphere of the Ukrainian shield at the prospect of industrial diamond. Mineral Resources of Ukraine, 3, 8-12. (in Ukrainian)

15. Tsybmal, S.N., Kremetsky, A.O., Strekozov, S.N. (2007). Age of kimberlites of the Priazovsky Geoblock of the Ukrainian Shield (based on geological and isotopic data). Abstract book Conf. "Alkaline magmatism of the Earth and its ore-bearing". Donetsk: "Noulidzh" Publ., 245-248. [in Russian].

16. Shatalov, N.N. (2013). Structural-geological conditions for the localization of stocks and dikes of the andesite-trachyandesite complex of the joint zone of Donbas and Priazovye. Mineral Resources of Ukraine, 4, 27-31. [in Russian].

17. Lyngsie, S., Thubo, H., Lang, R. (2002). Rifting and lower crustal reflectivity: A case study of the intra-cratonic Dniepr-Donets rift zone, Ukraine. Submitted to Journal of Geophysical Research, 112, 1-26. <https://doi.org/10.1029/2006JB004795>

Надійшла до редколегії 15.12.17

G. Kalashnyk, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher, Prof.  
E-mail: kalashnik\_anna1@ukr.net  
Kirovograd Flight Academy of National Aviation University  
1 Dobrovolskogo Str., Kropyvnytskyi, 25005, Ukraine  
A. Kuzmin, Senior Geologist  
E-mail: avkuzmin@ukr.net  
State enterprise "Kirovgeology",  
8/9 M. Boychuk Str., Kyiv, 01103, Ukraine

## METALOGIC DIVERSITY OF THE VOLNOVAHSKAYA ORE AREA IN CONNECTION WITH FEATURES OF UKRAINIAN SHIELD LITHOSPHERE'S DEEP STRUCTURE

*The objective of the study is to identify new patterns of formation deposits and ore occurrences of different metallogenic specialization in the Volnovahskaya ore zone of junction of the Priazovsky megablock of Ukrainian Shield with the Donbas in connection with the nature of the deep structure of lithosphere.*

*The analysis of geophysical, geological, petrological and radiogeochemical information on the specifics of the formation, placement of the main types of deposits and ore occurrences at the junction of the Priazovsky megablock of the Ukrainian Shield with the Donbas in close connection with the features of the deep structure of the lithosphere, asthenosphere and fault tectonics was carried out. The features of the deep structure of the lithosphere and their physical parameters that affect the conditions of metallogenic diversity and intensive ore genesis in the formation of deposits and ore occurrences of various metallogenic specializations in the Volnovahskaya ore zone were revealed. The analysis of metallogenic specialization of the main manifested area of research stages of tectonic activation was carried out. We have obtained new patterns in the formation of different deposits and ore occurrences in junction zone of the Priazovsky megablock of the Ukrainian Shield and the Donbas, including uranium ore occurrences. In particular, their connection with the focal structures of repeated magmatism of various composition, hydrothermal activity, halos of secondary metasomatic changes of host rocks within the deep faults and their crossing points over the zone of abrupt change in thickness of the lithosphere of the slope of the Ukrainian Shield, and the formation of barogradient zones in the asthenosphere in the process of the Earth's evolution.*

*The practical significance of this research is to increase the efficiency of metallogenic forecasts by expanding the range of metallogenic diversity and intensity of ore genesis, geophysical and petro-geochemical indicators of primary scale concentration of ore components of different metallogenic specialization in the asthenosphere. This makes it possible to reasonably determine the prospects of the territories for the possibility of forming large ore concentrations of different metallogenic specialization with the allocation of areas of their most probable localization.*

**Keywords:** lithosphere, metallogenic diversity, intensive ore genesis, the junction zone of the Priazovsky megablock and the Donbas, Volnovahskaya ore zone.

Г. Калашник, д-р геол. наук, ст. наук. співроб., проф.  
E-mail: kalashnik\_anna1@ukr.net  
Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету  
вул. Добровольського, 1, м. Кропивницький, 25005, Україна  
А. Кузьмін, пров. геолог  
E-mail: avkuzmin@ukr.net  
Казенне підприємство "Кіровгеологія",  
вул. М.Бойчука, 8/9, м.Київ, 01103, Україна

## МЕТАЛОГЕНІЧНА РІЗНОМАНІТНІСТЬ ВОЛНОВАСЬКОЇ РУДНОЇ ЗОНИ У ЗВ'ЯЗКУ З ОСОБЛИВОСТЯМИ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ЛІТОСФЕРИ УЩ

*Метою проведеної роботи є виявлення нових закономірностей формування родовищ та рудопроявів корисних копалин різної металогенічної спеціалізації у Волноваській рудній зоні зчленування Приазовського мегаблоку Українського щита (УЩ) з Донбасом у зв'язку з особливостями глибинної будови літосфери.*

*Виконано аналіз геофізичної, геологічної, петрологічної, радіогеохімічної інформації по особливостях формування, розміщення основних типів родовищ і рудопроявів у зоні зчленування Приазовського мегаблоку Українського щита з Донбасом, у тісному зв'язку з особливостями глибинної будови літосфери, астеносфери, розламною тектонікою. Виявлено особливості глибинної будови літосфери та їх фізичні параметри, які впливали на умови металогенічної різноманітності і інтенсивного рудогенезу при формуванні родовищ і рудопроявів різної металогенічної спеціалізації у Волноваській рудній зоні. Проаналізована металогенічна спеціалізація основних проявлених у районі досліджень етапів тектонічної активізації. Визначено нові закономірності формування родовищ і рудопроявів різних корисних копалин у Волноваській рудній зоні, в тому числі об'єктів уранового зруденіння, зокрема встановлено їх зв'язок з осередковими структурами багаторазово проявленого мазматизму різного складу, гідротермальної діяльності, ореолами вторинних метасоматичних змін вміщуючих порід у межах глибинних розламів та вузлів їх перетину над зоною різкої зміни потужності літосфери схилу Українського щита та формування бароградієнтних зон в астеносфері у процесі еволюції Землі.*

*Практичне значення проведеного дослідження полягає в підвищенні ефективності металогенічних прогнозів за рахунок розширення спектру чинників формування металогенічної різноманітності і інтенсивності рудогенезу, геофізичних і петролого-геохімічних індикаторів первинної масштабної концентрації рудогенних компонентів різної металогенічної спеціалізації в астеносфері. Це дозволяє обґрунтовано визначати перспективи територій на можливість формування значних за запасами рудоконцентрацій різної металогенічної спеціалізації з виділенням площ найбільш вірогідної їх локалізації.*

**Ключові слова:** літосфера, металогенічна різноманітність, інтенсивний рудогенез, зона зчленування Приазовського мегаблоку і Донбасу, Волноваська рудна зона.