

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ИНТЕНСИВНОГО РУДОГЕНЕЗА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

А. А. Калашник

КЛА НАУ, Кировоград, Украина

Поступила в редакцию 29 марта 2016 г.

Аннотация: рассмотрены результаты изучения закономерностей формирования и размещения крупных месторождений урана, лития и тантал-литиевых руд, средних по запасам месторождений золота в центральной части Украинского щита (УЩ) с учетом особенностей глубинного строения литосферы. Представлены принципиально новые факторы формирования металлогенического разнообразия и интенсивного рудогенеза центральной части Украинского щита.

Ключевые слова: крупные U, Li, Ta-Li месторождения, глубинные факторы оруденения, мантийные рудогенные компоненты.

BASIC FACTORS OF METALLOGENIC VARIETY AND INTENSIVE ORE-FORMING IN CENTRAL PART OF UKRAINIAN SHIELD

Abstract: the results of the study of regularities of formation and placement of major uranium, lithium, tantalum-lithium deposits and medium gold deposits in central part of Ukrainian shield taking into account the features of deep structure of lithosphere were considered. Principally new factors of forming of metallogenic variety and intensive ore-forming in central part of Ukrainian shield are presented in the article.

Keywords: major U, Li, Ta-Li deposits, deep mineralization factors, ore-forming mantle components.

В последние годы развиваются представления о значительной роли верхней мантии в поставке рудных компонентов различной металлогенической специализации в составе мантийных флюидов при формировании крупных месторождений [1]. Выделенные нами глубинные факторы формирования крупных по запасам промышленных монометалльных месторождений урана [2] и крупных U-V-TR-Sc месторождений в карбонатно-натриевых метасоматитах на Украинском щите (УЩ) [3] указывают на однозначную связь формирования крупного уранового и уран-полиметалльного оруденения с физическими характеристиками состояния недр на уровне астеносферы Ингульского мегаблока высокой степени зрелости.

Металлогеническая специализация центральной части УЩ сочетает крупные промышленные месторождения урана, лития и средние по запасам промышленные месторождения золота. Спецификой является проявленность близсинхронного сопряженного формирования крупных месторождений урана и лития в западном обрамлении Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива (рис.1). Кроме того, в восточном обрамлении Новоукраинского массива перекрываются урановорудные и золоторудные поля, однако при этом проявлена монометалльность

крупных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах и средних по запасам Клиновского и Юрьевского месторождений золота, а также существенный временной разрыв их образования.

Анализ общности возникновения пространственной сопряженности и близсинхронного формирования урановорудных объектов Ватутинского рудного поля, литиевых и комплексных Ta-Li месторождений Полоховского и Станковатского рудных полей, пространственной сопряженности крупных месторождений урана и средних по запасам месторождений золота в Кировоградском рудном районе позволит выявить новые факторы формирования интенсивного рудогенеза и металлогенического разнообразия центральной части УЩ.

Для решения этих задач нами использовался комплекс геофизических, петрологических, изотопно-геохимических, радиогеохимических и структурно-геологических методов исследований.

Крупным рудным районам различной формационной принадлежности присущи определенные диапазоны геофизических параметров мантии, отражающие наиболее оптимальные условия для первичного концентрирования тех или иных рудных компонентов [1, 4]. Использование анализа особенностей глубинного

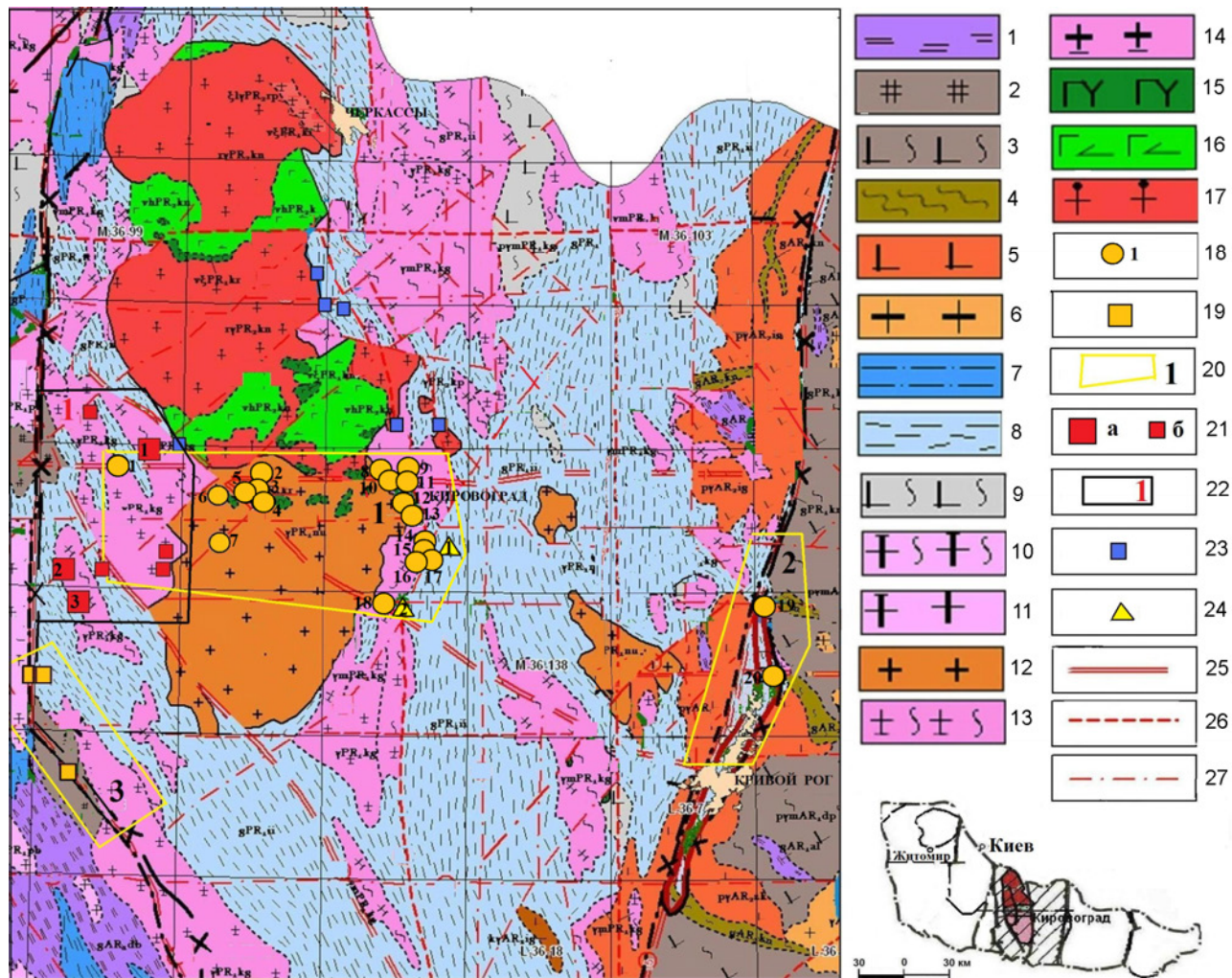


Рис. 1. Схема размещения эндогенных месторождений урана и золота Кировоградской металлогенической области, Li и Ta-Li редкометалльных месторождений и рудопроявлений Шполяно-Ташлыкского рудного района, совмещенная с геолого-структурной основой докембрийских образований (с использованием материалов КП «Кировгеология»). (AR₁): 1 – глубоко метаморфизованные вулканогенно-осадочные формации, 2 – формации эндербитов, 3 – плагиомигматиты и плагиограниты биотитовые и амфибол-биотитовые; (AR₂): 4 – конская серия; 5 – формация плагиогранитов, 6 – ультраметаморфических гранитов; *неоархей* (AR₃): 7 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации; *палеопротерозой* (PR₁): 8 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации, формации ультраметаморфических: 9 – плагиомигматитов, 10 – мигматитов, 11 – гранитов; 12 – формация чарнокитондов; *формация прогрессивных ультраметаморфических*: 13 – гранитов, 14 – мигматитов; *мезопротерозой* (PR₂): вулканогенно-плутоническая ассоциация: 15 – габбро-сиенитовая формация; *формация анортозит-рапакивигранитная*: 16 – габбро-лабрадориты 17 – граниты рапакиви; 18 – месторождения урана в карбонатно-натриевых метасоматитах: 1 – Ватугинское, 2 – Новокозантиновское, 3 – Докучаевское, 4 – Лесное, 5 – Летнее, 6 – Апрельское; 7 – Партизанское; 8 – Щорсовское; 9 – Подгайцевское; 10 – Балашовское; 11 – Северинское; 12 – Лелековское; 13 – Центральное; 14 – Мичуринское; 15 – Северно-Коноплянское; 16 – Западно-Коноплянское; 17 – Восточно-Коноплянское; 18 – Юрьевское; 19 – калий-урановой формации, 20 – урановорудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 21 – Li и Ta-Li месторождения (а): 1 – Полоховское, 2 – Станковатское, 3 – Надия и рудопроявления (б) Шполяно-Ташлыкского редкометалльного рудного района; 22 – контуры Шполяно-Ташлыкского рудного района; 23 – фосфорно-редкоземельно-уран-ториевые рудопроявления; 24 – месторождения золота: 1 – Клиновское, 2 – Юрьевское; разломы: 25 – мантийные, 26 – мантийно-коровые, 27 – крупные локальные.

строения литосферы в районах формирования пространственно сопряженных промышленных месторождений урана, золота и лития центральной части УЩ позволило нам выявить некоторые особенности физического состояния глубин, которые влияли на условия интенсивного рудогенеза. Ингульскому мегаблоку по целому ряду признаков присуща наибольшая степень зрелости на УЩ [2]. Для этого мегаблока характерна максимальная в пределах УЩ мощность

литосферы, достигающая по данным ГСЗ 250 и более км [5] (рис. 2).

Мощность коры в пределах мегаблока изменяется от 35 до 45 км с валообразным поднятием в Ингуло-Ингулецкой шовной зоне. Поверхность М по сравнению с соседними мегаблоками образует поднятие, в пределах которого в желобообразной впадине, совпадающей с Субботско-Мошоринской разломной зоной по данным ГСЗ зафиксированы контрастно выражен-

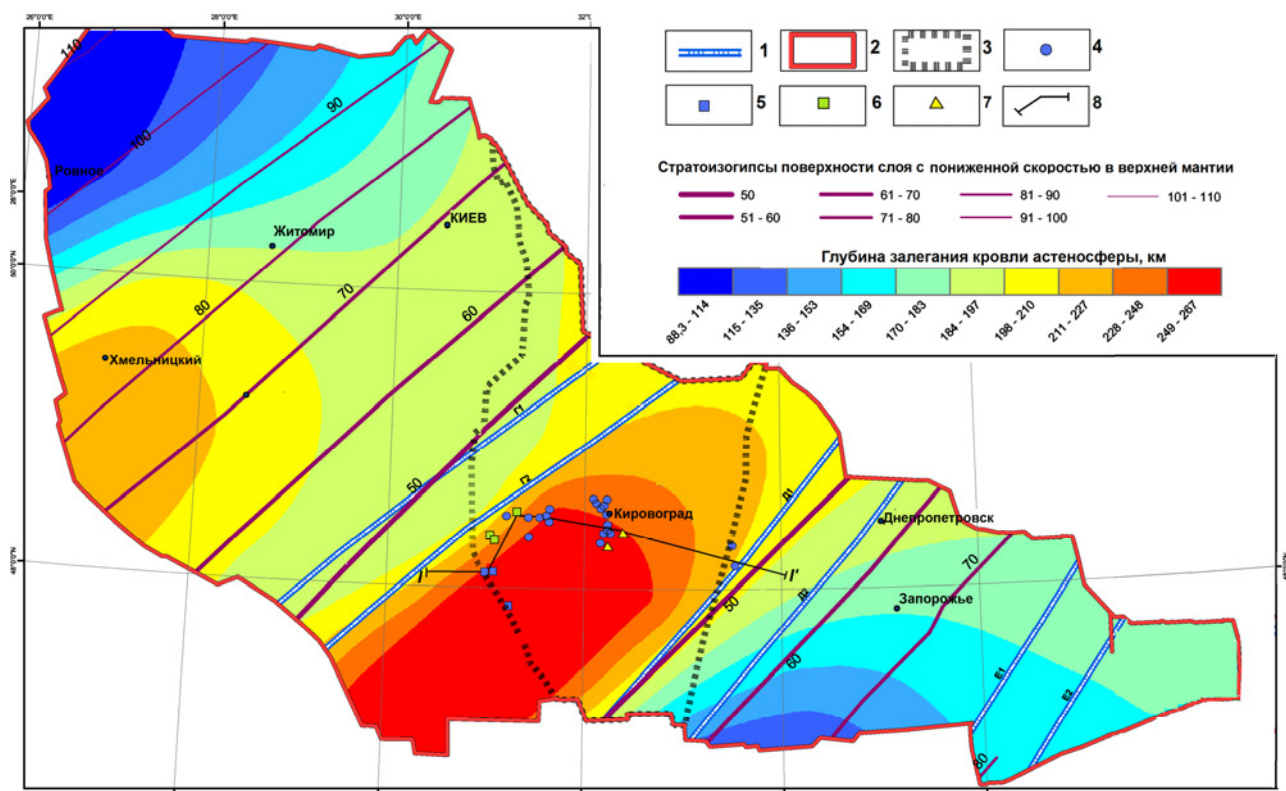


Рис. 2. Схема поверхности астеносферы в пределах Украинского щита (по [5]) с эндогенными промышленными месторождениями урана, золота Кировоградской металлогенической области и Li, Ta-Li редкометальными месторождениями Шполяно-Ташлыкского рудного района: 1 – трансрегиональные мантийные линейaments северо-восточного простирания, 2 – контур УЩ, 3 – контур Ингульского мегаблока; промышленные месторождения урана: 4 – в карбонатно-натриевых метасоматитах, 5 – калий-урановой формации, 6 – Li и Ta-Li месторождения Шполяно-Ташлыкского рудного района, 7 – месторождения золота, 8 – линия разреза I-I'.

ные вертикальные расслоения коры (профиль XXIV), которые так же отмечены и в зоне Кировоградского разлома (геотраверс IV).

Полоховское, Станковатское рудные поля Шполяно-Ташлыкского редкометального района включают ряд месторождений, которые характеризуются высоким уровнем концентрации лития в связи с петалит-сподуменовыми пегматитами. Полоховское рудное поле расположено в юго-западном экзоконтакте Корсунь-Новомиргородского плутона, сопряжено с Ватутинским урановорудным полем Кировоградского рудного района (рис. 1). Станковатское рудное поле приурочено к гнейсовому обрамлению Липняжского гранитного массива.

Юрьевское, Клиновское месторождения золота Кировоградского ураново-золоторудного района монотальные, средние по запасам и сопряжены в пространстве с месторождениями урана в карбонатно-натриевых метасоматитах (рис. 1,2), которые также являются монотальными, но преимущественно с крупными запасами. Это ярко проявлено для сближенных Юрьевского месторождения золота и Юрьевского месторождения урана. Определено [6], что источником рудогенных компонентов при формировании промышленных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района является мантия.

Выявление причин металлогенического разнообразия сопряженных месторождений необходимо начать с анализа свойств формирующих их химических элементов. Уран в группе элементов Zr, Ta, Nb, TR, Вe, U, Th, Y, F, В характеризуется высокой степенью сродства к кислороду и фтору [4]. Литий проявляет высокую степень сродства к галогенам, образуя целый ряд галогенидов, это типичный оксифильный металл [7]. Ярко выраженные оксигаллоидные свойства урана и лития предопределили близкие миграционные свойства при первичном масштабном концентрировании в астеносфере. Однако эти два химических элемента имеют существенно различные химические характеристики, что обусловило их геохимическое разделение в локальных структурных обособлениях единой астеносферной ловушки в подошве литосферы центральной части Ингульского мегаблока и впоследствии подъем на верхние структурные горизонты земной коры разнородными по геохимическому составу флюидами по одним и тем же разломам транслитосферного проникновения (рис. 1). При этом произошел совместный вынос с литием близких по химическим свойствам, парагенетически связанных с ним рудных компонентов Та (промышленные содержания для отдельных рудных объектов), Nb, Вe, Rb, Cs, Sn (повышенные содержания).

Экспериментальное изучение миграции золота в

растворах и исследование его флюидных включений показывают большое разнообразие форм его переноса при преимущественной миграции в виде хлоридных соединений [4], что сближает золото и уран по геохимическим особенностям его миграции. Среднее содержание золота в урановорудных карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района невысокое (табл. 1). Золоторудная минерализация, так же как и урановая, приурочена к долгоживущим тектоно-метасоматическим зонам. На Юрьевском месторождении урана золотоносные зоны имеют преимущественно широтное простирание, как и зоны уранового оруденения. При средних содержаниях золота в урановорудных апогнейсовых альбититах Юрьевского месторождения урана до 45 мг/т, в зонах оруденения Юрьевского месторождения золота на отдельных интервалах содержание поднимается до 10-15 г/т.

Таблица 1

Средние содержания золота в урановорудных карбонатно-натриевых метасоматитах ряда месторождений урана Кировоградского рудного района

Месторождения урана	Среднее содержание Au, мг/т
Мичуринское	27,1*
Северинское	19,0*
Подгайцевское	18,0*
Центральное	9,4-12,5**
Юрьевское	6,2-45,0**
Лелековское	11,0**
Западно-Коноплянское	9,1*
Южно-Коноплянское	8,7*
Новоконстантиновское (приповерхностная зона)	11,1-40,0**

Примечания: Кларк содержания золота в гранитах 4,5 мг/т (по А. П. Виноградову). Определения содержания золота выполнены нейтронно-активационным методом: * - данные ВИМС; ** - данные ГРЭ№37 КП «Кировгеология»

Проведенные анализы аксессуарных минералов пирита и галенита из урановорудных альбититов, в частности, Центрального, Северинского, Подгайцевского месторождений показали невысокое содержание золота, которое составляет 40-60 мг/т, что соизмеримо с содержанием золота в самих урановорудных альбититах. Одновременно, в рибеките урановорудных альбититов содержание золота оказалось достаточно высоким – до 400 мг/т, что указывает на сидерофильность золота в ураноносных карбонатно-натриевых метасоматитах, сульфидная минерализация для них не характерна. На Юрьевском месторождении урана в скв. 2420 на глубинах более 800 м в апогнейсовых альбититах было зафиксировано значительное количество сульфидов (арсенопирит, пирит, халькопирит) до 10 %. При этом содержание золота в апогнейсовых альбититах увеличивалось незначительно (до 20-40 мг/т). В то же время в графитовых гнейсах, на участках обогащения сульфидами наблюдалось повышенные содержания золота до 700 мг/т и даже до 1 г/т

(материалы КП «Кировгеология»). Причина указанных особенностей проявления золота в ураноносных альбититах, по нашему мнению, обусловлена невозможностью проявления золотом своих халькофильных свойств в условиях отсутствия серы в щелочных натриево-углекислых растворах и скоротечным рудоотложением урана вследствие процесса эксплозивного гидрогазоразрыва [8]. В щелочных бессульфидных натриево-углекислых растворах, формировавших ураноносные карбонатно-натриевые метасоматиты в Кировоградском рудном районе, золото могло проявлять только сидерофильную природу, транспортировалось в мантийном ураноносном флюиде в незначительных количествах. Поэтому проявление золотой составляющей при урановом рудообразовании в карбонатно-натриевых метасоматитах ярко не выражено, комплексные промышленные рудные концентрации золота совместно с ураном в них отсутствуют.

Возраст золотого оруденения Компанеевского (Юрьевского) и Клинцовского золоторудных полей по галениту (изотопно-свинцовый метод) составляет 2000±20 млн лет [9]. Возраст гранитоидов новоукраинского и кировоградского комплексов по монацитам 2,03–2,04 млрд лет [10,11]. В эпоху 2000-1950 млн лет в Ингульском мегаблоке произошло масштабное формирование урановорудных концентраций в связи с развитием кремний-калиевого метасоматоза [12]. Образование гранитоидов новоукраинского и кировоградского комплексов Ингульского мегаблока совпадает с палеопротерозойским периодом массового образования гранитоидов на Земле (2,1–2,0 млрд лет). В этот период происходило эпизодическое изменение состава мантии в общепланетарном масштабе и на этом фоне, вероятно, возникла резкая вариация физических свойств и в подошве литосферы Ингульского мегаблока, в связи с интенсивным гранитообразованием. Возникли благоприятные условия для геохимического обособления золота в сегменте астеносферы, подстилающей Ингульский мегаблок. Локальная скачкообразная потеря устойчивости РТ-систем подстилающей Ингульский мегаблок астеносферы, вследствие мантийных процессов, вероятно, привела к усилению миграции золота, его масштабному концентрированию и последующей генерации золотоносных флюидов. Это предопределило тенденцию к формированию высоких концентраций золота в локальной астеносферной ловушке Ингульского мегаблока при исключительной рассеянности золота в мантии с последующим формированием промышленных месторождений в тектоно-метасоматических зонах.

Наиболее важным этапом уранового оруденения для УЩ был период 1800–1750 млн лет с характерным формированием крупных промышленных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском и Криворожском урановорудных районах. Урановое оруденение в карбонатно-натриевых метасоматитах почти синхронно с альбит-петалит-литиевым оруденением Полоховского месторождения (табл.2).

Таблица 2
Радиологический возраст урановой, P-TR-U-Th и литиевой минерализации объектов западного обрамления Корсунь-Новомиргородского плутона УЩ

Минералы, руды	Месторождения, рудопроявления	Метод определения радиологического возраста	Абсолютный возраст, млн лет
Браннериты	Ватугинское	U-Pb	1790±70*
Настураны	Ватугинское	U-Pb	1670±50*
Рудный концентрат	Ватугинское	U-Pb	1790±70*
Рудный концентрат P-TR-U-Th	Андреевское	U-Pb	1790±70*
Петалитовые руды	Полоховское	K-Ar	1800±35**

Примечание: * данные ВИМС, ** [9].

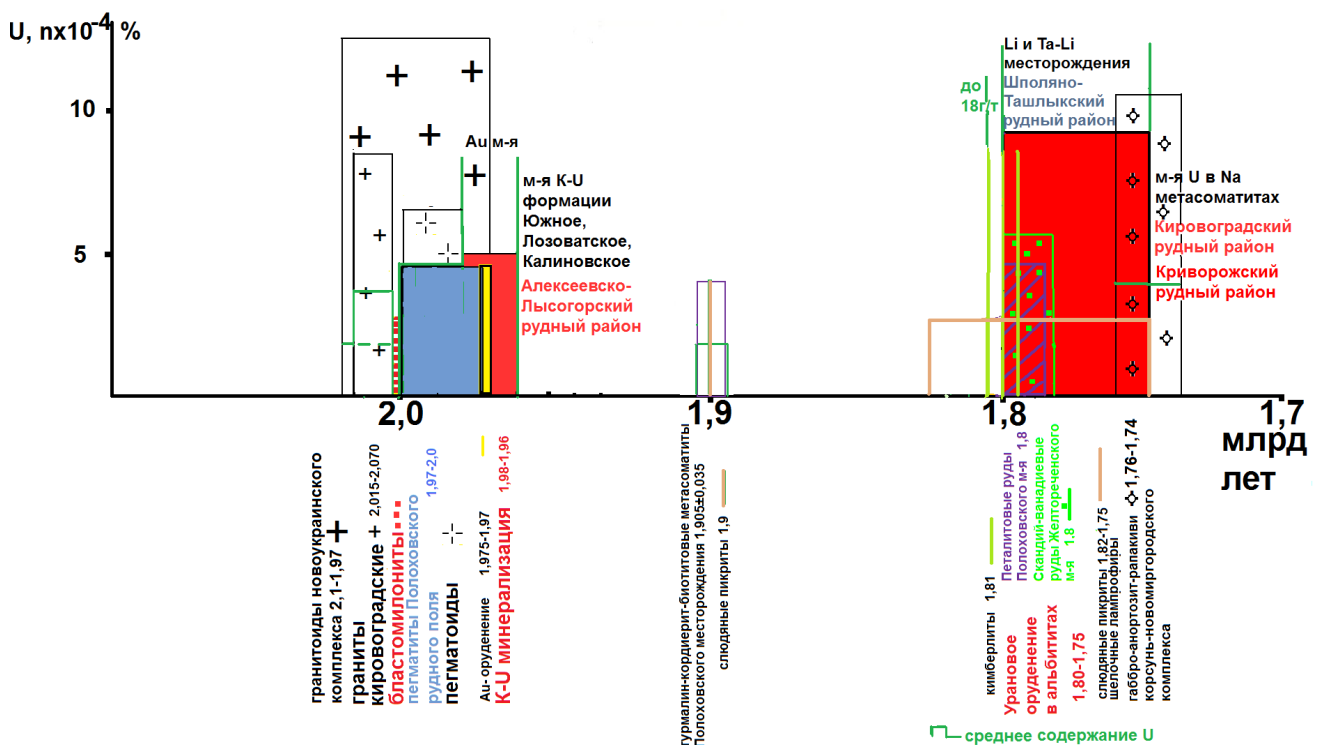


Рис. 3. Временная связь формирования урановорудных районов Кировоградской урановорудной области УЩ с другими эндогенными процессами (с использованием данных [6, 10, 11, 12] (цифры – возраст в млрд лет.).

Временной разрыв между формированием месторождений урана Кировоградской урановорудной области и формированием Юрьевского и Клинцовского месторождений золота, связь с другими эндогенными процессами наглядно отображены на рис. 3.

Образование Клинцовского и Юрьевского месторождений связывают с тектоно-метасоматическими процессами, а не с метаморфическими и магматическими, которые присущи месторождениям золота иных классов [9] и с мантийными источниками рудогенных компонентов [13]. Результаты изучения золотоносности пород восточного экзоконтакта Новоукраинского массива, вмещающих указанные месторождения указывают на сравнительно низкие уровни содержания этого металла (табл. 3).

Проявленность антагонизма U-Au при формировании промышленных месторождений урана и золота в Кировоградском рудном районе свидетельствует

о разных факторах, контролировавших их первичное астеносферное концентрирование, генерацию специализированных рудоносных мантийных флюидов, различие времени миграции с мантийного уровня на верхние горизонты земной коры. Пространственная сопряженность месторождений урана и месторождений золота обусловлена связью с единой астеносферной ловушкой и обусловлена общностью путей разновременной миграции по одним и тем же разломным структурам мантийного проникновения и узлов их пересечения. Смена металлогенической специализации монометалльных рудных формаций в Кировоградском рудном районе (золото, затем уран), первичное концентрирование которых связано с единой астеносферной ловушкой, подчинено общему ходу эволюции Земли и проявленности мантийных процессов в Ингульском мегаблоке УЩ высокой степени зрелости.

Таблица 3

Фоновые содержания золота в породах фундамента восточного экзоконтакта Новоукраинского массива (по материалам ГРЭ-37 КП «Кировгеология»)

№ п/п	Породы	Количество проб в выборке	Средние фоновые содержания, мг/т
А	Чечелевская свита. Ингуло-ингулецкой серии		
1	Гнейсы биотитовые	1500	2,6
2	Гнейсы кордиерит-биотитовые	219	2,7
3	Гнейсы графит-биотитовые	114	6,2
4	Гнейсы амфибол-биотитовые	26	5,1
5	Гнейсы пироксен-биотитовые	42	2,2
Б	Спасовская свита. Ингуло-ингулецкой серии		
6	Гнейсы биотитовые	37	2,0
7	Гнейсы пироксен-биотитовые	20	2,0
В	Кировоградский комплекс		
8	Граниты и мигматиты нерасчлененные среднезернистые, биотитовые	572	1,6
9	Граниты мелко- среднезернистые, биотитовые	793	3,0
10	Пегматиты, аплит-пегматоидные граниты	448	3,0
11	Кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы, тесно связанные с пегматитами	23	17

Таблица 4

Среднее содержание некоторых летучих, щелочных компонентов и элементов в полевошпатовых метасоматитах с урановой минерализацией и вмещающих их породах (вес. %) западного обрамления Корсунь-Новомиргородского плутона Ингульского мегаблока УЩ (по материалам КП «Кировгеология»)

Порода	число проб	CO ₂	P 10 ⁻¹	K ₂ O	Na ₂ O	U 10 ⁻⁴	Th 10 ⁻⁴	Li 10 ⁻³	Nb 10 ⁻³	Be 10 ⁻⁴	Y 10 ⁻³	Yb 10 ⁻⁴	La 10 ⁻³	Zr 10 ⁻⁴
Альбититы рибекит-эгириновые безрудные	84	2,19	0,37	0,39	8,70	19,8	15,9	3,8	0,7	4,1	1,7	1,7	3,0	18,8
Альбититы апогранитные безрудные	36	2,23	0,28	0,45	8,66	23,6	14,5	2,5	0,6	4,9	1,3	1,4	не опр.	15,0
Альбититы апогранитные рудные	440	3,8	0,20	0,26	8,71	444	18,5	3,0	0,7	12,7	30,7	2,3	не опр.	15,8
Сиенитоподобные метасоматиты хлорит-эпидот-биотитовые (гидробиотитовые)	22	3,40	0,44	6,27	4,15	10,8	13,9	2,1	0,8	4,06	1,8	1,8	4,0	14,5
Сиенитоподобные метасоматиты хлорит-эпидотовые	13	1,60	0,37	7,02	4,43	18,0	17,7	1,24	0,6	3,2	1,6	1,4	4,0	12,7
Граниты кировоградские	291	0,11	0,43	5,35	3,20	7,99	12,1	2,19	0,65	2,56	1,49	1,54	4,00	14,02
Граниты новоукраинские	342	0,12	0,5	5,50	3,0	3,9	34,0	2,27	0,9	3,2	0,75	3,0	2,0	20,0
Мигматиты	112	0,02	0,71	4,27	3,23	7,52	16,3	2,94	0,86	4,06	2,12	1,82	4,96	20,62
Гнейсы	127	0,02	0,63	3,23	2,75	4,37	8,59	3,98	0,74	4,98	2,08	2,08	4,27	18,12
Амфиболиты	31	0,02	0,41	1,34	2,14	3,55	5,02	2,27	0,61	4,41	1,80	2,47	3,29	13,89
Апограниты альбититовые апатитоносные, рудные	36	1,08	8,2	2,54	6,90	133	62	1,0-	0,8	0,8	26	33	6,0	20
Альбититы апогранитовые апатитоносные, рудные	20	1,28	41	2,49	5,98	190	73	2,0	0,7	5,7	33,6	47	9,7	30

Примечание: не опр. – не определялось.

Особыми образованиями региона являются фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносные (P-TR-U-Th) метасоматиты, которые находятся в пространственной связи с урановорудными карбонатно-натриевыми метасоматитами. Однако они развиты только в экзоконтактовой части Корсунь-Новомиргородского плутона (рис. 1). Геохимическая специализация этих типов метасоматитов (U, Zr, Th, TR, P, отчасти V, Be) по составу компонентов не отличается от карбонатно-натриевых метасоматитов (табл. 4). Отличие касается лишь более высоких со-

держаний Th, TR, P, что, вероятно, обусловлено различными температурными условиями минералообразования. Общность урановорудных и P-TR-U-Th метасоматитов проявляется в насыщении натрием в большей степени, чем калием (табл. 4). Ниобий и тантал из группы редких элементов ни для урановорудных, ни для P-TR-U-Th метасоматитов не характерны. Ниобий и тантал переносятся в виде фторидных комплексов и их значительное накопление характерно для редкометальных метасоматитов Шполянско-Ташлыкского рудного района (табл. 5).

Таблица 5

Среднее содержание некоторых элементов, летучих и оксидов редких щелочных металлов (вес. %) в редкометальных метасоматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района (по [15])

Порода	число проб	CO ₂	P 10 ⁻¹	Li 10 ⁻³	Nb 10 ⁻³	Be 10 ⁻⁴	Y 10 ⁻³	Yb 10 ⁻⁴	Sn 10 ⁻⁴	Zr 10 ⁻⁴	Zn 10 ⁻⁴	B	Mn 10 ⁻³	Rb ₂ O	Cs ₂ O
Измененные перекристаллизованные гнейсы	21	0,11	1,1	110	1,0	30	1,8	2,0	8	150	155	0,115	240	0,11	0,04
Апоамфиболитовые биотиты и в разной степени биотитизированные амфиболиты	26	0,12	3,6	70	3,0	17	1,5	1,5	60	150	165	0,018	100	0,65	0,12
Апогипебазитовые слюдиты и ослоденелые гипербазиты	37	0,15	5,0	90	3,0	60	1,0	1,0	30	80	100	не опр.	100	0,32	0,27

Примечание: не опр. – не определялось.

По результатам анализа геолого-геофизических и геохимических данных для близинхронного формирования пространственно сопряженных промышленных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах Ватутинского рудного поля, промышленных месторождений лития и комплексных Li-Ta руд Полоховского и Станковатского рудных полей с попутными Be, Nb, Rb, Cs, Sn компонентами в рудах, P-TR-U-Th рудопроявлений важное значение имели следующие предпосылки. Общность физико-химических свойств указанных элементов, пе-

ременная валентность, склонность к образованию комплексных соединений, в том числе оксигалоидных, высокое сродство к кислороду и фтору, высокая фторофильность и способность к инверсии форм миграции определяли сходство РТ-условий первичной масштабной сепарации отдельных рудогенных компонентов в мантии. Пространственная близость месторождений урана и лития (рис. 1) Ингульского мегаблока отражает проекцию размещения локальных неоднородностей в единой крупной астеносферной ловушке (рис. 2, 4).

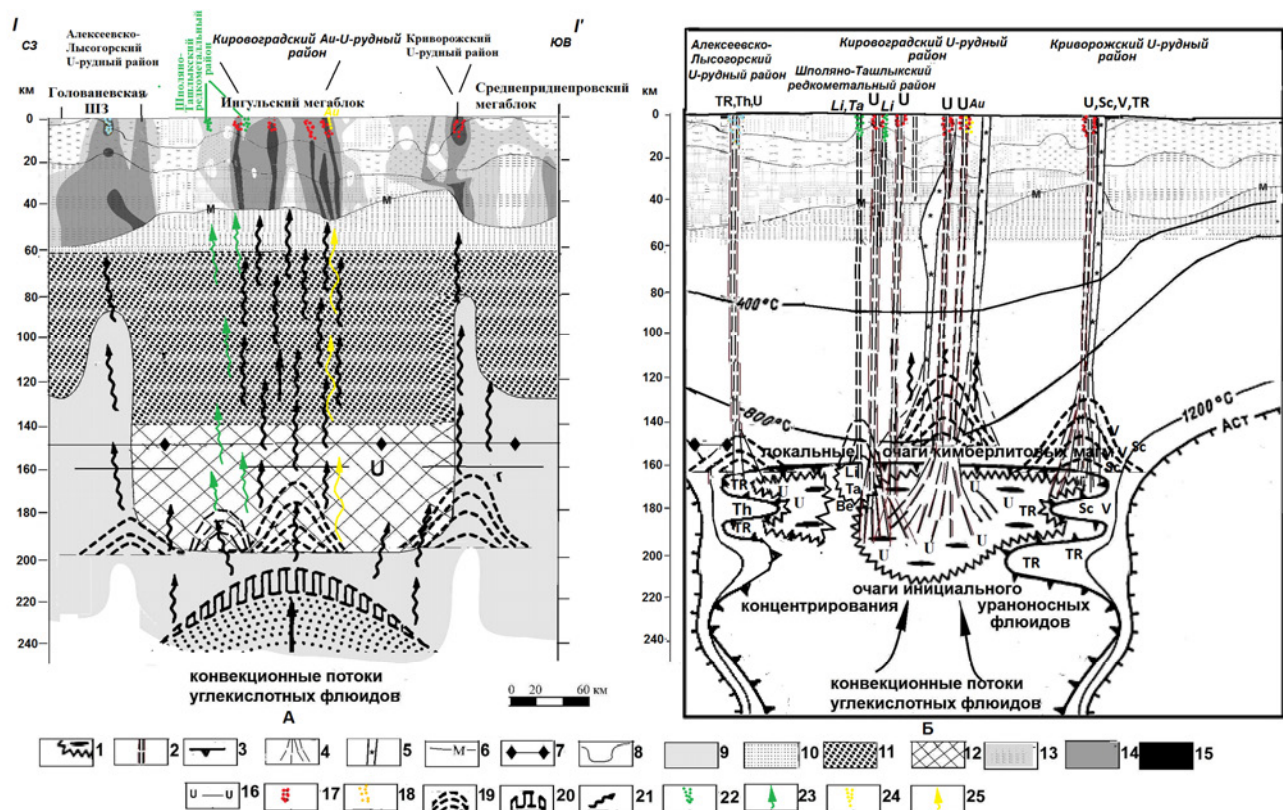


Рис. 4. Общая схема развития эндогенного золотого, уранового, Li и Ta-Li рудообразования в Ингульском мегаблоке УЩ (с использованием материалов [14]): 1 – очаги инициального концентрирования ураноносных флюидов, 2 – приразломные потоки щелочных ураноносных флюидов, 3 – граница аномальной верхней мантии; Аст – граница астеносферы, 4 – предполагаемые пути подъема протокимберлитовой магмы; 5 – каналы внедрения кимберлитов дайковой фации, 6 – граница М; 7 – граница стабильности графит-алмаз; 8 – граница литосфера-астеносфера; 9 – астеносфера; 10 – железистые ультрабазиты; 11 – амфиболиты; 12 – гранулиты; 13 – кварцевые сланцы; 14 – кварцевые сланцы; 15 – кварцевые сланцы; 16 – U; 17 – Li; 18 – Ta; 19 – Nb; 20 – Rb; 21 – Cs; 22 – Be; 23 – Y; 24 – Sn; 25 – Zr.

вые и пироксеновые глиммериты, гранатовые лерцолиты; 12 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур; зоны дислокаций с различной степенью проницаемости: 13 – низкой, 14 – средней, 15 – высокой, 16 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных флюидов, 17 – карбонатно-натриевые метасоматиты, 18 – кремний-калиевые метасоматиты, 19 – локальные астеносферные ловушки, 20 – термобароградиентный фронт глобальной астеносферной ловушки, 21 – ураноносные астеносферные флюидопотоки, 22 – редкометальные пегматиты, 23 – литиеносные и тантал-литоносные астеносферные флюидопотоки, 24 – рудоконцентрации золота; 25 – золотоносные флюидопотоки.

При высоких бароградиентных условиях в подошве Ингульского мегаблока на астеносферном уровне происходила интенсивная разнонаправленная миграция лития с попутными компонентами Ta, Nb, Rb, Cs, Sn, Be в составе глубинного фторидно-натриевого флюида, с последующим смещением для литиевых с Be, Ta, Nb, Rb, Cs, Sn пегматитов – с галлоидно-кремнекислыми растворами в остаточных коровых очагах. Для промышленного уранового оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах на начальной стадии главенствующую роль играли галлоидно-натриевые флюиды (фторидные и хлоридные) [8], на заключительной стадии рудообразования главенствующее воздействие имели углекислые растворы [8, 9], сформировавшиеся вследствие инверсии форм переноса урана при подъеме на пути миграции, связанной с изменением состава, свойств, падением температуры, давления мантийного флюида.

Тесная связь путей миграции ураноносных и литиеносных с попутными компонентами флюидов, частичное совпадение областей их совместного концентрирования в единый временной интервал в тесной связи с Звенигородско-Анновским разломом транслитосферного проникновения и узлами его пересечения с дизъюнктивами Субботско-Мошоринского широтного разлома оказалось возможным в результате разделения мантийных флюидов при их генерации в краевой западной части астеносферной ловушки подошвы Ингульского мегаблока высокой степени зрелости под воздействием аномально выраженного градиента термобарических полей. Для условий неполного обособления урана и лития в комплексных карбонатно-натриевых флюидов, частично обогащенных фтором стало возможным совместное накопление наряду с ураном и торием ряда редких элементов – Li, Be, Rb в P-TR-U-Th метасоматитах. В этом случае монометальная специализация достигнута не была, но и масштабы формирования таких объектов весьма далеки от промышленных.

Выводы

Месторождения урана и золота Кировоградского рудного района, Li и Ta-Li месторождения Шполянско-Ташлыкского рудного района имеют наложенный эпигенетический характер по отношению к структурно-формационным комплексам земной коры, проявляют выраженную связь с особенностями строения глубинных оболочек Земли (рис. 4). Пространственная сопряженность месторождений урана, лития и золота обусловлена связью с единой региональной астеносферной ловушкой и общностью путей близсинхронной миграции по одним и тем же разломным структурам мантийного проникновения и узлов их

пересечения (рис. 1, 4).

Важнейшими факторами интенсивного рудогенеза и формирования сопряженных крупных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах, крупных месторождений лития в редкометальных пегматитах, месторождений золота в центральной части УЩ являются: 1) значительная (до 250 км) мощность литосферы, обеспечивавшая возникновение астеносферных ловушек с РТ-условиями, оптимальными для длительной масштабной мантийной сепарации качественно близких по химизму рудогенных компонентов с высокими оксифторофильными свойствами; 2) эволюция системы разноглубинных мантийных очагов первичной сепарации рудогенных компонентов различной металлогенической специализации вследствие глобальных мантийных процессов (периодическая дегазация ядра и мантии); 3) наличие локальных латеральных зон скачкообразной вариации РТ-условий, достаточной для разделения и масштабного избирательного концентрирования отдельных рудных компонентов в локальных астеносферных ловушках с последующим формированием сопряженных разнотипных рудных месторождений; 4) локальная транслитосферная проницаемость одних и тех же разломов, обеспечивавшая периодический вынос геохимически специализированных разнородных флюидов; 5) формирование в РТ-градиентных зонах астеносферы, подстилающей литосферные сегменты высокой степени зрелости условий, обеспечивавших изменения составов мантийных флюидов и инверсию форм переноса рудогенных компонентов к верхним горизонтам земной коры по одним и тем же разломам транслитосферного проникновения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович, И. И. Металлогения / И. И. Абрамович. – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. – 328 с.
2. Калашиник, А. А. Прогнозирование крупных эндогенных месторождений урана с учетом особенностей строения литосферы Украинского щита / А. А. Калашиник // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2014. – № 2. – С. 5–12.
3. Калашиник, А. А. Глубинные факторы формирования крупных U-V-TR-Sc месторождений в метасоматитах на Украинском щите / А. А. Калашиник // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2015. – № 2. – С. 68–72.
4. Летников, Ф. А. Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования / Ф. А. Летников // Глубинные условия эндогенного рудообразования. – М.: Наука. – 1986. – С. 16–24.
5. Соллогуб, В. Б. Литосфера Украины / В. Б. Соллогуб. – К.: Наук. думка. – 1986. – 184 с.
6. Степанюк, Л. М. Джерело натрію та урану ураноносних альбітітів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблоку УЩ / Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка // Теоретичні питання і практика дослідження

метасоматичних порід і руд: Тез. доп. наук. конф. 14–16 березня 2012 р. – Київ. – 2012. – С. 78–80.

7. Химическая энциклопедия: в 5 т. / под ред. И. Л. Кнунянц, Н. С. Зефирова. – М.: Сов. энциклопедия. – 1990. – Т. 1–5.

8. Крупенников, В. А. Мантийный щелочной флюидно-магматический петрогенезис как основной рудообразующий процесс / В. А. Крупенников // Уран-ресурсы, производство: матер. II Межд. симп. 26–28 ноября 2008 г. – М.: Из-во ФГУП ВИМС. – 2009. – С. 28–31.

9. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины: в 2 т. – Т.1. / Д. С. Гурский, К. Е. Есипчук, В. И. Калинин [и др.]. – К.-Львов: Центр Европы. – 2005. – 785 с.

10. Щербак, Д. Н. Металлогенические эпохи докембрия Украинского щита / Д. Н. Щербак, А. В. Гринченко // Мин. журн., 1999. – Т. 21, № 2. – С. 22–38.

11. Щербак, Н. П. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой / Н. П. Щербак, Г. В. Артеменко, И. М. Лесная [и др.]. – К.: Наук. думка, 2008. – 240 с.

12. Пономаренко, О. М. Радиогеохронологія процесів метасоматозу в кристалічних породах УЩ / О. М. Пономаренко, Л. М. Степанюк, С. Г. Кривдік // Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд: Тез. доп. наук. конф. 14–16 березня 2012 р. – Київ. – 2012. – С. 64–66.

13. Яценко, Г. М. Тектоно-метасоматические зоны – ведущая структурно-металлогеническая позиция золоторудных месторождений нижнего докембрия / Г. М. Яценко, А. К. Бабынин, Д. С. Гурский // Мин. ресурсы України. – 2000. – № 1. – С. 13–18.

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

15. Иванов, Б. Н. Площадные и экзоконтактовые редкометальные метасоматиты / Б. Н. Иванов, В. Н. Косюга, В. И. Погукай // Геохімія та рудоутворення. – 2011. – Вып. 30. – С. 10–17.

КЛА НАУ, Кировоград, Украина

Калашник А. А., профессор кафедры информационных технологий, доктор геологических наук

E-mail: kalashnik_anna1@mail.ru

Тел.: +3 809-556-39-884

KFA NAU, Kirovograd, Ukraine

Kalashnyk G. A., Professor of Department of Information Technology, Doctor of Geological Sciences

E-mail: kalashnik_anna1@mail.ru

Tel.: +3 809-556-39-884