

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ И ЭКСПЛОЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАПАДНО-ИНГУЛЕЦКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЕ УКРАИНСКОГО ЩИТА

А.А. Калашник

*Геологоразведочная экспедиция № 37 Казенного предприятия "Кировгеология"
25019, линия 5, д. 26, Кировоград, пос. Горный*

Исследована пространственная, временная и геохимическая связь между формированием урановорудных объектов и эксплозивными проявлениями в Западно-Ингулецкой минерагенической зоне. Рассмотрены особенности площадного распределения урана и меди в разновозрастных породах региона и особенности проявления щелочного метасоматоза. Исследована связь уранового рудообразования различных генетических типов с основными проявлениями тектоно-магматических активизаций УЩ. Выполнен анализ региональных и локальных структурных особенностей распределения рудных объектов и минерализации широкого спектра в пределах глубинной Западно-Ингулецкой разломной зоны. Изложенные материалы позволили с новых позиций оценить возможности расширения минерально-сырьевой базы урана и других полезных ископаемых в Западно-Ингулецкой минерагенической зоне, что может способствовать повышению эффективности и целенаправленности ведения прогнозно-поисковых и поисковых работ.

Постановка проблемы. Несмотря на детальную изученность многих урановых месторождений УЩ до сих пор многие стороны вопроса их генезиса остаются спорными или недостаточно убедительными. К числу таких проблем относится, в частности, источник урана при формировании эндогенных урановорудных объектов промышленной значимости.

Рассмотрим некоторые аспекты этой проблемы в Западно-Ингулецкой минерагенической зоне (ЗИМЗ) с учетом установленной и освещенной нами ранее в ряде публикаций пространственно-временной связи уранового оруденения с кимберлитопоявлениями в пределах глубинных разломных структур [6–9].

ЗИМЗ вызывает особый интерес, поскольку в ее пределах установлена телескопированная многократная повторяемость во времени отложения урана в течении почти 2 млрд лет, как результат многоактной тектонической активизации глубинных разломов, к которым приурочены объекты

уранового оруденения. Промышленные концентрации урана здесь отсутствуют. Одновременно наблюдается пространственная сопряженность урановорудных объектов и эксплозий мантийной (кимберлитоподобные породы Боковьянского поля) и коровой природы.

Установление источника рудного вещества при образовании месторождений остается одной из основных проблем эндогенного рудообразования. Применительно к формированию гидротермально-метасоматических месторождений урана, а также исходя из господствующей ныне модели формирования урановорудного процесса, главенствующая роль в рудолокализации отводится процессам экзогенной дифференциации при вспомогательной роли эндогенных факторов. Первоначальным источником урана, по мнению ряда исследователей [3, 10], в Кировоградском рудном районе служили граниты Новоукраинского массива, первичные эквиваленты которых, как полагают, были существенно контаминированы ураном). Однако в последние годы развиваются представления о значительной роли верхней мантии в

© А.А. Калашник, 2011

Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и эксплозивных процессов

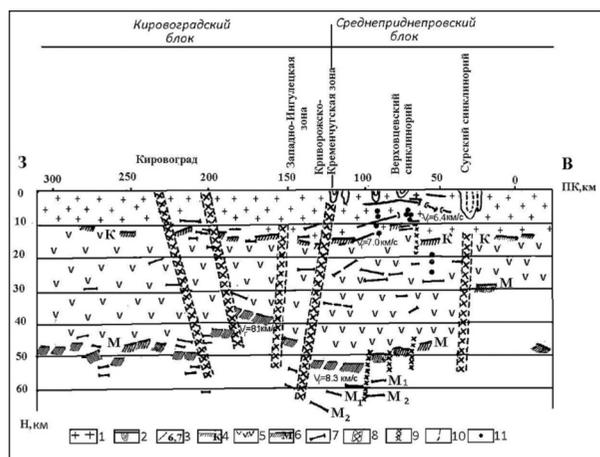


Рис. 1. Фрагмент сейсмогеологического разреза земной коры вдоль геотраверса IV по линии Таганрог-Кировоград (фрагмент) (по Чекунову А.В. [17]): 1 – гранитный слой, 2 – синклиновые структуры в докембрии Украинского щита, 3 – граничные скорости в км/с, 4 – раздел Конрада, 5 – "базальтовый слой", 6 – раздел Мохо, 7 – отдельные отражающие площадки, 8 – глубинные разломы, 9 – крупные разломы, 10 – разломы по геологическим данным, 11 – точки дифракции

поставке рудных компонентов различной металлогенической специализации в составе мантийных флюидов [1]. Применительно это и к эндогенным месторождениям урана, которые, по нашему убеждению, могут быть образованы исключительно при участии специализированных мантийных флюидных потоков. Выявление геолого-структурных закономерностей размещения эндогенных урановорудных объектов в тесной связи с разломами мантийного проникновения, зачастую маркируемыми кимберлитопоявлениями, позволяет выделять площади, перспективные для масштабного уранового рудообразования, находящегося в тесной связи с мантийными процессами. При этом необходимо осуществлять и традиционный учет рудоконцентрирующей роли рудногеологических систем внутрикорового уровня. Это расширяет перспективы открытия новых месторождений урана, а, значит, дает возможность более корректно определять целесообразность постановки дальнейших поисковых и поисково-разведочных работ в том или ином регионе.

Геолого-структурная связь эксплозивных проявлений и урановорудных объектов с Западно-Ингулецкой минерагенической зоной. ЗИМЗ протягивается более чем на 200 км в меридианальном направлении при ширине до 10 км. Она исследована IV и VIII геотраверсами (рис. 1, 2). В ее пределах, по данным глубинного сейсмозондирования (ГСЗ), происходит ступенеобразное погруже-

ние поверхности Мохо (М) с амплитудой до 5 км [17], горизонт K_2 погружается до глубины 15–16 км (рис. 1, 2). Для ЗИМЗ характерен повышенный уровень геомагнитного поля (рис. 3), ее бортовые части выделяются зонами ступенеобразных градиентов и смены характера гравитационного и магнитного полей. Результаты геофизических исследований подчеркивают существенную интенсивность происходивших тут тектонических процессов и мантийное проникновение Западно-Ингулецкой разломной зоны (рис. 1, 2).

С ЗИМЗ связаны месторождения и рудопроявления урана, железа, меди, золота, серного колчедана, графита. Все эти проявления различных полезных ископаемых располагаются вдоль главного меридианального направления Западно-Ингулецкой разломной структуры, что подчеркивает ее ведущую роль в локализации различных рудных формаций (рис. 4).

ЗИМЗ на разных этапах активизации способствовала проявлению разнообразной эксплозивной деятельности, включая трубки и дайки кимберлитоподобных пород Боковьянского поля. Эксплозивные проявления в ЗИМЗ повторялись многократно и характеризуются разным составом выполняющих их формаций [20], что обусловле-

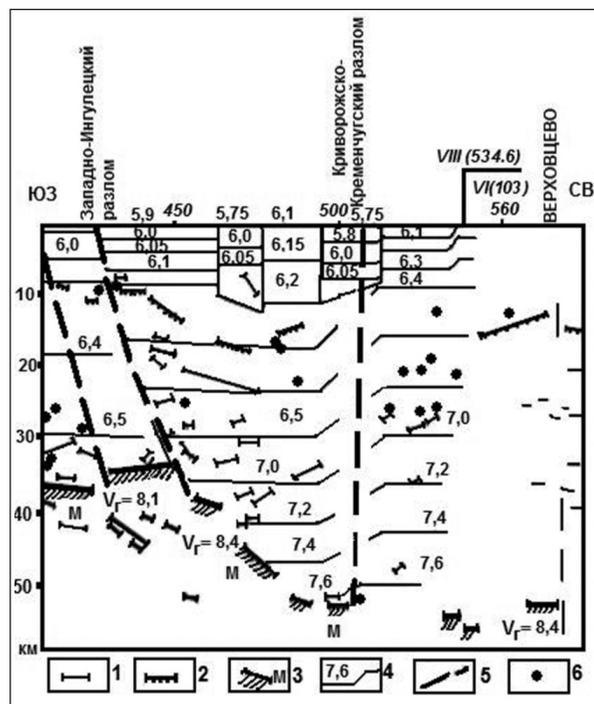


Рис. 2. Фрагмент сейсмогеологического разреза вдоль геотраверса VIII (по В.Б. Соллогубу, А.А. Трипольскому [17]): 1 – отражающие площадки, 2 – раздел Конрада K_2 , 3 – граница Мохо, 4 – изолинии скорости, км/с, 5 – глубинные разломы, 6 – точки дифракции

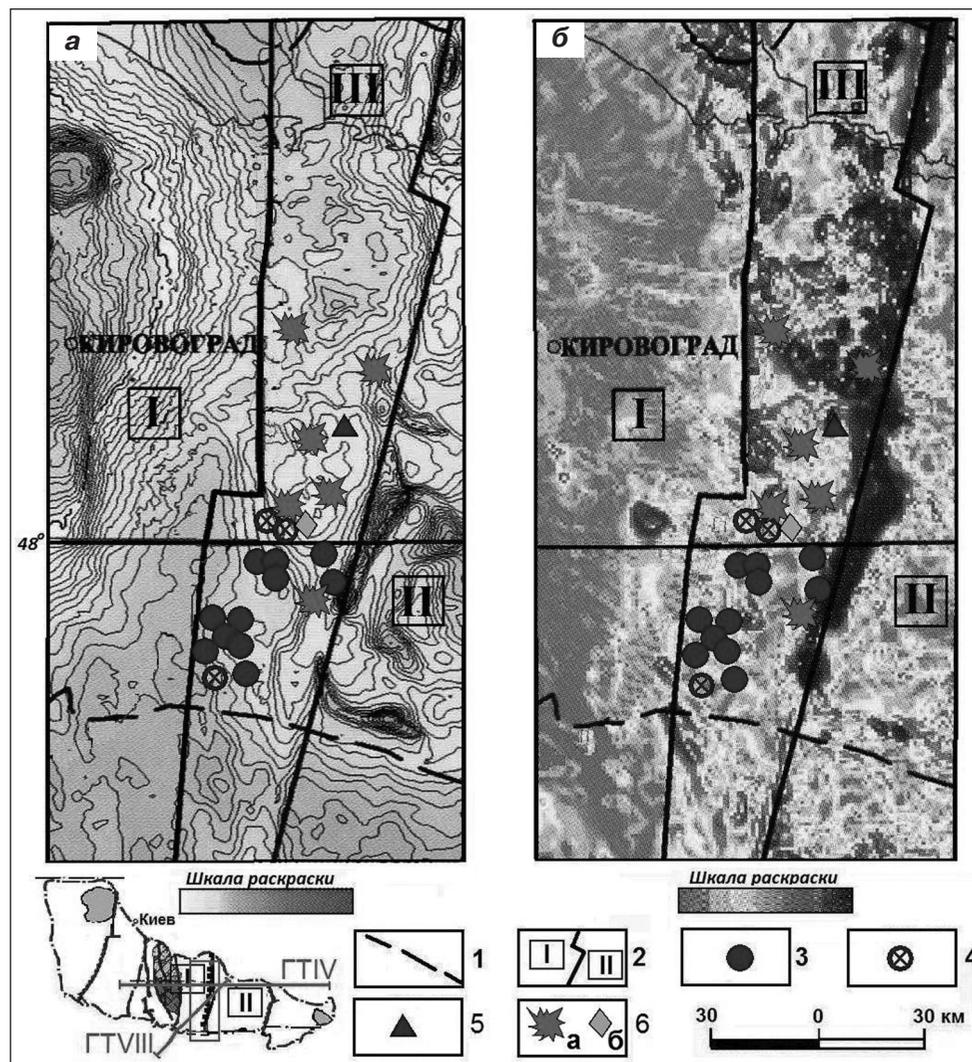


Рис. 3. Схема размещения урановорудных объектов и взрывных проявлений в Западно-Ингулецкой минерагенической зоне, совмещенная со схемой гравитационного поля (а) и магнитного поля (б) (геофизическая основа – Ентин В.А., 2002): 1 – граница УЩ, проведенная по подошве рифея-венда, 2 – граница литосферных блоков: I – Кировоградского, II – Среднеприднепровского; III – осевые линии Западно-Ингулецко-Криворожско-Кременчугской шовной зоны; 3–5 – рудопроявления урана: 3 – гидротермального типа в минерализованных зонах в породах фундамента, 4 – эпигенетического типа в трещинах кристаллических пород фундамента и коре выветривания кристаллических пород, 5 – гидротермально-метасоматического типа в пегматоидных гранитах; 6 – проявления: а – коровых взрывов, б – кимберлитоподобных пород

но, в первую очередь, глубиной происхождения вовлеченного в эксплозии материала – от мантийной (формация кимберлитоподобных пород) до коровой (железистые брекчиевые формации, графитовая брекчиевая, брекчиевидные сланцевые формации и т. д. (рис. 4)).

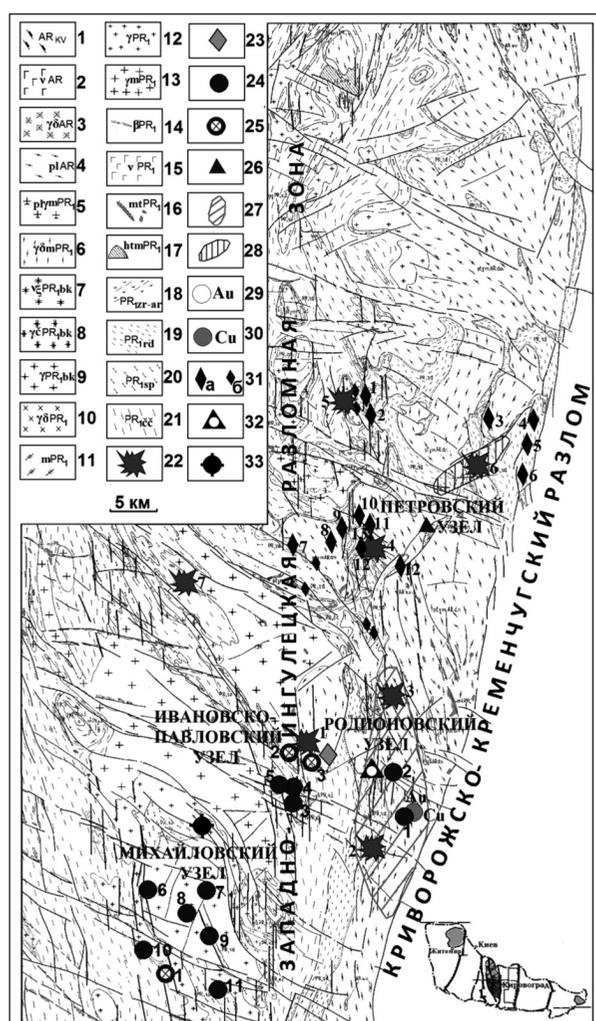
Боковьянское поле трубок и даек кимберлитоподобных пород расположено на правом берегу р. Боковая в районе с. Родионовка. Вмещающими для кимберлитоподобных пород служат метаморфизованные терригенно-карбонатные породы родионовской свиты нижнего протерозоя. Брекчиевые породы принадлежат к верхнему протерозою (1600–1200 млн лет) [20].

Первые исследователи (М.И. Веригин, А.С. Киселев, Н.С. Курлов, А.Б. Шаповалов) выделили эруптивные образования кимберлитового типа, пересеченные дайками, близкими к пикритам и диабазам. Ими в брекчиях были отмечены обломки вмещающих и глубинных образований [20]. Ультраосновные брекчии слагают трубообразное тело с вертикальными стенками и апофизами, вскрытое скважинами 16186–16188. В указанных образованиях было обнаружено мелкое зерно алмаза, утерянное до завершения окончательной диагностики (Киселев А.С., 1974). На поверхности размер трубки составляет 20 x 35 м; породы подвержены выветриванию с проявлени-

Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и эксплозивных процессов

Рис. 4. Геолого-структурная схема Западно-Ингулецкой минерагенической зоны с металлогенической нагрузкой (с использованием материалов КП "Кировгеология"): 1 – амфиболиты, гнейсы амфибол-биотитовые, 2 – габбро амфиболлизированное, 3 – диориты, гранодиориты, 4 – плагиоклазовые мигматиты биотитовые и амфибол-биотитовые, 5 – плагиоклазовые граниты и мигматиты, 6 – мигматиты порфиробластические гранодиоритового состава, 7 – монзониты кварцевые и биотит-гиперстенные, 8 – чарнокиты, 9 – граниты биотитовые порфиробластические, 10 – диориты, гранодиориты, 11 – мигматиты биотитовые, полосчатые, 12 – граниты и мигматиты мелко-среднезернистые биотитовые, 13 – граниты порфиробластические биотитовые, 14 – диабазы, диабазовые порфириды, 15 – габбро, 16 – щелочные метасоматиты нерасчлененные, 17 – вторичные кварциты, 18 – биотит-амфибол-плагиоклазовые гнейсы с прослоями графит-биотитовых сланцев, 19 – кварциты, кварцитопесчаники, графитовые, графит-биотитовые, андалузит-слюдисто-графитовые сланцы, кальцифиры, мраморы, 20 – гнейсы гиперстенные, гиперстен-биотитовые, 21 – биотитовые, силлиманит-биотитовые, гранат-биотитовые гнейсы, 22 – эксплозивные проявления (по Яценко Г.М.) [20] (1 – Боковьянское кимберлитоподобное, 2 – Родионовское брекчиевое, 3 – Раево-Александровское сланцевое, 4 – графитовое балки Власовской, 5 – Балаховское графитовое; 6 – Артемьевское железорудное, 7 – Васильевское брекчиевое); 23 – проявления кимберлитоподобных пород; рудопроявления урана: 24 – гидротермального типа в минерализованных зонах в породах фундамента: 1 – Червоношахтарское, 2 – Родионовское, 3 – Павловское, 4 – Восточно-Павловское, 5 – Северо-Павловское, 6 – Даниловское, 7 – Танковое, 8 – Казанковское, 9 – Николаевское, 10 – Чабановское, 11 – Покровское; 25 – урановорудные объекты эпигенетического типа в трещинах кристаллических пород фундамента и коре выветривания кристаллических пород (1 – Михайловское (непромышленное месторождение), рудопроявления: 2 – Ивановское, 3 – Гейковское); 26 – Гледовское гидротермально-метасоматического типа в пегматоидных гранитах; 27 – Карачуновско-Лозоватский участок проявления медной минерализации, 28 – площадная контрастная геохимическая аномалия никеля и кобальта; рудопроявления: 29 – золота, 30 – меди; 31 – графитовые (а – месторождения: 1 – Северный участок Балаховского; 2 – Балаховское, 3 – Зеленовское, 4 – Желтянское (участок балка Бурбончиной), 5 – Желтянское, 6 – Желтоводское, 7 – Варваровское, 8 – Бабенковское, 9 – Больше-Водянское, 10 – Мало-Водянское, 11 – Петровское, 12 – Балка Власовская; 13 – Белые Горбы; б – рудопроявления); 32 – Родионовское рудопроявление серного колчедана, 33 – рудопроявление лантановой группы

ем зональности типа "желтая земля", "зеленая земля", "синяя земля" с мощностью зон 5–7 м. По данным Яценко Г.М. [20], в свежем виде породы брекчиевидные, разномзернистые, с новообразованными чешуйками хлорита, зернами и сферолитами тремолита. С большой глубины привнесены обломки девитрифицированных стекол ульт-



раосновного состава. Размер обломков до 12 см, они имеют овальную или угловатую форму. Из первичных минералов отмечены оливин, диопсид, флогопит, биотит, апатит, вторичные представлены тальком, хлоритом, тремолитом, отмечается рудная сыпь [20]. В зоне гипергенеза развиваются нонтронит, опал, халцедон, кварц. По слюдистости и щелочности породы тяготеют к лампроитовой ветви. Отмечаются и более поздние дайки, близкие по составу к пикритам, мощностью до 12,4 м, секущие брекчиевые породы [20]. Таким образом, глубинность Западно-Ингулецкого разлома подтверждается не только сейсмическими исследованиями, но и проявленностью в его пределах кимберлитоподобных пород.

На правом берегу р. Ингулец, выше устья р. Верблюжка, в с. Чечелеевка биотитовые гнейсы флишоидной метаграувакковой формации включают многочисленные гранат-диопсидовые нодулы размером до 10 см. Подобные породы в составе той же формации обнаружены на правом берегу

Калашник А.А.

р. Боковая в с. Кардашовка, вблизи Боковьянского проявления кимберлитоподобной формации [20].

Эксплозивные брекчии, сложенные обломками пород железистых и других формаций, фрагментами глубинных образований и обломками перекрывающих неметаморфизованных терригенных толщ выявлены на Артемовском железорудном месторождении [20]. Эксплозивный характер брекчий доказывается присутствием высокотемпературной модификации кремнезема – β -кристобалита (на отдельных участках он прожилками пронизывает брекчиевидные породы), тримидита, вулканических стекол, гизингерита, развивающегося по железистым стеклам (скв. 20862) [20].

Родионовская брекчиевая трубка выполнена эруптивной брекчией, состоящей из обломков пород родионовской свиты и хлорит-иддингситового цемента, соответствующего составу трахибазальтов [19].

В ЗИМЗ выявлены месторождения и рудопроявления графита, пространственно связанные с eksploзивными проявлениями (рис. 4). В работе [5] отмечен весьма интересный геологический факт: в бассейне рек Ингул и Ингулец в проявлениях графита наряду с обычным графитом в породах криворожской серии встречается углеродистое вещество без кристаллической структуры. Вместе с углеродом, несущим на себе явную изотопную метку органического происхождения, в ряде случаев, чаще в карбонатных породах, зафиксирован встречается графит с резко повышенным значением $\delta^{13}\text{C}$ [5]. Это свидетельствует об абиогенных источниках углерода, из которых наиболее вероятный – углекислота, образовавшаяся при декарбонатизации, либо углекислота глубинных флюидов [5]. В большинстве месторождений Ингулецкого графитоносного района установлены брекчии разного типа, включая eksploзивные [20]. По мнению Г.М. Яценко и коллег [21], основная часть графитовых руд сформировалась в месторождениях Ингулецкого графитоносного района в позднем докембрии в структурах, подобных трубкам взрыва и тектоно-эксплозивным зонам. Рудная формация, согласно их исследованиям, состоит из насыщенных графитом флюидизитов и брекчий, в составе которых выделяются обломки метаморфических пород, графитсодержащих кварцитовидных и кварцевых песчаников с карбонатным цементом, кварцевые брекчии, известковистые породы, опал-халцедоновые, нонтронит-монтмориллонитовые (изме-

ненные глубинные ультраосновные) породы, лимонитовые и каолинитовые образования [21]. В пеликанитизированных породах месторождения графита Белые Горбы выявлен высокотемпературный β -кристобалит [20]. Впервые он был обнаружен Ю.И. Половинкиной и Г.А. Ковалевым [13]. Отмечаются песчаники рифейские или моложе с карбонатным цементом, не имеющие признаков метаморфизма, но содержащие чешуйки новообразованного графита [20]. На месторождении графита Балка Власовская также установлен высокотемпературный β -кристобалит, который ассоциирует с каолинитом [21]. На отдельных участках β -кристобалит прожилкообразно пронизывает брекчиевидные породы.

Во всех вторичных образованиях рудной формации графит концентрируется в значительно большем количестве, чем в породах вмещающей геологической формации основания. Его сопровождают минералы гидротермально-метасоматического происхождения: гроссуляр, горсейксит, вудхаузит, сванбергит, барит, сидерит и др. [20].

С рудной графитовой формацией также связаны проявления апатита, дравита, для нее характерны секущие жилы пегматитов (мощностью 1,0–1,5 м), кварцевые и кальцитовые жилы [21]. Из этого в совокупности следует вывод, что образование графита связано не с региональным метаморфизмом вмещающей геологической формации, а с гидротермально-метасоматическими процессами. Формирование руд происходило в широком интервале значений температуры. Сонахождение β -кристобалита и новообразованного графита на месторождениях Белые Горбы и Балка Власовская свидетельствует о высокой температуре (существенно выше 1000 °С) начального минералообразования и последующих метасоматических преобразований [20]. Пеликанитизация, с которой связан β -кристобалит, чаще всего приурочена к брекчиям в зонах разломов, в некоторых структурах она проявлялась неоднократно, в частности, пеликанитсодержащие структуры графитовых месторождений Балки Власовской и Белые Горбы развивались в позднем докембрии (975 ± 28 млн лет [20]) и фанерозое [22]. Рудная графитовая формация этих месторождений содержит повышенное количество P, Mn, Ba, Sr, TR, Zr, Be, Au, а также Cr, Ni, Co, что косвенно указывает на глубинное происхождение части соответствующих первичных пород брекчий [20].

Тела брекчиевых формаций имеют овальную форму, типичную для eksploзивных структур.

Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и взрывных процессов

Породы указанных месторождений коровые, но такие признаки, как наличие дравита, минералов группы гамлинита, измененных ультраосновных пород на графитовых месторождениях свидетельствуют о проникновении в зоны рудогенеза глубинных компонентов. Яценко Г.М. и коллеги [21] на месторождениях Ингулецкого графитоносного района выделили две генерации графита: графит-I, отмеченный в виде чешуек, равномерно рассеянных в гнейсах, его содержание увеличивается лишь в зонах рассланцевания; графит-II представлен новообразованными чешуйками в отложениях чехла, которые ассоциируют с β -кристаллитом [21]. Параморфозы кварца по шарикам и октаэдрам кристаллита, согласно их мнению, свидетельствуют о возможном газовом переносе кремнезема [20]. Подобные формы кристаллита возникают в вулканических породах. Весьма интересны данные Н.П. Семененко и Н.И. Половко [14], описавших в юго-западной части УЩ кимберлитоподобные породы, в мезостази которых представлены β -кристаллит, α -тридимит и лешательерит. Они предположили взрывной механизм формирования структур. Все это позволяет сделать вывод о непосредственном участии в формировании графитовых месторождений Ингулецкого графитоносного района взрывных процессов, сопровождающихся интенсивными потоками глубинной углекислоты.

Результаты изотопных исследований (Загнитко В.Н., Луговая И.П. [5]) также указывают на наличие в породах Ингулецкого графитоносного района графита нескольких генераций: как образованного в результате преобразования первичного органического вещества, так и абиогенного, образованного с участием глубинной углекислоты в результате гидротермально-метасоматической переработки карбонатов вмещающих пород. Так, изотопные метки углерода в графите кварц-биотитовых сланцев Петровского месторождения графита изменяются в интервале от $-32,8$ до $-34,9$ ‰, биотитовых гнейсов участка Казанка от $-7,6$ до $-14,8$ ‰, графитоносных гнейсов балки Власовская от $-3,6$ до $-9,8$ ‰ [5]. В графитах из гнейсов и сланцев показателен очень большой разброс значений изотопных меток углерода карбоната, что уже само по себе свидетельствует о разных источниках углерода в этих породах. По мнению В.Н. Загнитко и И.П. Луговой [5], различие в степени метаморфизма в сланцах и гнейсах такой разброс $\delta^{13}\text{C}$ обусловить не может. В этой связи они склоняются к гипоте-

зе о генезисе графита за счет восстановления углекислых флюидов в нижних частях земной коры [5]. На участках Петровского и Балка Власовская графитовых месторождений установлен ряд проявлений урановой минерализации, приуроченных к графитовым гнейсам, карбонатным породам и пегматитам (Польской Ф.Р., КП "Кировгеология"). Этот факт очень важен, поскольку мощные потоки углекислоты рассматриваются как характерная особенность районов со значимыми гидротермальными месторождениями урана.

Гидротермальные месторождения урана, с нашей точки зрения, приурочены к питающим флюидным системам зон глубинных разломов, осуществляющим привнос углекисловодных растворов, обогащенных мантийным ураном. Такие зоны часто диагностируются проявлениями кимберлитов, ультраосновных щелочных пород [6–9], явлениями карбонатизации, возможной битумизации пород разного состава. При этом разломы, маркированные кимберлитовыми объектами, служат эффективными проводниками специализированных ураноносных флюидов мантийного происхождения, о чем, в частности, свидетельствует высокая концентрация урана в кимберлитах Кировоградского урановорудного района и Приазовской потенциальной урановорудной области [8].

Взрывные структуры, как и рудные объекты различной металлогенической специализации в ЗИМЗ характеризуются общей региональной тектонической позицией – тяготеют к Западно-Ингулецкому глубинному разлому, признаки которого в районе проявлены достаточно четко (рис. 1–4). В взрывных структурах присутствуют минералы, образование которых связано с высокими значениями температуры и давления, наблюдается оплавленность минералов, слипание тугоплавких частиц карбидов и оксидов [20] и другие изменения, свидетельствующие о воздействии температуры, соответствующей условиям формирования высокотемпературных магм. В составе взрывных формаций присутствуют чужеродные вмещающим толщам измененные глубинные минералы, из чего можно предположить влияние мантийных процессов на формирование взрывов. Активизация взрывных процессов происходила в верхнем протерозое (Боковьянское поле трубок кимберлитоподобных пород 1600–1200 млн лет) [20]). Установлена также связь взрывных структур рассматриваемого региона с рифейским этапом

Калашник А.А.

активизации литосферы (975 ± 28 млн лет [20]). Примечательно, что накопление основной массы прожилковых и прожилко-брекчиевых руд объектов Михайловского рудного узла ЗИМЗ (рис. 4) также произошло в период рифейского этапа тектоно-магматической активизации УЩ (950–970 млн лет [3]). Основной этап формирования урановых черней мезо-кайнозойского возраста на урановых рудопоявлениях ЗИМЗ соответствует возрасту 200–400 млн лет [3]). Указанная пространственно-временная сопряженность урановорудных и эксплозивных процессов вероятнее всего не случайна. Западно-Ингулецкий разлом характеризуется мантийной проницаемостью (рис. 1, 2), что обеспечивает выполнение необходимого условия доставки рудного вещества с мантийных глубин.

Наблюдаемая в его пределах пространственная и пространственно-временная сопряженность урановорудных, графитоносных объектов и эксплозивных проявлений, а также наличие в районе целого ряда крупных месторождений графита Ингулецкого графитоносного района, связанных, как указано выше, с эксплозивными проявлениями, включающими и глубинные компоненты [20], свидетельствуют о присутствии в ЗИМЗ мощных потоков глубинной углекислоты во время разных этапов тектоно-магматической активизации УЩ. Вероятно, углекислотные мантийные флюиды в ЗИМЗ определяли физико-химическую общность переноса и последующей концентрации рудных компонентов на коровых горизонтах для процессов урановой минерализации, формирования графитовых месторождений и многообразных эксплозивных проявлений. ЗИМЗ в периоды тектоно-магматических активизаций, по всей видимости, обеспечивала подъем глубинных углекислотных флюидов на верхние структурные этажи, чем предопределяла пространственно-временную близость процессов рудообразования таких разнородных полезных ископаемых.

Мощные потоки углекислоты – условие необходимое, но недостаточное для формирования урановорудных объектов гидротермального типа с существенной концентрацией урана.

Рассмотрим особенности площадного распределения урана в разновозрастных породах ЗИМЗ и связь уранообразования с разными этапами тектоно-магматической активизации, что поможет установить специфику эволюции уранообразования района исследований.

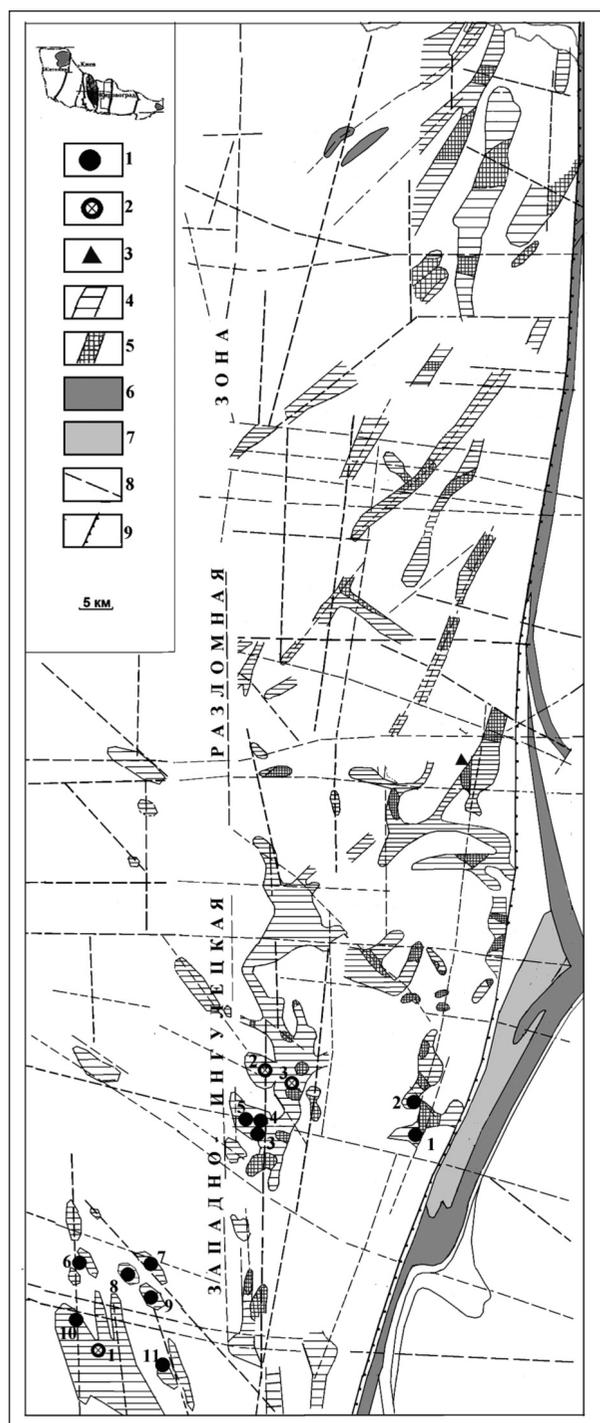
Распределение урана и меди во вмещающих урановорудные и медно-урановые скопления породах Западно-Ингулецкой минерагенической зоны (по данным КП "Кировгеология")

Порода	Кол-во проб	Параметры распределения							
		урана, $n \times 10^{-4}$, %				меди, $n \times 10^{-3}$, %			
		X	λ	S	K_k	X	λ	S	K_k
Гнейсы чечелевской свиты	64	2,7	0,21	1,65	1,06	3,6	0,26	2,06	1,16
Гнейсы спасовской свиты	39	4	0,42	2,39	1,52	4,3	0,39	2,35	1,47
Гнейсы родионовской свиты	17	1,9	0,18	0,75	0,72	4,7	0,62	2,41	1,51
Гнейсы ингуло-ингулецкой серии	120	3	0,18	1,93	1,14	4	0,21	0,24	1,3
Граниты чарнокитового комплекса	45	7	0,57	2,07	2,7	2,1	0,16	1,16	0,67
Граниты среднезернистые кировоградские	68	2,9	0,21	1,7	1,12	1,9	0,09	0,77	0,62
Мигматиты гранодиоритового состава	34	2,8	0,26	1,53	1,08	2,8	0,27	1,51	0,92
Мигматиты биотитовые	20	3	0,44	1,82	1,14	2,4	0,33	1,42	0,77
Граниты кировоградского комплекса	147	3,3	0,2	2,14	1,28	2,2	0,1	1,14	0,7
Плагиомигматиты днепропетровского комплекса	57	1,8	0,23	1,61	0,7	3,7	0,3	2,2	1,21
Гранодиориты	12	3,3	0,51	1,7	1,27	2,7	0,44	1,32	0,86
Кварцевые монзониты	13	1,4	0,21	0,77	0,53	2,3	0,23	0,78	0,74
Плагиограниты	70	1,7	0,19	1,49	0,66	3,5	0,25	2,09	1,12
Аплит-пегматитовые граниты	27	5,6	0,49	2,49	2,14	3	0,28	1,45	0,98

Примечание: X – среднее содержание, λ – ошибка среднего, S – стандартное отклонение, K_k – региональный кларк концентрации (по Егорову Ю.К., КП "Кировгеология")

Особенности площадного распределения урана в разновозрастных породах ЗИМЗ и специфика эволюции уранообразования в районе исследований. Среднее содержание урана в породах зоны изменяется от $1,4 \times 10^{-4}$ % до $5,6 \times 10^{-4}$ % (таблица) практически не превышая кларковые для кислых пород УЩ ($2-4 \times 10^{-4}$ %), либо являются дефи-

Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и эксплозивных процессов



цитными по отношению к ним. Исключение составляют гранитоиды Боковьянского массива со средним содержанием урана $7 \times 10^{-4} \%$ (гранитоиды чарнокитового комплекса). К нему пространственно тяготеет Боковьянское поле трубок и даек, выполненных кимберлитоподобными породами. Повышенные средние фоновые концентрации урана в районе отмечаются для гранитоидов кировоградского комплекса ($3,3 \times 10^{-4} \%$), гранодиоритов ($3,3 \times 10^{-4} \%$) и аплит-пегматоидных гранитов ($5,6 \times 10^{-4} \%$).

Рис. 5. Схема размещения рудопроявлений урана и геохимических аномалий урана и меди в комплексе с ураном в Западно-Ингулецкой минерагенической зоне (по материалам Гречишников А.П., Анисимова В.А. (1958 г.), Зыкова Е.А. (1974 г.), Гуляка А.И., (1985, 1987 гг.), Сваткова А.Н., (1992 г.) КП "Кировгеология"): 1 – рудопроявления урана гидротермального типа в минерализованных зонах в породах фундамента (1 – Червоношахтарское, 2 – Родионовское, 3 – Павловское, 4 – Восточно-Павловское, 5 – Северо-Павловское, 6 – Даниловское, 7 – Танковое, 8 – Казанковское, 9 – Николаевское, 10 – Чабановское, 11 – Покровское); 2 – урановорудные объекты эпигенетического типа в трещинах кристаллических пород фундамента и коре выветривания кристаллических пород (1 – Михайловское (непромышленное месторождение), рудопроявления: 2 – Ивановское, 3 – Гейковское); 3 – рудопроявления урана гидротермально-метасоматического типа в пегматоидных гранитах; 4, 5 – геохимические аномалии: 4 – урана (контрастные и слабоконтрастные), 5 – меди в комплексе с ураном; 6 – железистые кварциты и сланцы криворожской серии, 7 – сланцы, гнейсы, кварциты, песчаники криворожской серии, 8 – дизъюнктивные нарушения; 9 – осевая линия Криворожско-Кременчугского разлома

Сульфидная минерализация в ЗИМЗ распространена главным образом на участках повышенной трещиноватости в тектоно-метасоматических зонах. Наиболее значительное фоновое содержание меди отмечается в отложениях ингуло-ингулецкой серии, главным образом родионовской свиты (таблица). Необходимо отметить обширные геохимические аномалии урана и меди в комплексе с ураном вдоль Западно-Ингулецкой разломной зоны (рис. 5).

В ЗИМЗ партией № 17 КП "Кировгеология" выделено полигенное и полихронное урановое оруденение, представленное многочисленными аномалиями, рудопроявлениями и одним непромышленным месторождением.

В юго-западной части ЗИМЗ выявлено Михайловское месторождение урана. Для него и для близко расположенных Даниловского, Танкового, Казанковского, Николаевского, Чабановского, Покровского рудопроявлений Михайловского рудного узла отмечается тесная приуроченность к разнонаправленным дизъюнктивам, оперяющим региональную Западно-Ингулецкую разломную структуру меридианального простираения в южной части Казанковского гранитоидного поднятия. Вмещающие Михайловское месторождение породы представлены в основном графитсодержащими биотитовыми гнейсами родионовской свиты, им подчинены амфибол-биотитовые гнейсы, амфиболиты, карбонатные и кордиерит-пироксен-содер-

Калашник А.А.

жащие породы [3]. Вблизи контактов с гранитными массивами широко развиты субсогласные тела инъекционных микроклиновых аплитовидных и аплит-пегматоидных гранитов. На Михайловском месторождении выделено несколько генетических типов урановой минерализации, приуроченных к разным этапам тектоно-магматической активизации УЩ и имеющих разные условия образования. Первичная урановая минерализация представлена убогой рассеянной вкрапленностью уранинита среди калиевых аплит-пегматоидных гранитов и имеет возраст 2040 ± 50 млн лет [3]. Второй этап оруденения тесно связан с гематит-хлорит-ортоклаз-кальцитовыми метасоматитами, минерализация представлена коффинитом, в меньшей мере настураном, носит прожилково-вкрапленный характер. Возраст этого оруденения 950–970 млн лет [3]. Прожилковые и прожилково-брекчиевые урановые руды в зонах дробления кристаллических пород представлены оксидами урана и коффинитом совместно с карбонатом, хлоритом и незначительной примесью сульфидов. Наиболее поздний тип урановой минерализации на Михайловском месторождении прожилково-трещинный, образованный за счет выщелачивания урана из эндогенных проявлений и переотложения в зонах открытой трещиноватости [3]. Экзогенное оруденение представлено вторичными коффинит-ураночерниевыми образованиями. По результатам изотопно-спектральных определений В.Н. Щеточкина [18], наибольшая частота встречаемости возраста урановой черни Михайловского месторождения соответствует интервалу 200–400 млн лет.

Связь уранового рудообразования с разными этапами тектоно-магматической активизации в ЗИМЗ несомненна. Чабановское, Казанковское рудопроявления гидротермального трещинно-жильного типа имеют возраст древней урановой минерализации, представленной настураном возраста 2000 млн лет, на Николаевском рудопроявлении урановая минерализация представлена настураном и уранинитом возраста 2000 млн лет, на Даниловском рудопроявлении того же генетического типа возраст урановой минерализации 1700 млн лет, однако все указанные рудопроявления имеют признаки и молодого уранового оруденения возраста 200–400 млн лет. Оно представлено урановыми чернями и окисленными прожилками настурана (А.В. Тарханов, ВИМС, 1979 г.).

Группа рудопроявлений Ивановско-Павловского узла приурочена к участку пересечения меридианальной Западно-Ингулецкой разломной

зоны с Федоро-Шуличинским и Ворошиловским разломами северо-западного простирания в восточном обрамлении Долинского гранитоидного массива и южном обрамлении Боковьянского (рис. 4). В узле весьма интенсивно проявлены тектонические процессы. О подвижках, происшедших в пределах разломов, свидетельствует наличие диабазовых даек возраста 1100–1200 млн лет (Польской Ф.Р., КП "Кировгеология") с развитыми по ним более поздними тектонитами. Зоны разломов сопровождаются хлоритизацией, эпидотизацией, окварцеванием, интенсивной гематитизацией, микроклинизацией, альбитизацией. Урановая минерализация гидротермальных рудопроявлений трещинно-жильного типа представлена тонкой вкрапленностью и корочками настурана, вкрапленностью уранинита возрастом 1100, 1280 млн лет на Павловском, 1400, 2200 млн лет на Северо-Павловском и Восточно-Павловском рудопроявлениях (А.В. Тарханов, ВИМС, 1979 г.), и урановыми чернями возрастом 200–400 млн лет на всех указанных рудопроявлениях [3].

Пространственно сопряженные с указанными рудопроявлениями брекчиевые кимберлитоподобные породы Боковьянского поля имеют возраст 1600–1200 млн лет [20]. Урановое оруденение в виде урановых черней *MZ–KZ* возраста Ивановского рудопроявления вмещает кора выветривания гнейсов и первичные каолины. Однако здесь установлена и первичная минерализация в гнейсах, представленная настураном возрастом 1800 млн лет [3].

Петровский узел контролируется Западно-Ингулецкой зоной разломов. Он приурочен к приконтактной части архейских плагиогранитов и метаморфических нижнепротерозойских образований. Здесь выявлено Гледовское (Петровское) рудопроявление гидротермально-метасоматического типа в пегматоидных гранитах, прорывающих тонко чередующиеся биотит-плагиоклазовые, амфибол-биотитовые гнейсы и железистые кварциты [3] (рис. 4).

Родионовский узел также расположен в пределах Западно-Ингулецкой зоны разломов и приурочен к приконтактной части архейских плагиогранитоидов и нижнепротерозойских метаморфических толщ (рис. 4). Здесь выявлен ряд проявлений, Червоношахтарское и Родионовское рудопроявления гидротермального трещинно-жильного типа. По преобладающему компоненту руды делятся на урановые, медные и медно-урановые. Главный урановый минерал руд – урани-

Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и эксплозивных процессов

нит, в небольших количествах встречается коф-финит и урановая чернь [12]. Кроме того, отмечено в незначительное количество ненадквивита, а также урансодержащего ильменита (давидита), ортита, эпидота, сфена и циркона [12]. Изотопный возраст уранинита составляет 2100 ± 100 млн лет (по А.И. Тугаринову [3]). В парагенетической ассоциации с урановыми минералами находятся, главным образом, сульфиды: халькопирит, пирит, галенит, несколько меньшей сфалерит, кубанит, пирротин, в зоне гипергенеза марказит, халькозин, борнит [3].

В ЗИМЗ наблюдается устойчиво повторяющийся минеральный парагенезис уран–медь, выраженный в масштабном площадном концентрировании этих металлов в виде обширных геохимических аномалий (рис. 5), а также в формировании многочисленных рудопроявлений и проявлений медно-уранового типа, сконцентрированных в разнородных породах (рис. 4), что косвенно указывает на наличие генетической общности формирования однотипных рудных скоплений вне зависимости от вмещающих пород. В ходе разновременных тектоно-магматических активизаций одна и та же область мантии, аномально обогащенная определенными химическими элементами, может поставлять в верхние структурные этажи новые порции глубинного материала. Поэтому первичная неоднородность химического состава определенной области мантии вероятней всего находит отражение в специфике вышележащих уровней земной коры, в определенной их геохимической и металлогенической специализации. Следовательно, начальное условие рудогенеза – активизация участка мантии, аномально обогащенного определенными химическими элементами, способствующая зарождению рудоносных флюидов определенной металлогенической специализации. Позже для возникновения крупных рудных концентрации на верхних структурных этажах земной коры начинают играть роль свойства вмещающей среды и наличие геохимических условий для рудоотложения. Исходя из этого, устойчиво повторяющийся минеральный парагенезис рудных компонентов, в первую очередь, свидетельствует об общности их свойств, обуславливающих возможность мобилизации и транспортировки рудоносными флюидами. Состав флюидов должен обеспечивать их сепарацию, возможно на разных структурных уровнях, скопление, совместный перенос и затем рудоотложение (одновременное или с определенным времен-

ным отрывом, необходимым для эволюционирования физико-химических свойств флюида, обеспечивающих благоприятные условия для процесса концентрации каждого рудного компонента).

Медно-урановый тип оруденения отмечен в различных урановорудных провинциях мира [11]. На Индийском щите выявлено несколько месторождений медно-уранового типа: Джадугуда, Нарва-Пахар, Бхатин, Керуадунгри, Каньялуна, Парадунгри и др., где уранинит ассоциирует с медью [11]. Все они расположены в раннепротерозойских породах вблизи гранитных интрузивов, преимущественно в трещинных зонах, принадлежащих Синбхумскому надвику. Возраст оруденения, определенный по ураниниту, 900–1000 млн лет [11]. Совместное проявление урановой и медной минерализации отмечается также в месторождениях бедных урановых руд Умра и Удайсагар штата Раджастхан (Индия). Район месторождения Удайсагар сложен породами нижнепротерозойской серии Аравалли (черные, обогащенные углеродистым веществом филлиты, хлоритовые и биотитовые сланцы), прорванными гранитами. Урановая минерализация (уранинит и вторичные минералы) приурочена к зонам дробления, сопровождается сульфидами железа и меди [11].

В медном поясе Заира и Замбии выявлено месторождение урана Шинколобве и 40 других появлений урана (Свамбо, Колонгве, Луаншиа, Кимал и др.) возрастом 720–520 млн лет [11]. Урановые руды Шинколобве приурочены к различным сланцам и доломитам. Рудные тела тяготеют к крупным разрывам. В рудах отмечено большое количество вторичных минералов урана и сульфидов меди, с которыми связана значительная часть запасов месторождения [11]. Н.П. Лаверов с коллегами отмечает [11], что медь наиболее часто встречающийся спутник урана, иногда образующий совместные с ним значительные скопления.

Примечательно, что на описанных выше медно-урановых объектах различных регионов планеты, при общности типа оруденения вмещающими служат различные породы. Зато однозначно четко проявляется связь между тектоническими и рудообразующими процессами. Все это дополнительно свидетельствует о том, что вмещающие породы не основной источник рудных компонентов при формировании рудных объектов определенного генетического типа, они указывают на ювенильный источник рудного вещества.

Калашник А.А.

Таким образом, в пределах ЗИМЗ многократно проявились тектоно-метасоматические и гипергенные процессы, преобразующие породы и приводящие к мобилизации, переносу, переотложению и накоплению урана в благоприятных условиях вплоть до формирования ряда рудопроявлений различного генезиса и непромышленного Михайловского месторождения. При этом возобновление процессов уранового оруденения после очередных тектонических подвижек зачастую не приводило к существенной смене минеральных парагенезисов (за исключением гипергенных процессов), в частности в группе Павловских рудопроявлений. Рудные концентрации в пределах ЗИМЗ были полихронными и полигенными, однако эндогенная металлогения рудных компонентов определена преимущественно раннепротерозойской эпохой, тесно связанной с мощной тектоно-магматической активизацией со вскрытием глубинных каналов поступления эндогенного вещества. Урановорудная минерализация основного этапа развития Михайловского месторождения имеет рифейский возраст. По данным исследований А.В. Тарханова, В.И. Дмитриева, А.К. Мигуны, (ВИМС, 1979 г.), прожилковые проявления коффинит-настуран-чернивевого типа в графитсодержащих гнейсах ингуло-ингулецкой серии на Михайловском месторождении, Николаевском, Лагодовском и Казанковском рудопроявлениях, сформировались в несколько основных этапов: 1100–1300, 600–800 и 200–300 млн лет. Они отмечают практически полное отсутствие радиогенного свинца в проанализированных пробах, что, по их мнению, указывает на перераспределение урана и в более позднее геологическое время.

Отмечаемая нами в ЗИМЗ пространственно-временная сопряженность урановой минерализации и взрывных процессов рифейского и мезо-кайнозойского этапов тектоно-магматической активизации с присутствием в взрывных структурах ювенильного материала и высокотемпературных минералов, вероятно, служат свидетельством взрывного характера процесса массовой дегазации глубинных гидротермальных растворов при подъеме на верхние структурные этажи земной коры за счет снижения внешнего давления. Взрывообразное высвобождение углекислоты глубинных гидротермальных растворов на верхних структурных этажах объясняет "коровую" природу взрывных структур с акцессорным ювенильным материалом, термобарометрические условия возникновения высокотемпера-

турных минералов и другие явления, происходящие под воздействием высоких температуры и давления (оплавленность, развитие стекол и др.). Коровые взрывы оказываются индикаторами поднявшихся на верхние структурные этажи глубинных насыщенных CO_2 гидротерм, с энергией взрывной дегазации которых они, вероятнее всего, и связаны. Столбообразная форма взрывных структур и их небольшие размеры, скорее всего, свидетельствуют о невысокой энергетике взрывов при дегазации на коровых глубинах. Взрывные структуры, выполненные мантийным материалом, в частности, трубки кимберлитоподобных пород Боковьянского поля, — следствие масштабной мантийной дегазации на участках Западно-Ингулецкой разломной зоны мантийного проникновения. Коровые взрывы чаще пространственно сопряжены в ЗИМС с графитовыми объектами (рис. 3, 4), мантийные — тяготеют к урановорудным. Все эти объекты характеризуются структурно-тектонической (приуроченностью к глубинным разломам над активными мантийными структурами) и физико-химической общностью — связью с флюидами, насыщенными CO_2 , вероятно, сформированными на различных структурных уровнях и имеющих разную металлогеническую специализацию.

Анализ связи урановых геохимических аномалий с рудообразующими процессами показал, что большая часть аномалий урана, установленных в ЗИМЗ, связана с проявлением эпигенетических, наложенных метасоматических процессов (Польской Ф.Р., КП "Кировгеология"). Такие аномалии здесь отражают, прежде всего, минерализацию, принадлежащую к урановой формации в кварц-микроклиновых метасоматитах, а также урановой формации в кварц-сульфидных жилах и прожилках и урановой в карбонатно-натровых метасоматитах. В ЗИМЗ установлены следующие типы метасоматоза: натровый (микроклин-альбитовые породы, альбититы (крайне редко)), кремний-калиевый (микроклиниты, альбит-микроклиновые, кварц-микроклиновые породы), кальциевый (карбонатный). Наиболее локально развит карбонатный метасоматоз, установленный в пределах Павловского рудопроявления и в восточных ветвях Западно-Ингулецкой зоны разломов. Наиболее распространенными продуктами кремний-калиевого метасоматоза в районе работ являются альбит-микроклиновые породы. Среди натровых метасоматитов преобладают микроклин-альбититовые породы (десилицированные

Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и взрывных процессов

породы). Таким образом, Западно-Ингулецкая разломная зона характеризуется незначительным развитием натрового метасоматоза при преобладающем развитии кремний-калиевого. Характер и специфика метасоматоза региона, вероятно, также обусловлены процессами, происходящими на мантийном уровне.

Геохимическая специализация пород ЗИМЗ в общих чертах позволяет предполагать металлогенические особенности подстилающего ее участка аномальной мантии, которые определяют состав глубинных флюидов, поднимающихся при тектоно-магматических активизациях по разломным зонам мантийного проникновения в верхние структурные горизонты. Далее происходит перераспределение рудогенных компонентов, в частности урана, а так же меди в верхних горизонтах коры. Основным фактор, контролирующей урановое рудообразование в ЗИМЗ, тектонический, связь рудообразующего процесса со структурно-вещественными комплексами пород района сложна и неоднозначна и, с учетом параметров распределения урана, не дает оснований рассматривать определенный состав пород (в том числе, графитоносные гнейсы родионовской свиты) в качестве потенциального источника урана. Исходя из данных о глубинном строении ЗИМЗ, ее геохимической и металлогенической специализации, можно сделать вывод, что определяющую роль в отсутствии масштабных концентраций урана в ее пределах, вероятней всего, сыграла невысокая насыщенность ураном мантийных флюидов. Последнее обусловлено физико-химическими особенностями участка мантии, соответствующего ЗИМЗ, при высокой эффективности указанной зоны в качестве флюидопроводника. ЗИМЗ выделяется Гордиенко И.В., как локальный "холодный" блок земной коры с тепловым потоком менее 30 мВт/м^3 [4], что может свидетельствовать и об отсутствии необходимых для масштабного рудогенеза условий теплоассоциации, которые также обеспечивает мантия.

Из всего этого следует, что поиск крупных промышленных месторождений урана в Западно-Ингулецкой разломной зоне бесперспективен. При сегодняшнем состоянии минерально-сырьевой базы урана Украины, существующей конъюнктуре рынка, и степени специализированной изу-

ченности Западно-Ингулецкая минерагеническая зона может рассматриваться лишь как потенциальная в плане разработки выявленных и как мало-перспективная для поиска новых урановорудных объектов. Существенный интерес представляют месторождения Ингулецкого графитоносного района. Учитывая установленную связь рудных тел графита с взрывными процессами и широкое развитие взрывов в Западно-Ингулецкой минерагенической зоне, которые служат индикаторами подъема на верхние структурные этажи потоков углекислотных глубинных флюидов и возможности формирования крупных графитовых объектов в результате гидротермально-метасоматической переработки графитоносных и карбонатных пород разного состава, высоки перспективы обнаружения здесь новых промышленных объектов. Например, в пределах Западно-Ингулецкой разломной зоны глубинного заложения в тесной связи с графитосодержащими гнейсами и сланцами родионовской, гнейсами спасовской и чечелевской свит.

Выводы. 1. В Западно-Ингулецкой минерагенической зоне наблюдается тесное пространственное совмещение уранового оруденения различных генетических типов, подновляющегося в приразломных зонах глубинных долгоживущих разломов в периоды активизации тектонической деятельности в течение 2 млрд лет. Причиной такой чрезвычайно отчетливой локализации рудных процессов, проявленных в течение длительного геологического периода на ограниченных участках в тесной связи с разломной тектоникой и активизационными процессами, вероятно, служит глубинная природа рудных компонентов.

2. В формировании эндогенных полигенных урановорудных объектов Западно-Ингулецкой минерагенической зоны основную роль сыграли первичные ювенильные (подкорковые) источники урана, хотя возможна и мобилизация некоторой части урана из вмещающих отложений, расположенных в непосредственной близости к рудогенным зонам. Причина отсутствия крупных концентраций урана в рассматриваемом регионе кроется, в основном, в физико-химических особенностях подстилающего Западно-Ингулецкую разломную зону активного участка мантии.

Поступила 14.11.2011.

1. *Абрамович И.И.* Металлогения. — М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. — 328 с.
2. *Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Стрыгин А.И.* Генетическая модель уран-альбититовой формации // Тез. докл. 27 Международн. геол. конгресса. — 1984. — Т. IX. — Ч. I. — С. 333.

Калашник А.А.

3. *Генетические* типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Под ред. Я. Н. Белевцева, В.Б.Ковалю. — К. : Наук. думка, 1995. — 396 с.
4. *Гордиенко И.В.* Интерпретация Кировоградской аномалии теплового потока // *Геофиз. журн.* — 2000. — № 3. — С. 82–89.
5. *Загитко В.Н., Луговая И.П.* Изотопная геохимия карбонатных и железисто-кремнистых пород Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1989. — 316 с.
6. *Калашник А.А.* Связь уранового рудообразования и проявлений щелочно-ультрасосновного магматизма в пределах Лелековского и Мичуринского урановорудных полей Кировоградского блока УЩ // *Мінер. ресурси України.* — 2009. — № 4. — С. 18–21.
7. *Калашник А.А.* Минерагенический потенциал широтных разломных зон Украинского щита // Там же. — 2010. — № 3. — С. 24–36.
8. *Калашник А.А.* Геолого-структурные особенности пространственного размещения урановорудных объектов и кимберлитопроявлений в Южно-Донбасской минерагенической зоне // *Геохімія та рудоутворення.* — 2011. — №. 29 — С 106–119.
9. *Калашник А.А., Москаленко Г.М.* Геолого-структурные особенности пространственного размещения кимберлитопроявлений и урановорудных объектов в Кировоградском рудном районе Украинского щита// *Мінер. ресурси України.* — 2010. — № 2. — С. 8–17.
10. *Коваль В.Б.* Геохимическая модель накопления урана в щелочно-карбонатных метасоматитах докембрия.— Киев: Наук. думка, 1980.— 148 с.
11. *Лавров Н.П., Смилкстын А.О., Шумилин М.В.* Зарубежные месторождения урана. — М. : Недра, 1983. — 320 с.
12. *Лисиченко Г.В., Мельник Ю.П., Лисенко О.Ю. та ін.* Уранові руди України. — К. : Наук. думка, 2010. — 221 с.
13. *Половинкина Ю.И., Ковалев Г.А.* О природе пеликанита // *Минерал. сб.* — 1949. — № 3. — С. 99–115.
14. *Семенов Н.П., Половко Н.И.* Проблемы глубинного магматизма// *Геохимия и рудообразование.* — 1980. — № 8. — С.8–14.
15. *Стрыгин А.И.* Петрология и рудные формации докембрия Украинского щита. — К. : Наук. думка, 1978. — 290 с.
16. *Тяпкин К.Ф., Кивелюк Т.Т.* Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. — М. : Недра, 1982. — 239 с.
17. *Чекунов А.В.* Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР. — К. : Наук. думка, 1972. — 176 с.
18. *Шеточкин В.Н., Ткаченко И.Н., Дмитриев В.И.* Ураноносные гумбеиты в связи с позднепротерозойской активизацией древней платформы // *Геология рудных месторождений.* — 1986. — № 2. — С. 30–39.
19. *Ярошук М.А., Вайло А.В.* Процессы тектоно-магматической активизации Ингулецко-Криворожской зоны Украинского щита и возможная связь с ними уран-полиметаллического оруденения // *Материалы. конф. "Щелочной магматизм Земли и его рудоносность".* — Донецк, 2007. — С. 156–161.
20. *Яценко Г.М., Гурский Д.С., Сливко Е.М. и др.* Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. — Киев, 2002. — 331 с.
21. *Яценко Г.М., Лавриненко Е.И., Мамчур Г.П.* О генезисе докембрийских формаций Ингулецкого района и Криворожья (Украинский щит) // *Минерал. сб.* — 1986. — № 40. — Вып. 1. — С. 80–85.
22. *Яценко Г.М.* Нижний докембрий центральной части Украинского щита. — Львов : Вища школа, 1980. — 131 с.

Калашник Г.А. Геолого-структурні особливості прояву уранового зруденіння та експлозивних процесів у Західно-Інгулецькій мінерагенічній зоні Українського щита. Досліджено просторовий, часовий і геохімічний зв'язок між формуванням урановорудних об'єктів і експлозивними проявами у Західно-Інгулецькій мінерагенічній зоні. Розглянуто особливості площадного розподілу урану та міді в різновікових породах регіону й особливості прояву лужного метасоматозу. Досліджено зв'язок уранового рудоутворення різних генетичних типів з основними етапами тектоно-магматичної активізації УЩ. Виконано аналіз регіональних і локальних структурних особливостей розподілу рудних об'єктів і мінералізації широкого спектру в межах глибинної Західно-Інгулецької розломної зони. Викладені матеріали дозволили з нових позицій оцінити можливості розширення мінерально-сировинної бази урану та інших корисних копалин в Західно-Інгулецькій мінерагенічній зоні, що може сприяти підвищенню ефективності та цілеспрямованості ведення прогнозно-пошукових та пошукових робіт.

Kalashnyk G.A. Geological-structural features of the spatial placing of uranium ore objects and explosive process in the Western-Inguletsky mineragenic zone of the Ukrainian shield. Spatial, time and geochemical relationship between the formation of uranium ore and explosive structures in the West Inguletsky mineragenic zone is investigated. Geological and structural regularities of uranium ore facilities in close connection with fault tectonics were showed. The authors have made the revision of uranium and copper concentrations in the crystalline rocks of West Inguletsky mineragenetic zone. The features of alkaline metasomatism in regions have been considered in the paper. Explosive structures including breccia pipes of kimberlitic-like rocks are indicators of strong intense fluxes of fluid by carbon dioxide composition, which favorable for the processes of metasomatism. Geochemical features near-ore metasomatic transformation of the region was showed. Presents the results of analysis of the relationship of uranium geochemical anomalies with the ore-forming processes. Analysis of connections between the main uranium forming productive periods with the development of main tectonic-magmatic activation of the Ukrainian shield are given in the paper. It is shown that in the West Inguletsky mineragenic zone has a close spatial association in the near-fault zones of uranium mineralization of different genetic types. It formed in different tectonic cycles and ore epochs in the long-lived deep faults in



Геолого-структурные особенности проявления уранового оруденения и взрывных процессов

the periods of tectonic activity during the period of 2,0 Ga. This allowed authors to conclude that deep sources of the ore components are the only cause of such very distinct localization of uranium-ore processes in limited areas in direct relation with faults and tectonic-activation processes during a long geological period. The analysis of regional and local structural features of the distribution of ore objects and mineralization of wide spectrum within the West Inguletsky fault zone was made. Earlier authors established a close association of endogenous uranium deposits of hydrothermal type with enriched by uranium kimberlitic bodies in Kirovograd uranium-ore region and Azov potential uranium ore field of the Ukrainian Shield. Spatial-time proximity of kimberlitic magmatism, explosive process with mantle components and uranium mineralization may be additionally taken into account in the complex of criteria for the detection of hydrothermal uranium objects. On the example of Western Inguletsky mineragenic zone of mantle penetration authors showed that the deep faults are ore-controlling only when they are crossing the metallogenic specialized areas of the mantle, which able to create the fluids of the appropriate geochemical composition. This allowed authors to conclude that the only anomalously enriched by uranium areas of the mantle served source of ore components and thermal-barometric conditions for uranium mineralization. Presentation of the material allowed us to estimate the prospects of expanding the mineral resource base of uranium and other minerals, primarily of graphite deposits in the West Inguletsky mineragenic zone with the new positions. This results can be instrument in the increase of efficiency and purposefulness in prognosis-searching and exploration geological works.

