

РАННЕДОКЕМБРИЙСКАЯ ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ УКРАИНСКОГО ЩИТА – КОРРЕЛЯЦИЯ С БАЛТИЙСКИМ ЩИТОМ

Рассмотрены особенности раннедокембрийской геологии, современные изотопно-геохронологические данные и металлогения архей-раннепротерозойских вещественных комплексов Украинского (УЩ) и Балтийского (БЩ) щитов. Приведен сравнительный анализ корового развития и металлогении УЩ и БЩ, из которого ясно, что формирование архейских комплексов на УЩ началось на 600 млн лет раньше, чем на БЩ, но характеризовалось образованием схожих гранулит-гнейсовых ассоциаций и железорудным оруденением. Мезо- и неогархейское тектоническое развитие определялось формированием зеленокаменных поясов с золото-железорудным оруденением на УЩ и таким же, но менее ярко выраженным оруденением на БЩ. Сопоставление Украинского и Балтийского сегментов фундамента Восточно-Европейской платформы по изотопно-геохронологическим данным показало их автономное формирование и предположительно изначальное размещение в пределах разных литосферных плит. На УЩ три провинции с коровым развитием в палеопротерозое могли бы быть сравнимы с палеопротерозойским коровым развитием Свекофеннской провинции БЩ, но различия в металлогении значительны. Отличительной чертой палеопротерозоя БЩ являются офиолитовые комплексы, в которых мафит-ультрамафитовые интрузии несут на себе Ni-Co-Zn и Fe-Ti оруденение.

Ключевые слова: *Украинский щит, металлогения, изотопный возраст, вещественные комплексы, корреляция, Балтийский щит.*

Unicom feature of the Ukrainian Shield (USh) – its high ferruginous comparatively to Baltic Shield (BSh) and this very clearly shows in metallogeny of Krivoy Rog-Kremenchug province. Beside these, here are concentrate U, Au, graphite deposits and alkaline-ultrabasic-carbonatite intrusions with apatite and rare metal-rare earth mineralization. BSh this type of mineralization is similar to the intrusive complexes is known in the Kola-Norwegian province, but it is associated with a much younger (Devonian) activation. The paper discusses features of the Early Precambrian geology, modern isotope-geochronological data and metallogeny of Archean-Early Proterozoic complexes of both the real boards. A comparative analysis of crustal development and metallogeny of USh and BSh, which makes it clear that the formation of Archean complexes USh began 600 million years earlier than in the BSh, but characterized by the formation of similar granulite-gneiss association and iron ore mineralization. Meso- and neoproterozoic tectonic development is determined by the formation of greenstone belts with gold and iron ore mineralization at USh and similar but less pronounced mineralization at BSh. Comparison of Ukrainian and Baltic segments of the basement of the East-European platform for the isotope-geochronological data showed their independent formation and presumably originally hosted within different lithospheric plates. At Ush three provinces with the crustal development in the Paleoproterozoic could be compared with the Paleoproterozoic crustal development Svecofennian province BSh, but the differences in metallogeny significant. A distinctive feature of Paleoproterozoic ophiolitic complexes are BSh in which mafic-ultramafic intrusions are Ni-Co-Zn and Fe-Ti mineralization.

Keywords: *Ukrainian Shield, metallogeny, isotope age, matter complexes, correlation, Baltic Shield.*

Введение. Украинский (УЩ) и Балтийский (БЩ) щиты представляют собой важнейшие геоструктуры фундамента Восточно-Европейской платформы. Раннедокембрийские комплексы фундамента имели сложную историю формирования континентальной коры, длившуюся более 3 млрд лет, когда тектонические структуры эволюционировали от гранулит-гнейсовых и гранит-зеленокаменных областей в палеоархее до орогенических и рифтовых поясов в палеопротерозое. В работе по-новому рассмотрены геологические и тектоно-металлогенические соотношения с рудоносными структурами БЩ и приведено их сравнение.

Геолого-тектоническое развитие и металлогения Украинского щита. В тектонической структуре выделяется шесть главных геоблоков [9], которые могут рассматриваться как Северо-Западная, Дне-

строво-Бугская, Рось-Тикичская, Ингуло-Ингулецкая, Среднеприднепровская и Приазовская металлогенические провинции (рис. 1). Они отличаются друг от друга не только глубинным геологическим строением, но также возрастом формирования континентальной коры и металлогенической специализацией.

I. Северо-Западная металлогеническая провинция примыкает с севера к палеоархейской Днестрово-Бугской и представляет собой область развития палеопротерозойской коры. Наиболее древняя ассоциация пород здесь – гнейсы и перекрывающие их метавулканы новгород-волинской толщи с возрастом 2,43 млрд лет. Метаморфизм и ультраметаморфизм, как и интрузивный магматизм, проявились в период 2,08–1,95 млрд лет [17]. До этого были отложены терригенно-карбонатные породы тетеревской свиты. Магматические ассоциации

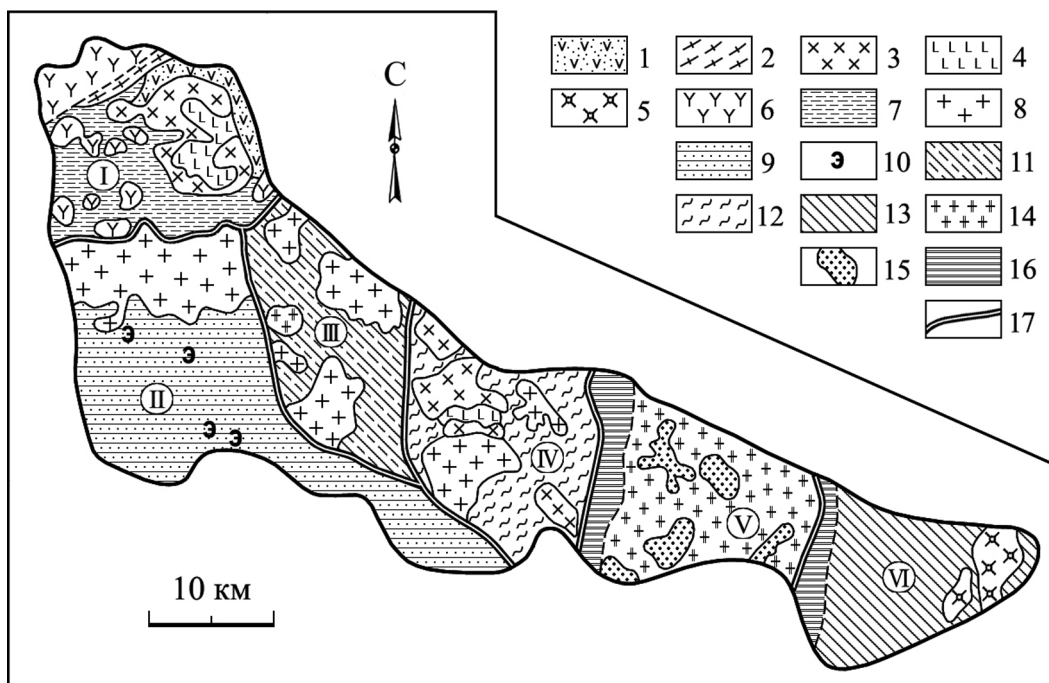


Рис. 1. Генерализованная геологическая схема Украинского щита (по [16] с изменениями)

Геоблоки, металлогенические провинции: I – Северо-Западная, II – Днестрово-Бугская, III – Рось-Тикичская, IV – Ингуло-Ингулецкая, V – Среднеприднепровская, VI – Приазовская.

1 – вулканогенно-осадочные породы овручской группы; 2 – граниты и метасоматиты Сущано-Пержанской зоны; 3 – граниты рапакиви и 4 – габбро-анортозиты коростенского комплекса; 5 – щелочные породы приазовского комплекса; 6 – граниты и гранодиориты осницкого комплекса; 7 – гнейсы тетеревской серии; 8 – граниты кировоград-житомирского комплекса; 9 – кристаллосланцы, гнейсы и чарнокиты бугской и днестрово-бугской серий; 10 – эндербиты, 11 – гнейсы и амфиболиты рось-тикичской группы; 12 – гнейсы и амфиболиты ингуло-ингулецкой серии; 13 – полиметаморфические породы западной и центральноприазовской групп; 14 – мигматиты и плагиограниты днепропетровского комплекса с реликтами амфиболитов и гнейсов аульской серии; 15 – гранит-зеленокаменные террейны и пояса; 16 – шовные зоны; 17 – границы геоблоков

представлены щелочно-ультраосновными и субщелочными гранитоидными интрузиями, а также расслоенными мафитовыми интрузивами. В составе провинции присутствует Осницко-Микашевский вулканоплутонический пояс, в котором выделяются вулканическая серия с возрастом 2,02–1,97 и интрузивный комплекс 1,99 млрд лет [9].

Позднее (1,95–1,80 млрд лет) формировались кластогенные осадочные породы платформенного типа, затем последовала фаза магматической активизации (1,80–1,74 млрд лет) в рифтоподобных структурах. Главная магматическая ассоциация представлена коростенским габбро-норит-анортозит-рапакивигранитным комплексом. Завершилось формирование земной коры Северо-Западной провинции платформенными отложениями овручской серии, сохранившимися в грабеноподобных структурах.

Металлогенические особенности палеопротерозойской провинции весьма разнообразны. С ранней стадией развития провинции (2,5–2,1 млрд лет) связано формирование метаморфогенных месторождений графита (Буртянское и др.), сульфидно-полиметаллических проявлений в кальцифирах и редкометалльных рудопроявлений в гранитах житомирского комплекса (2,08–2,02 млрд лет). В раннюю стадию тектоно-магматической активизации (2,05–1,96 млрд лет) образуются небольшие сульфидные Cu-Ni и платиноидные месторождения и рудопроявления. Этап тектоно-магматиче-

ской активизации (1,8–1,5 млрд лет) завершается коростенским габбро-норит-анортозит-рапакивигранитным комплексом с титановыми, титан-апатитовыми и пегматитовыми редкометалльными месторождениями. Редкометалльные и полиметаллические проявления сопутствуют процессам щелочного метасоматоза в Сущано-Пержанской тектонической зоне.

II. Днестрово-Бугская металлогеническая провинция расположена в пределах палеоархейского террейна УЩ, по площади втрое большего Приазовской провинции, хотя и имеет общие черты геологического строения, но существенно отличается от неё тем, что практически все комплексы пород (днестрово-бугская серия), слагающие его, метаморфизованы в гранулитовой фации. Двупироксеновые кристаллосланцы и эндербитогнейсы этой серии по циркону имеют возраст 3,65 млрд лет, хотя у более поздних генераций цирконов более молодые значения, свидетельствующие о нескольких этапах гранулитового метаморфизма. Sm-Nd модельные значения (3,64 млрд лет) также указывают на древний возраст пород, по крайней мере тывровской толщи [3]. В северной части провинции распространены анатектические чарнокиты и эндербиты (бердичевский комплекс) с U-Pb возрастом 2,06–2,01 млрд лет, которые прорывают гранулитовую толщу с Sm-Nd модельным возрастом 2,06–2,45 млрд лет. Кроме того, в составе палеоархейского террейна имеются небольшие по

площади трогоподобные структуры, заполненные неоархейскими терригенными метаосадками (бугская серия, 2,58 млрд лет) и пластовыми телами мафит-ультрамафитовых пород. К породам бугской серии приурочены месторождения графита, золота и проявления железа в отложениях железисто-кремнистой формации. С неоархейскими мафит-ультрамафитовыми интрузивными телами связаны месторождения хромита и рудопроявления никеля и кобальта [9].

III. Рось-Тикичская металлогеническая провинция сформирована из слагающих ее неоархейской и палеопротерозойской формаций. Неоархейские образования представлены реликтами гнейсо-амфиболитов (рось-тикичская серия) среди мигматитов (2,62–2,56 млрд лет) и гранитоидов, распространенных в западной части провинции. U-Pb возраст по циркону из амфиболитов 2,70 и 2,58 млрд лет. Тикичский комплекс сформирован в результате ультраметаморфизма амфиболито-гнейсового комплекса. Возраст комплекса, по геологическим данным, определяется как мезоархейский, а Sm-Nd модельный возраст для протолитов гнейсов серии составляет 3280–3240 млн лет. Большая часть площади провинции сложена палеопротерозойскими образованиями, состоящими из плагиомигматитов и диорит-гранодиоритов звенигородского комплекса (возраст 2,14–2,03 млрд лет). Sm-Nd модельный возраст гранитов и реликтовых гнейсов показывает палеопротерозойский возраст их субстрата (2,17–2,13 млрд лет). Более поздние анатектические граниты (2,05–1,89 млрд лет), интрузии габброидов и субщелочных гранитов (2,08 млрд лет), распространенные на территории провинции, усугубляют значение ее палеопротерозойского возраста, что отражается также и на ее металлогенической значимости, выраженной в проявлении железорудного оруденения в железистых кварцитах володарской и белоцерковской толщ [9].

IV. Ингуло-Ингулецкая металлогеническая провинция, как и Северо-Западная, является в основе палеопротерозойской коровой провинцией, сложенной ингуло-ингулецкой супракрустальной серией, возраст которой, к сожалению, до сих пор не определен методами изотопного датирования. Анатектические гранитоиды здесь представлены Кировград-житомирским комплексом (2,06–1,97 млрд лет), как и в Северо-Западной провинции. Значительная фаза магматизма тектоно-магматической активизации – анортозит-рапакивигранитный комплекс Корсунь-Новомиргородского плутона (1,72 млрд лет [9]).

К анатектическим гранитоидам и связанным с ними метасоматитам приурочены месторождения золота (Клинцовское и др.), редких щелочных металлов и редкометалльные проявления, а также урановое оруденение. К этапу тектоно-магматической активизации (1,8–1,73 млрд лет) относятся гидротермально-метасоматические месторождения урана, а к рапакивигранитному комплексу Корсунь-Новомиргородского плутона – титан-апатитовые месторождения [9].

Метаморфические события палеопротерозоя Ингуло-Ингулецкой провинции привели к формированию метаморфогенных месторождений графита и железистых кварцитов, а также совместно с магматизмом к тектоно-магматической активизации в гранулитогнейсах юго-востока Днестрово-

Бугской провинции. Здесь были сформированы гранат-биотитовые, гранат-силлиманитовые и графитовые гнейсы, среди которых образовались достаточно крупные метаморфогенные месторождения графита, абразивного граната и силлиманита.

В пределах УЩ проявления графита также пространственно и генетически связаны с углеродсодержащими осадочно-метаморфическими толщами, которые формировались в значительном временном интервале 3,3–1,2 млрд лет, но наиболее промышленно пригодные толщи, дающие месторождения, образовались в палеопротерозое. В качестве продуктивных формаций могут быть выделены кинцигитовая, кондалитовая, флишоидная углеродсодержащие формации, причем кинцигитовая и кондалитовая развиты в выступах и тектонических останцах гранулитов Днестрово-Бугской провинции. Здесь они представлены ассоциацией высокоглиноземистых (с кордиеритом и корундом) гнейсов, углеродисто-кремнистых пород и кальцифиров. С этими формациями связаны главные графитовые месторождения УЩ Завальевское в Голованевской шовной зоне, Троицкое, Сачково-Вишняковское и Старокрымское в Приазовской провинции.

Завершающая палеопротерозойскую эпоху тектоно-магматическая активизация (2,1–1,8 млрд лет) проявлена практически во всех провинциях УЩ и представлена различными гранитами, базитовыми и риолитовыми вулканитами, сопровождаемыми метасоматитами. Непосредственно в Криворожско-Кременчугской шовной зоне залегает Карачуновско-Лозоватская зона медно-сульфидной минерализации, прослеживаемая в субмеридиональном направлении более чем на 20 км при ширине около 4 км. Наблюдается также Bi-Cu, Ni-Cu, Pb, Co минерализация, приуроченная к прожилково-жильным участкам в зонах дробления, рассланцевания и милонитизации.

V. Среднеприднепровская металлогеническая провинция охватывает гранит-зеленокаменную область, геологическое развитие которой происходило в мезоархейское время (3,2–2,8 млрд лет). U-Pb изотопное датирование циркона из вулканогенных пород зеленокаменных поясов показало возраст 3,1–3,0 млрд лет [2]. Зеленокаменные пояса окружены гранито-гнейсовыми куполами и сложены вулканогенно-осадочной ассоциацией пород, в которой нижняя формация (конкская серия) представлена коматиит-базальтовыми вулканитами (3,17 млрд лет), сменяющимися дацит-андезит-базальтовыми (3,14 млрд лет) и риолит-дацитовыми вулканитами (3,10–3,07 млрд лет). Выше залегает терригенно-риолитовая толща (белозерская серия) с возрастом риолитов 3,01–2,95 млрд лет. Синхронно с формированием супракрустальных пород происходило образование плагиогранитов сурского комплекса и тел мафит-ультрамафитов. Посттектонические граниты и сиениты сформированы также в мезоархейское время, их возраст 2,95, у наиболее поздних 2,85–2,80 млрд лет. Метаосадочные толщи конкской свиты Конкско-Верховцевского гранит-зеленокаменного террейна сформированы в период 3,15–3,0 млрд лет и вмещают промышленное железорудное месторождение Чертомлык с запасами Fe до 1000 млн т [16]. К разрезам зеленокаменных вулканогенных пород этого периода приурочены проявления золото-сульфидной формации (наиболее крупное из них месторождение Балка Широкая). В этом же регионе с метавулканитами

более молодого возраста (белозерская свита, около 3,0 млрд лет) связано золото-полиметаллическое оруденение в лиственит-березитовых метасоматитах, образующих линейно вытянутые ореолы во вмещающих породах [7]. Золото-пиритовое оруденение (рудопоявления Южно-Петровское, Семерниковское) приурочено к тектонически нарушенным контактам горизонтов железистых кварцитов, где присутствуют сульфидизированные катаклазиты и брекчии железистых кварцитов в кварц-карбонат-сульфидном цементе с содержанием золота 2–40 г/т. Рудопоявление Аполлоновское приурочено к зонам рассланцевания на участках перемежаемости основных и кислых вулканитов, где развиты лиственит-березитовые метасоматиты. Pb-Pb изотопный возраст золото-сульфидного оруденения в железистых кварцитах 2500–2550, а золото-полиметаллической минерализации 2550–2600 млн лет.

В Сурской зеленокаменной структуре золото оруденение принадлежит к несколько иным морфолого-генетическим типам (колчеданному, медно-молибденовому и серебро-висмут-теллуровому [7]), характерным для месторождений Сергеевское и Балка Золотая. Колчеданный тип оруденения стратиформного характера установлен на флангах месторождений, где тесно ассоциирует с вулканогенно-осадочными породами, метасоматическими кварцитами и пирит-пирротин-халькопиритовыми рудами. Золотосодержащие медно-молибденовые руды залегают преимущественно в субвулканических дайках метадацит-порфириров и плагиигранит-порфириров, подвергнутых пропилитовому метасоматическому изменению, сопровождаемому серией кварцевых жил и прожилков с золото-сульфидной минерализацией (золото-порфирировый тип). Золото-серебро-висмут-теллуристый тип руд формирует жильно-метасоматические тела в тех же месторождениях, которые являются наиболее поздними проявлениями в ряду от ранних стратиформных к порфирировым и жильно-метасоматическим телам с высокими, но неравномерными содержаниями золота 0,5–100 г/т. Возраст золотоносных стратиформных и метасоматических руд по Pb-Pb методу [7] 3000–2550 млн лет, что свидетельствует о полихронности и полигенности золотого оруденения. U-Pb изотопный возраст кварцевых кератофириров месторождения Балка Золотая 3,15–3,07, а гранитоидов сурского комплекса с жильными телами Сергеевского месторождения 3,05–3,0 млрд лет [4].

В зоне тектонического контакта Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области (СПГЗО) с Днестрово-Бугской гранулит-гнейсовой областью (Голованевская шовная зона) распространены полиметаморфические комплексы, мезоархейские эндрбиты, чарнокиты и неоархейские тоналиты гайворонского комплекса, а также тела расслоенных базит-ультрабазитов. Голованевская шовная зона с телами базит-ультрабазитов содержит хромитовое оруденение в Липовенковском и Капитановском массивах. Эти два массива вмещают экономически важные хромитовые месторождения. Хромититы в этих массивах несут платинометаллическую минерализацию и имеют высокие содержания Ni, Co, V. Изотопный Re-Os модельный возраст соответствует приблизительно 3,0 млрд лет [12]. В СПГЗО сульфидное Cu-Ni оруденение установлено в Правдинском гиперба-

зитовом массиве (Правдинское месторождение), который вместе с другими более мелкими массивами образует согласные межпластовые интрузии в складчатой структуре конкско-верховцевской серии. Эти тела подвержены серпентинизации и в зонах разломов и рассланцевания карбонатизации и оталькованию, образуя метасоматические месторождения талька и сопутствующего ему магнетита. Тальк-карбонатная минерализация отмечена в зоне мощностью 300–600 м и длиной около 2,5 км с содержанием талька 40–45 и брейнерита 50–55%. Месторождение Веселянское в Сурско-Чертомлыкском зеленокаменном поясе также представлено залежью тальк-магнетитовых пород в серпентинизированных гипербазитах мощностью 30–300 м и протяженностью 5,5 км.

Субщелочные гранитоиды, распространенные в шовной зоне, несут на себе редкометалльную минерализацию, как и с ними связанные пегматиты. Наложенные процессы калиевого метасоматоза привели в зонах разломов к формированию, например в Капитановском массиве, слюдитов по пироксенитам, содержащих до 25% корунда.

В западной части провинции распространена Криворожско-Кременчугская шовная зона, выполненная железистыми кварцитами палеопротерозойской криворожской серии с крупнейшими месторождениями железных руд. На заключительном этапе палеопротерозоя (приблизительно 1,8 млрд лет) проявились интенсивные метасоматические процессы, приведшие к формированию месторождений урана (Желтореченское месторождение) и рудопоявлений скандия и ванадия.

VI. Приазовская провинция представляет собой сегмент земной коры с длительной полициклической эволюцией в архее и протерозое и сложена преимущественно архейской корой и продуктами ее переработки, а также в меньшей степени вновь образованной протерозойской корой.

Древнейшие образования представлены мафитовыми и тоналит-гранодиоритовыми породами новопавловского комплекса (3,67 млрд лет). Эти древнейшие породы сохранились в виде блоков в Орехово-Павлоградской тектонической зоне на западе провинции. В неоархейское время они были переработаны гранитоидами с возрастом 2,8 млрд лет. Sm-Nd модельные значения ($\geq 3,67$ млрд лет), полученные для существенно переработанных пород, могут служить показателем древнейшего возраста палеоархейского субстрата [9].

В Приазовской провинции выделены также мезоархейские Сорокинский, Новогоровский зеленокаменные пояса и другие более мелкие структуры, которые унаследовали палеоархейские структуры. Первая из них сложена терригенными и вулканогенными породами с возрастом 3,36–3,32 млрд лет (кластогенный циркон) и 3,16 млрд лет U-Pb возраст по циркону из риодацитов [2]. Выделение зеленокаменных поясов существенно изменило ранние представления о металлогенических перспективах Приазовской провинции. В настоящее время она рассматривается как золоторудная, связанная с зеленокаменными поясами ранней генерации $> 3,3$ млрд лет (Сорокинский, Гайчурский и Косивцевский пояса) с золото-сульфидно-кварцевой формацией. В рудопоявлениях Сорокинского пояса содержание золота от 0,1 до 10 г/т, локализованного в нижнеосипенковской вулканогенной свите среди брекчированных, окварцованных и пирити-

зированных железистых кварцитов. Аналогичные проявления установлены в Гайчурском и Косивцевском поясах, где еще развита потенциально золотоносная черносланцевая формация.

С палеоархейской стадией формирования континентальной коры Приазовской провинции связаны лишь непромышленные рудопроявления железистых кварцитов. Гранулитогнейсовые толщи новопавловской серии вмещают пласты железистых кварцитов (эулизитов), редко имеющих промышленное значение (Мариупольское месторождение). С мезоархейской стадией, соответствующей времени формирования зеленокаменных поясов, связано упомянутое выше золоторудное оруденение. Неоархейская стадия корообразования и первая половина палеопротерозоя (2,8–2,1 млрд лет) в металлогеническом отношении также характеризуются образованием небольших железорудных месторождений. Во второй половине палеопротерозоя с интрузиями карбонатитов (2,1–2,05 млрд лет), приуроченных к зонам глубинных разломов, связаны рудопроявления и Ta-Nb месторождения (Новополтавское). Заключительная стадия тектоно-магматической активизации (около 1,8 млрд лет) выражена в формировании Ta-Nb-Zr месторождений в щелочных интрузиях, а также титан-апатитовых рудопроявлений в габбро-сиенитовых интрузивных телах [9].

Существенное металлогеническое значение на УЩ имеет эпоха тектоно-магматической активизации периода 2,3–2,1 млрд лет, проявленная практически во всех провинциях. Множество экономически значимых месторождений этапа тектоно-магматической активизации связано с сульфидно-комплексными рудами (Вировские рудопроявления) и никеленосными формациями габбро и ультраосновных пород, расположенных в Северо-Западной провинции. В Днестрово-Бугской провинции проявлены калиевые аплит-пегматитовые граниты и высокотемпературные метасоматиты (Первомайский регион) с молибденитовой с рением, редкометалльной, золотой и урановой минерализацией. Интерес представляют Любарское и Остропольское медно-молибденовые рудопроявления, а также проявления редких и редкоземельных элементов. Золоторудные проявления клинцевского типа распространены в Ингуло-Ингулецкой провинции, а ураноносные альбититы формировались здесь в период 1,8–1,6 млрд лет. Различные гранитоидные комплексы кировоградской стадии тектоно-магматической активизации широко распространены в Среднеприднепровской провинции с редкометалльной минерализацией, а также в Приазовской провинции, где с ними связаны ториевая минерализация и натриевые метасоматиты возраста 1,936 млрд лет [17].

Д. Н. Щербак и А. В. Гринченко [17] относят к Среднеприднепровской провинции протяженную Криворожско-Кременчугскую троговую структуру, сформированную в конце палеопротерозоя (2,3–2,1 млрд лет). Эта структура, которая может рассматриваться в качестве шовной зоны, образованной по палеорифтовой рудоносной структуре, на УЩ играет важную экономическую роль, поскольку имеет максимальный объем накопления железорудной формации саксаганской группы, и все крупные железорудные месторождения Украины сформированы в эту эпоху. Железорудная формация саксаганской группы содержит

наиболее богатые руды железа (85% богатых руд Криворожского бассейна) и состоит из железисто-кремнистых пород с хлоритовыми, биотитовыми и амфиболовыми сланцами (саксаганская свита), а также из железисто-кремнисто-карбонатных пород с графитовыми сланцами (гданцевская свита). Мощность первой свиты до 1,6, второй 0,7–0,8 км. Богатые руды слагают пласты, мощные залежи, рудные столбы и гнезда.

Отдельно необходимо охарактеризовать урановое оруденение в железорудной толще северной части Криворожско-Кременчугской троговой структуры, где расположено Желтореченское урановое месторождение. Образование урановых руд среди собственно железных руд связано с поздними метасоматическими процессами – натриево-карбонатным, позднщелочным и сульфидно-смолковым. С процессом альбитизации в кварцево-биотитовых и амфибол-биотитовых сланцах связано формирование альбититовых руд с уранинитом, браннеритом и ненандкевитом. Сульфидно-настурановая минерализация жильного типа еще более поздняя, она завершает образование урановых руд месторождения. Непосредственно с урановой минерализацией тесно связаны проявления золоторудной минерализации, которые были установлены в конгломератах скелеватской свиты [17].

Криворожско-Кременчугская шовная зона, захватывая краевую часть Ингуло-Ингулецкой провинции, образует в пределах УЩ крупную графитоносную область. Месторождения и проявления графита приурочены в основном к породам ингуло-ингулецкой, реже криворожской серий. Графит присутствует в биотитовых, силлиманит-биотитовых гнейсах, скарнированных породах и мраморах. Графитовые породы в виде полос длиной 0,5–1,5 до 2,5 км, шириной до 100–150 м. Наиболее крупные проявления графита объединены в петровскую и балаховскую группы месторождений, где содержание графита достигает 23%. Общая мощность толщ графитоносных пород 600 м.

С шовной зоной, захватывающей западную часть Приазовской провинции, связаны небольшие щелочно-ультраосновные карбонатитовые тела с апатитовой и редкометалльно-редкоземельной минерализацией (Nb, Ta, Zr, Ce). Изотопный возраст Черниговского массива и минерализации ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ по сфену из пироксенитов) 2,02 млрд лет. Одноименное месторождение объединяет ряд щелочно-карбонатитовых проявлений (Новополтавское, Бегим-Чокракское, Просторовское, Чернигово-Токмачанское), залегающих в виде дайкообразных тел в фенитах, нефелиновых сиенитах и пироксенитах в Черниговской зоне разломов.

Область проявления плутонического магматизма, характерного для вулканоплутонического типа рудоносных структур, выражена в Приазовской провинции. Здесь в состав габбро-гранит-сиенитового комплекса входят массивы Октябрьский, Южно-Кальчикский, Кальмиусский, Еланчикский, приуроченные к тектоническим нарушениям. Наиболее типичен по набору пород и наиболее разнообразен по составу Октябрьский массив, сложенный щелочными сиенитами, нефелиновыми сиенитами и мариуполитами, с которыми связаны редкоземельные карбонаты (паризит) и апатит, циркон, пироксид, флюорит, минералы цериевой группы.

На основе обобщения приведенных выше материалов можно отметить, что на УЩ среди тектонических и металлогенических эпох (палео-неоархейские – 3,8–3,4, 3,4–3,1, 3,1–2,6 и палеопротерозойские – 2,6–1,8, 1,8–1,6 млрд лет) наиболее существенны лишь неоархейская и палеопротерозойская. Месторождения золота, хрома, железа и экономически важные рудопроявления никеля, молибдена, как и концентрации платины и меди, связаны с неоархейской эпохой. В палеопротерозойскую эпоху образованы крупные месторождения железа Криворожского бассейна, молибдена, графита, урана, месторождения редких металлов и редких земель, титана и апатита. На завершающем этапе палеопротерозойской эпохи сформировались месторождения титана и фосфора, а также редкометалльно-редкоземельные и олово-вольфрам-молибденовые месторождения в метасоматитах.

Сравнительный анализ металлогении Украинского и Балтийского щитов. Геолого-тектоническое и металлогеническое развитие Балтийского щита (БЩ) рассмотрено в зарубежных [10,11, 13–15, 18, 19] и отечественных [1, 5, 6] публикациях, начиная с 60-х годов прошлого века, с помощью существовавших изотопно-геохронологических методов, поэтому остановимся лишь на главных позициях.

БЩ в тектоническом отношении разделяется на три главных мегаблока (рис. 2): 1) архейский Карело-Кольский, который в свою очередь подразделен на Кольско-Норвежский, Карельско-Лапландский и Беломорский тектонические блоки и соответствующие металлогенические провинции; 2) палеопротерозойский Свекофеннский (металлогеническая провинция); 3) неопротерозойский Свеконорвежский, отвечающий одноименной металлогенической провинции (на рис. 2 не показан).

Континентальная кора БЩ образована в течение четырех тектонических событий (3,1–2,9, 2,9–2,6, 2,0–1,75 и 1,75–1,5 млрд лет назад). С юго-востока БЩ перекрыт позднедокембрийским кратоническим (платформенным) чехлом возраста 1,2–0,6 млрд лет.

Изотопное датирование геологических комплексов помогло восстановить геологическую историю развития УЩ и БЩ в докембрийское время, полное тектонических, магматических, метаморфических и метасоматических событий, которые определили формирование рудоносных структур в различные временные эпохи. Каждая эпоха характеризуется проявлением ряда полезных ископаемых, связанных закономерно с установленными типами геологических формаций и локализованных в определенных тектонических структурах. Пространственно-временные соотношения рудоносных структур и месторождений, изображенные в виде металлогенограммы (рис. 3), иллюстрируют последовательность развития рудоносных тектонических структур во времени в определенных металлогенических и тектонических провинциях, как и положение различного рода месторождений во времени и пространстве. Анализ металлогенограмм, как и геологические, тектонические, изотопно-геохронологические и металлогенические данные, приведенные выше, дают основание для сравнения металлогенического развития УЩ и БЩ в раннем докембрии.

Согласно геофизическим и структурным реконструкциям, Восточно-Европейский кратон (ВЕК)

состоит из трех коровых сегментов: Фенноскандии, включающей Балтийский щит, Сарматии (Украинский щит и Воронежский кристаллический массив) и Волго-Уралии. Сегменты разделены транскратонными рифтовыми системами неопротерозоя, которые унаследовали палеопротерозойские коллизионные пояса [2]. Сопоставление Украинского и Балтийского сегментов ВЕК показало их автономное формирование и эволюцию в архее и палеопротерозое, предположительно изначально размещенных в разных литосферных плитах.

Такое тектоническое положение не могло не повлиять на существенное различие в характере развития континентальной коры УЩ и БЩ в архее и палеопротерозое, а отсюда, как следствие, на металлогеническую специализацию вещественных комплексов. На УЩ формирование гранулит-гнейсовых комплексов происходило в палео- и частью в мезоархее (3,8–3,4 млрд лет), с этим этапом связано образование ранних железорудных формаций в многочисленных рудопроявлениях руд железа и изредка месторождений (Мариупольское) в Приазовской, Днестрово-Бугской и реликтах в Рось-Тикичской провинциях. Кроме того, характерны проявления графита и апатита в пироксен-биотитовых гнейсах. Для БЩ формирование гранулит-гнейсовой рудоносной структуры имеет место только в составе Кольско-Норвежской провинции (3,0–2,8 млрд лет) одновременно с кремнисто-железородными формациями, превращенными в результате магмато-метаморфической активизации в железорудные месторождения оленегорской и кировогорской групп. В этой провинции гранулит-гнейсовые структуры, вероятно, представляли собой фундамент для тоналит-гранодиорит-гнейсовой (ТТГ) ассоциации и зеленокаменных поясов возраста 2,8–2,65 млрд лет с месторождениями Fe и проявлениями Cu-Ni минерализации. На УЩ подобного возраста ТТГ ассоциация известна в Днестрово-Бугской провинции и Голованевской шовной зоне, где с переработанными блоками вещественных гранулит-гнейсовых комплексов присутствуют месторождения железных руд (железистые кварциты), графита и в мафит-ультрамафитовых телах (с возрастом около 3 млрд лет) месторождения хрома (Капитановское) с никелевой и платиноидной минерализацией. Тектономагматическая активизация возраста 2,8–2,6 млрд лет проявлена и в Приазовской провинции, где с ней связаны месторождения железа и графита, а с вещественными комплексами зеленокаменных поясов (Сорокинский, Гайчурский) месторождения золота и железа железисто-кремнистой формации, особенно четко проявленные в Орехово-Павлоградской зоне.

Существенные различия в тектоническом и металлогеническом развитии рассматриваемых щитов в раннем докембрии наблюдаются также и в палеопротерозое. Среднеприднепровская провинция (СП) с одноименной гранит-зеленокаменной областью (СПГЗО) завершила свое развитие к 2,5 млрд лет внедрением постскладчатых гранитоидов, и только в шовных граничных зонах Криворожско-Кременчугской с запада и Орехово-Павлоградской с востока, возникших к этому времени, продолжалось тектоническое и металлогеническое развитие, как и в других провинциях УЩ. На БЩ в Карельско-Лапландской провинции были распространены вещественные комплексы Карельской

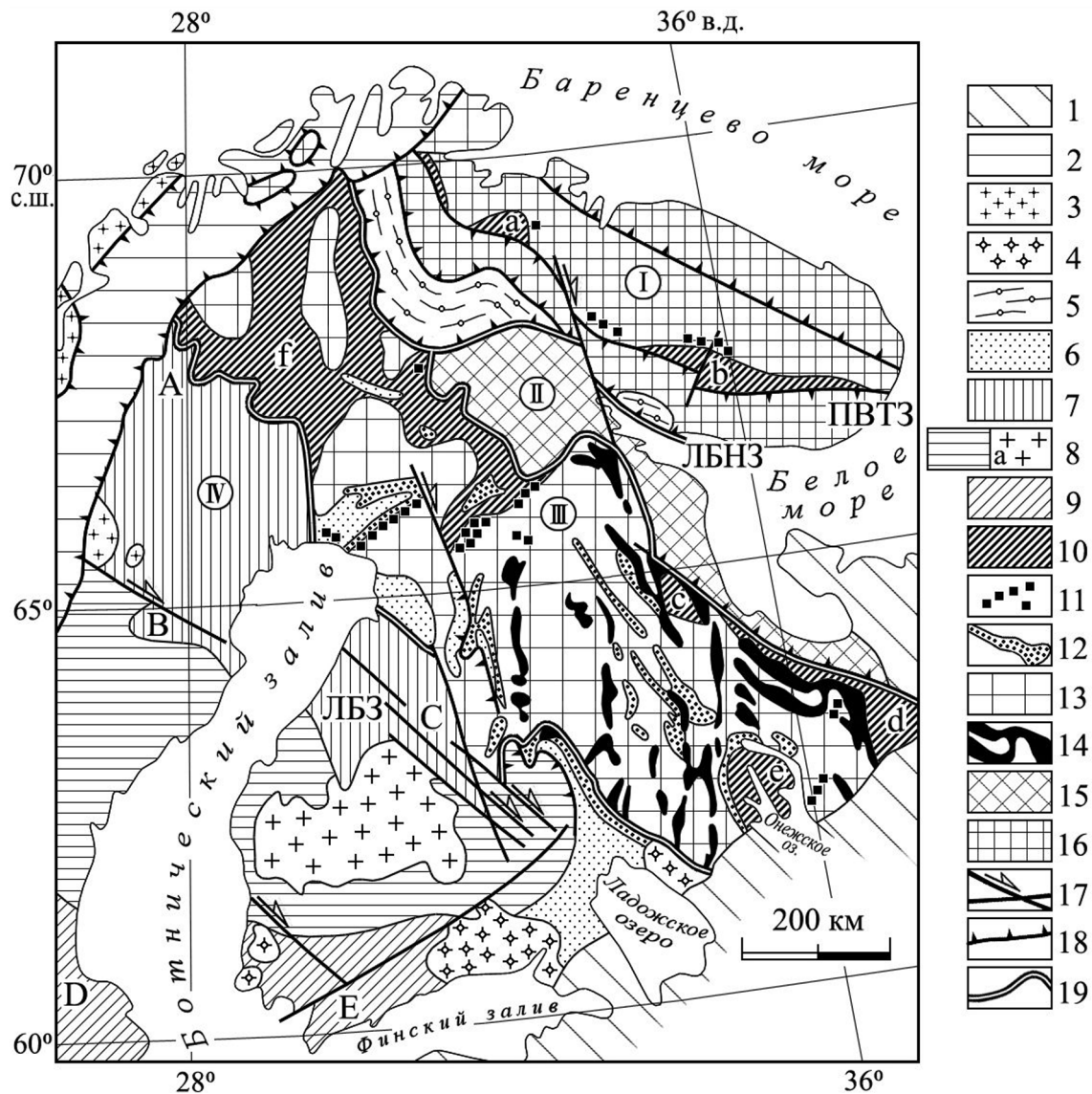


Рис. 2. Генерализованная геологическая схема центральной и восточной частей Балтийского щита (по [11], модифицировано по [18])

Геоблоки, металлогенетические провинции: I – Кольско-Норвежская, II – Карельско-Лапландская, III – Беломорская, IV – Свекофеннская.

1 – позднпротерозойско-фанерозойский платформенный чехол; 2 – каледонский надвиговый покров; 3 – гранит-порфиры Транскандинавского гранитного пояса (1,78–1,6 млрд лет); 4 – граниты рапакиви (1,65–1,54); 5 – Лапландско-Колвицкий гранулитовый пояс (2,0–1,9); 6 – калевийская метаосадочная толща (2,0–1,9); 7 – Северо-Свекофеннская субпровинция (1,95–1,75) – рудные районы: А – Кирунавара, В – Шеллефтео, С – Пюхясалми; 8 – Центрально-Свекофеннская субпровинция с Центрально-Финляндским гранитоидным батолитом (8а); 9 – Южно-Свекофеннская субпровинция (рудные районы D – Бергслеген, E – Ориярви), 10 – рифтогенные пояса раннего протерозоя (2,5–2,2); а – Печенга, б – Имандра-Варзуга, с – Восточно-Карельский, d – Ветренный Пояс, е – Онежская структура, f – Сев. Швеция и Финляндия (лаппоний); 11 – расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии (2,5–2,35); 12 – ятулийская группа (эпикратонные структуры 2,2–2,0); 13 – архейские тоналит-трондьемит-гранитные области; 14 – зеленокаменные пояса (3,0–2,65); 15 – беломорский полиметаморфический комплекс (3,0–2,65); 16 – кольский полиметаморфический комплекс (2,9–2,7); 17 – разломы, 18 – надвиги, 19 – границы геоблоков (металлогенетических провинций).

ЛБНЗ – Лапландско-Беломорская надвиговая зона, ПВТЗ – Печенга-Варзугская тектоническая зона, ЛБЗ – Ладожско-Ботаническая зона

гранит-зеленокаменной области (КГЗО), сравнимые с СПГЗО. Здесь в отличие от СП активно продолжались тектонические и связанные с ними металлогенетические события периода 2,5–1,5 млрд лет. КГЗО завершила свое развитие внедрением позднеорогенных K-Na гранитов и гранит-порфиоров с возрастом 2,6–2,65 млрд лет, вмещающих в северном обрамлении области месторождение молибдена Лобаш штокверкового типа. В палеопротерозое северное обрамление КГЗО представляло собой палеорифтовые структуры с возрастом

2,45–2,3 млрд лет (Кукаозерско-Панаярвинская и Куусамо-Куоляярвинская структуры), где в период 2,45–2,35 млрд лет происходило внедрение расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузий с малосульфидным Pt-Pd и Cr, Fe-Ti оруденением с Ni и Cu. Толеит-базальтовые и риодацитовые вулканогенные комплексы этих структур вмещают Cu-Au месторождения с Co, размещенные в поствулканических метасоматитах. Северо-восточное обрамление представлено такими же рифтогенными комплексами (Ветренный Пояс) с аналогичным

оруденением меньшего масштаба. После перерыва в осадконакоплении тектоническая структура сменяется формированием вулканогенных базальтоидных и доломит-терригенных отложений в эпикратонном Ятулийском бассейне (2,2–1,8 млрд лет), с которыми связаны Cu-Fe рудопроявления и месторождения шунгита (Захогино) в углеродисто-карбонатных с вулканитами породах. В тектонитах и метасоматитах проявлено Pt-U-V оруденение в онежском Ятулийском бассейне.

Юго-западная часть вышерассмотренной структуры входит в состав Ладожско-Ботнической шовной зоны и вмещает отдельные вещественные фрагменты Свекофеннского орогенического (аккреционного) палеопротерозойского пояса, поэтому включает в свой состав щелочные габброиды (интрузия Велимяки с магнетит-апатитовой минерализацией). Завершается палеопротерозойское тектоническое развитие КП, в отличие от СП УЩ, внедрением син- и постскладчатых гранитов с возрастом 1,8–1,75, отложением терригенных пород Ладожского эпикратонного бассейна 1,7–1,4 и внедрением Улягского массива гранитов рапакиви 1,52 млрд лет.

Орехово-Павлоградская шовная зона Украинского щита, по изотопно-геохронологическим данным и структурно-геологической позиции вещественных комплексов, может быть сравнима с Беломорским складчатым поясом Балтийского щита. Это сравнение определяется их сходным геологическим положением между гранит-зеленокаменными и гнейсо-гранулитовыми провинциями. Именно такое тектоническое положение определило ряд сходных черт их геологического строения и развития, но в металлогеническом отношении эти две структуры не имеют ничего общего.

Беломорский пояс представляет собой линейную структуру шириной порядка 50 км, вытянутую в северо-западном направлении и сложенную мезо- и неогархейскими супракрустальными и плутоническими породами, типичными для гранит-зеленокаменных областей, но местами метаморфизованными в гранулитовой фации. Гнейсы и мигматиты с возрастом около 2700 млн лет прорваны мелкими телами габброидного и габбро-норитового составов (друзитами) и палеопротерозойскими интрузиями мафит-ультрамафитового состава (2,45–2,35 млрд лет) с Cu-Ni минерализацией. Главная особенность этой структуры – сложная структурно-метаморфическая эволюция и широкое развитие покровно-надвиговых структур, характеризующая развитие пояса как коллизийной структуры на этапе 1,9–1,8 млрд лет. Металлогенической особенностью пояса является распространение мусковитовых и редкометалльно-мусковитовых пегматитов Чупино-Лухского и Ковдорского полей возраста 1,85 млрд лет и завершающих развитие K-Na гранитоидов с Mo минерализацией возраста 1,75 млрд лет.

Орехово-Павлоградская шовная зона неоднородна по строению. В ее центральной и северной частях обнажены палеогархейские гранитоиды, а южнее располагается Новгородская зеленокаменная структура, по составу и возрасту аналогичная зеленокаменным поясам Приазовской и Среднеприднепровской провинций. Центральная (новопавловский комплекс) и северная части Орехово-Павлоградской зоны сложены линзами и пластинами различных возрастных и литологи-

ческих палеогархейских пироксенитов и тоналитов [8], продуктов их расщепления – биотит-гранатовых гнейсов, мезогархейских амфиболитов и тоналитов и палеопротерозойских габбро и микроклиновых гранитов. В металлогеническом отношении Орехово-Павлоградская зона существенно отличается от Беломорского пояса. Конечно, продукты ультраметаморфизма содержат пегматиты, но только лишь с редкометалльной минерализацией в пегматитовых прожилках, главный же стиль оруденения остается типичным для Приазовской и Среднеприднепровской провинций. Это железорудное оруденение в реликтах Новопавловского комплекса и в Новгородской зеленокаменной структуре, где также присутствует золотое оруденение. Палеопротерозойские интрузивные комплексы обладают повышенной щелочностью (габбро-граносиениты, нефелиновые сиениты с возрастом 1,92 млрд лет) и вмещают месторождения редких земель и апатита.

Уникальная особенность УЩ – его повышенная железорудность, по сравнению с БЩ она особенно отчетливо проявлена в металлогении Криворожско-Кременчугской провинции, которую можно рассматривать и как шовную зону, разграничивающую две крупные провинции УЩ – архейскую Среднеприднепровскую и палеопротерозойскую Ингуло-Ингулецкую. Большинство крупных железорудных месторождений УЩ сосредоточено именно в этой структуре и трудно найти какие-то аналогии с любой провинцией БЩ. Кроме того, в Криворожско-Кременчугской провинции присутствуют метасоматические месторождения урана, золоторудные месторождения и крупные месторождения графита, а также щелочноультраосновные-карбонатитовые интрузии (возраст около 2,0 млрд лет) с апатитовой и редкометалльно-редкоземельной минерализацией. На БЩ подобного типа оруденение в аналогичных интрузивных комплексах известно в Кольско-Норвежской провинции, но связано оно с гораздо более молодой (девонской) активизацией.

На УЩ три провинции с преимущественным коровым развитием в палеопротерозое (Северо-Западная, Ингуло-Ингулецкая и Рось-Тикичская) могли бы быть сравнимы с палеопротерозойским коровым развитием Свекофеннской провинции БЩ. При этом две первые провинции УЩ, вероятно, соответствовали бы формированию аккреционных поясов с ювенильной палеопротерозойской корой, а Рось-Тикичская провинция соответствовала бы аккреционному поясу с ювенильной корой, имеющей архейский фундамент, как Саво-Ладожская зона Свекофеннской провинции и Ладожско-Ботническая зона БЩ.

Формирование ингуло-ингулецкой группы супракрустальных комплексов изотопными методами достоверно не установлено, но многие авторы считают, что начало соответствует ранним этапам палеопротерозоя, как и супракрустальных толщ рось-тикичской группы. Возраст палеопротерозойских толщ основывается на возрастных данных плагиомигматитов и гранитоидов звенигородского (2,14–2,03 млрд лет) и кировоград-житомирского (2,06–1,97 млрд лет) комплексов. Более определенно дается возраст метавулканитов новгород-вольнской толщи (2,43 млрд лет) и интрузивного магматизма (2,08–1,95 млрд лет) в Северо-Западной провинции. Эти возрастные данные соответствуют возрастным значениям магматизма

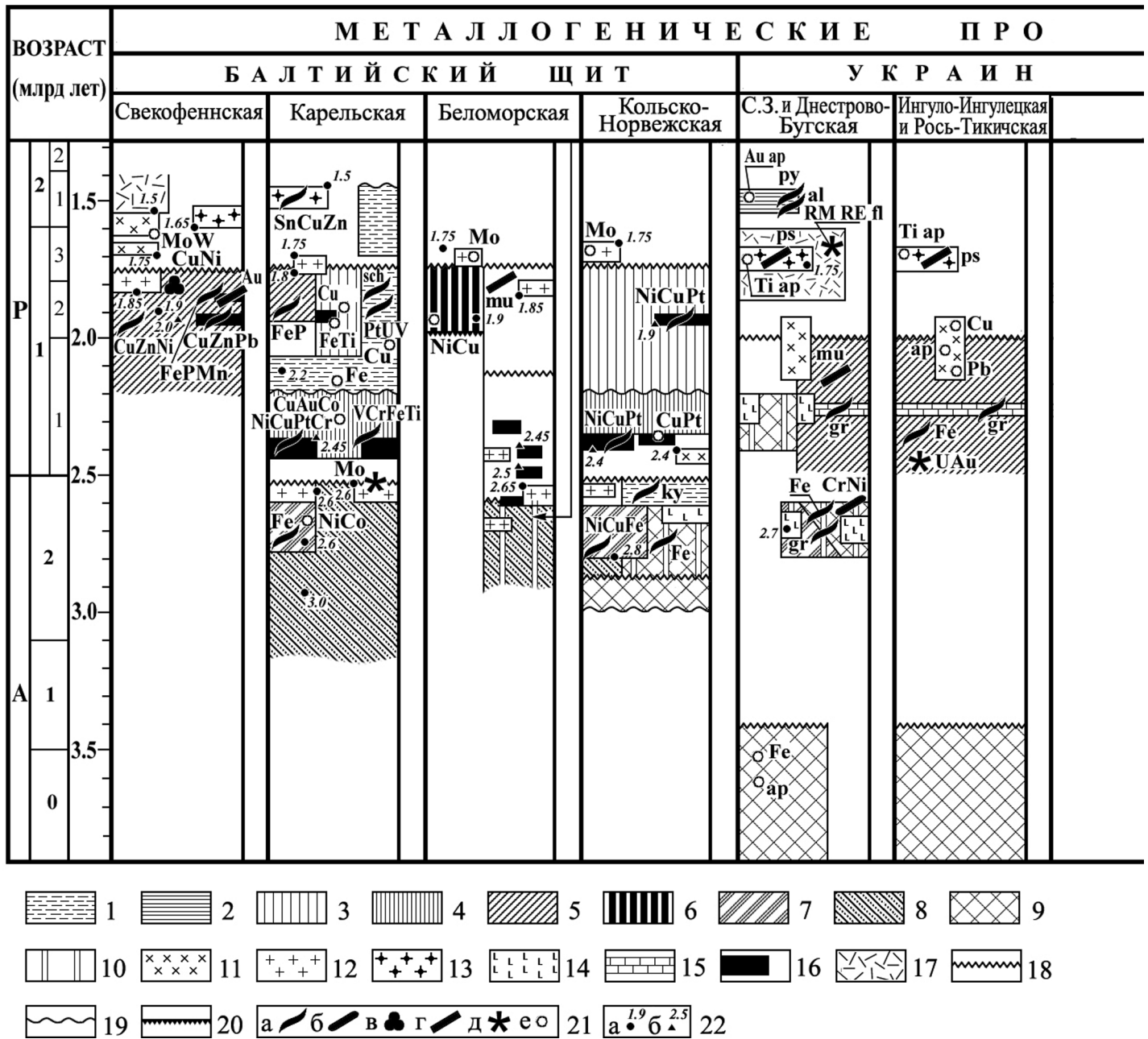
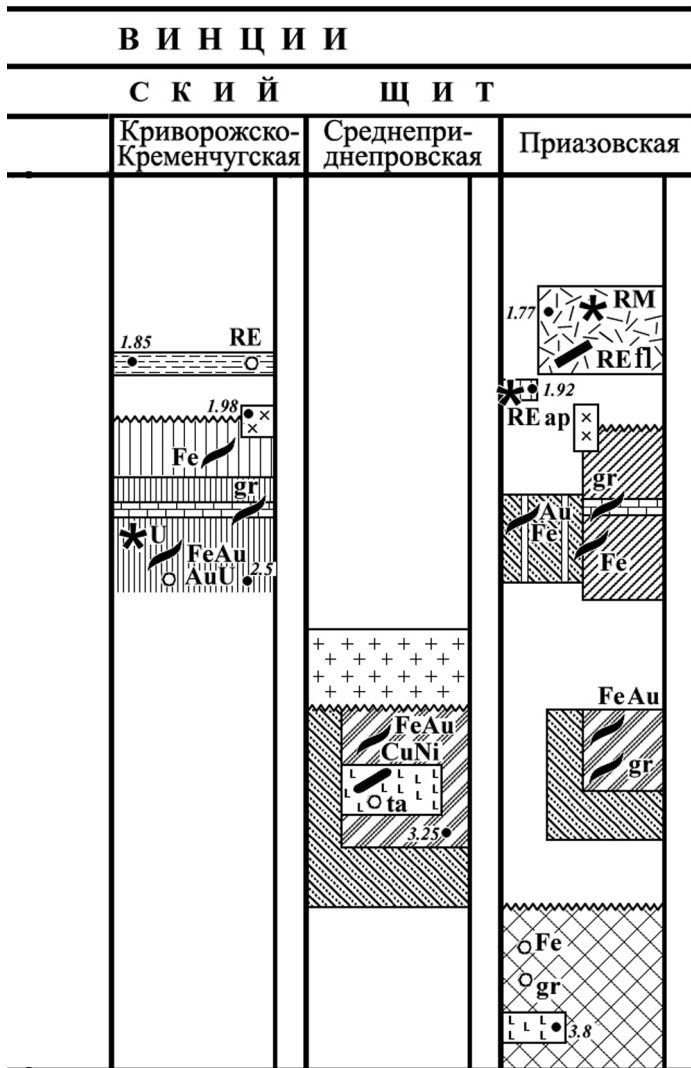


Рис. 3. Последовательность развития рудоносных тектонических структур раннего докембрия во времени в пределах металлогенических провинций Украинского и Балтийского щитов и положение в них месторождений

Тектонические структуры: 1 – эпикратонные и интракратонные бассейны; интракратонные палеорифты и авлакогены; 2 – неопротерозойские авлакогены, 3 – палеопротерозойские рифты, 2,0–1,8 млрд лет; 4 – то же, 2,5–2,2 млрд лет; 5 – аккреционные и 6 – коллизионные орогенетические пояса; 7, 8 – гранит-зеленокаменные области; 7 – архейские зеленокаменные пояса, 8 – гранит-тоналит-гнейсовые ареалы; 9 – гранулит-гнейсовые области; 10 – тектоно-термально переработанные области; 11–20 – литологические подразделения: 11 – щелочные граниты, сиениты, 12 – K-Na граниты, 13 – граниты рапакиви, 14 – габбро-анортозиты, 15 – карбонатные породы, 16 – расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии, 17 – базальт-риолитовые комплексы вулканоплутонических поясов, 18 – фазы и этапы складчатости, 19 – начало или перерывы в формировании структур, 20 – надвигообразование; 21 – месторождения: а – стратиформные осадочно-вулканогенные, б – стратиформные магматогенные, в – массивные, подинформные магматические, г – жильные гидротермальные, д – штокверковые, е – рудопроявления; 22 – изотопно-геохимические данные, полученные U-Pb и Sm-Nd методами (а, б).

Месторождения металлических полезных ископаемых обозначены знаками элементов. RM, RE – редкие металлы, редкие земли; ap – апатит, py – пиррофиллит, al – алмандиновый гранат, fl – флюорит, ku – кианит, mu – мусковит, gr – графит, ta – тальк



и супракрустальных комплексов в Свеккофеннской провинции БЩ. Но металлогеническая специализация вещественных ассоциаций различна.

Так, на УЩ супракрустальные комплексы володарской и белоцерковской толщ вмещают железорудное оруденение в железистых кварцитах Рось-Тикичской провинции, месторождения графита в кальцифирах и углеродисто-кремнистых породах Ингуло-Ингулецкой провинции, штокверково-жильные проявления урановой и золоторудной минерализации. Ультраметаморфические комплексы вмещают пегматитово-жильные месторождения мусковита, а габбро-сиенитовые и грано-сиенитовые комплексы – рудопроявления апатита, свинца и меди.

На БЩ метавулканиды вместе с эпикластическими метаосадками образуют два пояса вокруг центральнофинляндского батолита, вмещающие стратиформные Cu-Pb-Zn и Fe-Mn месторождения, которые пересекаются такими же двумя ветвями Cu-Ni месторождений, приуроченными к штокообразным телам мафит-ультрамафитового состава. С раннесвеккофенскими гранитоидами I типа (1,9–1,8 млрд лет) ассоциируют Cu-Au, Cu-Au-W и W месторождения [14], а с поздними фазами (1,8–1,65 млрд лет) редкометалльные месторождения Mo, W, Be, Li, Nb, Ta. В Сев. Швеции распространены Fe-P месторождения типа Кирунавары, а в Сев. Финляндии месторождения

золота жильные и типа стратабаунд. Еще одна отличительная черта палеопротерозоя БЩ ювенильной природы – офиолитовые комплексы Йормуа и Оутокумпу, в которых мафит-ультрамафитовые интрузии содержали Ni-Co-Zn и Fe-Ti оруденение.

Палеопротерозойское коровое развитие на УЩ завершается формированием в Северо-Западной провинции вулcano-плутонической структуры (1,8–1,6 млрд лет), представленной риолитами и диорит-гранитами Осницко-Микашевичского пояса с редкометалльно-редкоземельными метасоматитами Суцано-Пержанской зоны. Главным выражением этой структуры является обширный по площади коростенский гранит рапакиви, габбро-анортозитовый плутон с апатит-титановым оруденением и пегматиты с полудрагоценными каменными материалами. U-Pb возраст гранитов 1,75–1,77 млрд лет, того же возраста граниты рапакиви и анортозиты Корсунь-Новомиргородского интрузива с аналогичной минерализацией в Ингуло-Ингулецкой провинции. Сравнимая коровое развитие с Балтийским щитом, можно отметить появлению гранитрапакиви-анортозитовой формации здесь на более позднем этапе (1,65–1,52 млрд лет) – Выборгский массив и его аналоги и наиболее поздние Салминский и Улягский массивы. Характер оруденения также иной – олово-полиметаллическое, тяготеющее преимущественно к Салминскому интрузиву.

Эти интрузивы, хотя и с разной металлогенической специализацией, формировались в разное время, но относятся к единой тектонической структуре. Эта структура развивалась в составе уже созданного глобальной аккрецией Восточно-Европейского кратона последовательно от Коростенского плутона Украинского щита через Рижский плутон к Выборгскому и Салминскому плутонам на Балтийском щите, но их разная металлогеническая специализация была связана с геохимически разным корово-мантийным веществом.

Выводы. 1. Сопоставление Украинского и Балтийского сегментов фундамента Восточно-Европейского кратона по изотопно-геохронологическим данным архейских и протерозойских вещественных комплексов показало их автономное формирование и эволюцию в архее и палеопротерозое, предположительно изначально размещенных в разных литосферных плитах.

2. Геолого-тектоническое развитие на УЩ началось на 600 млн лет раньше, чем на БЩ, и проявлено в формировании гранулитогнейсовской областей с возрастом 3,8–3,4 млрд лет с габбро-анортозитовыми интрузиями в Приазовской провинции и железорудным (эулизитовым), апатитовым и графитовым оруденением.

3. Формирование тоналит-трондьемит-гранитных породных комплексов на УЩ также началось раньше, чем на БЩ, и с ними ассоциируют зеленокаменные пояса Среднеприднепровской и Приазовской провинций возраста 3,25–2,9 млрд лет, вмещающие месторождения Fe, Au, графита и мелкие месторождения Cu-Ni руд в ультрамафитовых телах. На БЩ формирование зеленокаменных поясов продолжалось в период 2,8–2,65 млрд лет, которые вмещают месторождения железа и мелкие месторождения золота.

4. Ранний протерозой на БЩ характеризуется большим разнообразием тектонических структур (континентальные рифты двух разных возрастов –

2,5–2,35 и 2,0–1,85 млрд лет, эпикратонные бассейны, аккреционные и коллизионные орогенетические пояса, плутонические пояса – Cu, Ni, Pt, Pd, Au, Mo, редкометалльное и редкоземельное оруденение, которое носит промышленный и площадной характер).

5. На УЩ период корового развития характеризуется также развитием аккреционных орогенетических структур с повсеместно развитым железорудным и графитовым оруденением, особенно широко (в промышленных масштабах) представленным в Криворожско-Кременчугской провинции (исначально палеорифтовой структуре), где также проявлено Au-U оруденение.

6. Относительно однородно и последовательно на УЩ и БЩ проявлен вулканоплутонический магматизм, начало которому положено на УЩ формированием габбро-анортозит-рапакивигранитных интрузий с возрастом 1,77 млрд лет и продолжено на БЩ в период 1,65–1,52 млрд лет. Эти интрузивные комплексы имеют разную минерагеническую специализацию: в первом случае это Ti-апатитовая и редкометалльно-редкоземельная с флюоритом минерализация корового происхождения, во втором – полиметаллическая и оловорудно-редкометаллическая минерализация корово-мантийного происхождения.

1. *Баянова Т.Б.* Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. – СПб.: Наука, 2004. – 176 с.

2. *Бибикова Е.В., Клаесон С., Федотова А.А., Артеменко Г.В.* Терригенный циркон архейских зеленокаменных поясов – источник информации о ранней коре Земли: Приазовье и Приднепровье, Украинский щит // *Изотопные системы и время геологических процессов. Т. 1: Материалы IV Российской конф. по изотопной геохронологии.* – СПб.: ИП Каталкина, 2009. – С. 72–75.

3. *Довбуш Т.И., Скобелев В.М., Степанюк Л.М.* Результаты изучения докембрийских пород западной части Украинского щита Sm-Nd изотопным методом // *Минералогический журнал.* 2000. Вып. 22. № 2/3. – С. 132–142.

4. *Есипчук К.Е., Монахов В.С.* Золоторудные проявления в зеленокаменных структурах Украины и Финляндии // *Геологический журнал.* 1992. № 4. – С. 55–66.

5. *Митрофанов Ф.П., Балашов Ю.А.* Новые данные по геохронологии изотопов докембрия Кольского полуострова. – Апатиты, 1990. – 35 с.

6. *Турченко С.И.* Металлогения тектонических структур палеопротерозоя. – СПб.: Наука, 2007. – 175 с.

7. *Фомин Ю.А., Демихов Ю.Н., Лазаренко Е.Е.* Генетические типы золотого оруденения архейских зеленокаменных структур Украинского щита // *Mineral. J. (Ukraine).* 2003. Т. 25. № 1. – С. 95–103.

8. *Щербак Д.Н., Пономаренко А.Н., Макаренко И.Д.* Геохронология гранитоидов Ингуло-Ингулецкого мегаблока Украинского щита // *Геохимия и рудообразование.* 1995. № 21. – С. 74–88.

9. *Щербак Н.П., Бибикова Е.В., Скобелев В.М., Щербак Д.Н.* Эволюция во времени и металлогеническая специализация раннедокембрийской коры Украинского щита // *Mineral. J. (Ukraine).* 2003. Vol. 25. N 4. – P. 82–92.

10. *Gaal G., Gorbatshev R.* Tectonic style of the Early Proterozoic ore deposition in the Fennoscandian Shield // *Precamb. Res.* 1990. Vol. 46. – P. 83–114.

11. *Gaal G., Gorbatshev R.* An outline of the Precambrian evolution of the Baltic Shield // *Precamb. Res.* 1987. Vol. 46. – P. 15–52.

12. *Gornostaev S.S., Walker R.J., Hanski E.J., Popovchenko S.E.* Evidence for the emplacement of ca. 3.0 Ga mantle-derived mafic-ultramafic bodies in the Ukrainian Shield // *Precamb. Res.* 2004, Vol. 132. N 4. – P. 349–362.

13. *Frietch R.* Precambrian metallogeny of Finland, Norway and Sweden // *Proc. 7th Quadrennial IAGOD Symp. Lulea, Sweden, August 18–22. 1986. Publ. 1988.*

14. *Huhma H.* Sm-Nd, U-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecokarelian crust in Finland // *Geol. Surv. Finl. Bull.* 1986. Vol. 337. – P. 1–48.

15. *Papunen H., Gorbunov G.I.* Nickel-copper deposits of the Baltic Shield and Scandinavian Caledonides // *Geol. Surv. Finl. Bull.* 1985. Vol. 333. – 394 p.

16. *Shcherbak D.N., Grinchenko A.V.* Metallogenic epochs in the Precambrian of Ukraine // *Mineral. J. (Ukraine).* 2000. Vol. 22. N 5/6. – P. 18–22.

17. *Shchipansky A.A., Bogdanova S.V.* The Sarmatian crustal segment: Precambrian correlation between the Voronezh Massif and the Ukrainian Shield across the Dniepr-Donets Aulacogen // *Tectonophysics.* 1996. Vol. 268. – P. 109–125.

18. *Turchenko S.I.* Precambrian metallogeny related to tectonics in the eastern part of the Baltic Shield // *Precamb. Res.* 1992. Vol. 58. – P. 121–141.

19. *Vaasjoki M.* Rapakivi granites and other postorogenic rocks in Finland: their age and the lead isotopic composition of certain associated galena mineralizations // *Geol. Surv. Finl. Bull.* 1977. Vol. 294. – P. 1–66.

Турченко Станислав Иванович – доктор геол.-минер. наук, зав. лаб., Институт геологии и геохронологии докембрия РАН. <turchsi@mail.ru>.