

А. А. Калашник, д-р геол. наук, профессор (Кировоградская летняя академия Национального авиационного университета), kalashnik_anna1@mail.ru, ORCID-0000-0002-9581-9865

ИНВАРИАНТНЫЕ И СПЕЦИФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНОТИПНЫХ КРУПНЫХ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНГУЛЬСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Рассмотрены результаты изучения закономерностей формирования и размещения крупных месторождений урана, U-V-TR-Sc руд, лития и тантал-литиевых руд центральной части Украинского щита (УЩ) с учетом особенностей глубинного строения литосферы. Представлены инвариантные и специфические условия формирования разнотипных крупных рудных объектов Ингульского мегаблока УЩ и сопредельных территорий.

Ключевые слова: крупные месторождения, мантийные рудные компоненты, мантийные флюиды.

Общая постановка проблемы, обзор публикаций и нерешенные части проблемы

Металлические полезные ископаемые Ингульского мегаблока Украинского щита представлены широким спектром элементов, относимым к следующим группам: 1) радиоактивные элементы (крупные по запасам месторождения урана метасоматического геолого-промышленного типа в карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района, средние по запасам месторождения урана экзогенно-инфильтрационного типа в эоценовых отложениях Ингуло-Ингулецкого и Южно-Бугского рудных районов, средние по запасам промышленные месторождения урана в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах Алексеевско-Лысогорского рудного района, также выявлен ряд рудопроявлений тория); 2) редкоземельные и редкометалльные элементы (представлены прежде всего крупными по запасам месторождениями

лития и тантал-литиевых руд Шполянско-Ташлыкского рудного района, также известны многочисленные рудопроявления иттриевой и цериевой групп, циркония, бериллия, молибдена, вольфрама, олова и ряда других элементов); 3) благородные металлы (представлены средними по запасам Клиновским и Юрьевским месторождениями золота, многочисленными рудопроявлениями золота, также выявлен ряд рудопроявлений серебра).

Эндогенное промышленное урановое оруденение развито только в центральной части УЩ и охватывает, главным образом, Ингульский мегаблок. Ингульский мегаблок в металлогеническом отношении соответствует Кировоградской урановорудной области, вмещающей практически все эндогенные промышленные месторождения урана Украины. В нее входят Кировоградский, Криворожский и Алексеевско-Лысогорский урановорудные районы (рис. 1), в пределах которых выделяются рудные поля.

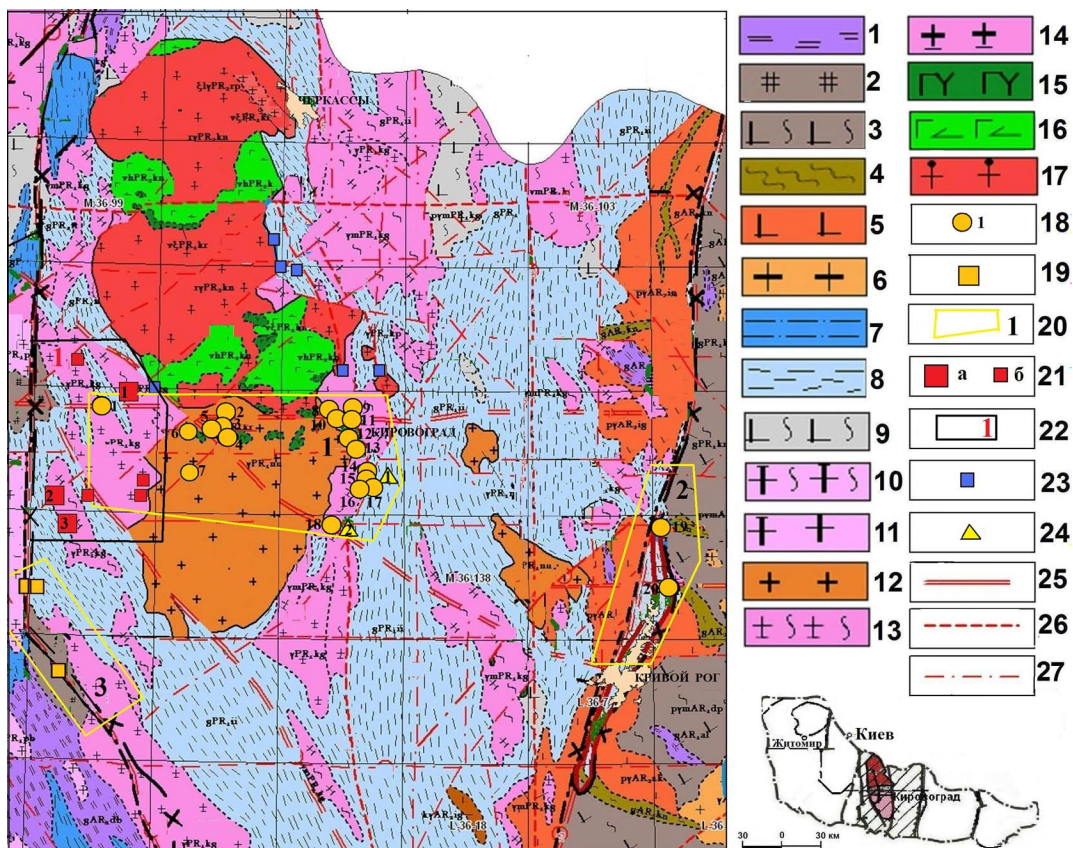


Рис. 1. Схема размещения эндогенных месторождений урана, U-V-TR-Sc и золота Кировоградской металлогенической области, Li и Ta-Li редкометалльных месторождений и рудопроявлений Шполяно-Ташлыкского рудного района, совмещенная с геолого-структурной основой докембрийских образований (с использованием материалов КП “Кировгеология”)

(AR₁): 1 – глубоко метаморфизованные вулканогенно-осадочные формации, 2 – формации эндербитов, 3 – плагиомигматиты и плагиограниты биотитовые и амфибол-биотитовые; (AR₂): 4 – конкская серия; 5 – формация ремобилизованных плагиогранитов, 6 – регрессивных ультраметаморфических автохтонных и параавтохтонных гранитов; *неоархей* (AR₃): 7 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации (бугская, росинско-тичичская серии); *палеопротерозой* (PR₁): 8 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации (ингуло-ингулецкая, криворожская серии), 9 – ультраметаморфические плагиомигматиты, 10 – ультраметаморфические мигматиты, 11 – ультраметаморфические граниты; 12 – формация чарнокитоидов, трахитоидных гранитов; *формация прогрессивных ультраметаморфических автохтонных и параавтохтонных*: 13 – гранитов, 14 – мигматитов; *мезопротерозой* (PR₂): вулканогенно-плутоническая ассоциация: 15 – габбро-сиенитовая формация; *формация анортозит-рапакиви-гранитная* (корсунь-новомиргородский комплекс): 16 – габбро-лабрадориты; 17 – граниты рапакиви и рапакивиоподобные; 18 – месторождения урана в карбонатно-натриевых метасоматитах: 1 – Ватутинское, 2 – Новоконстантиновское, 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 – Южно-Коноплянское; 18 – Юрьевское; месторождения U-V-TR-Sc в карбонатно-натриевых метасоматитах: 19 – Желтореченское, 20 – Первомайское; 19 – месторождения урана 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 – Клинцовское, 2 – Юрьевское; разломы: 25 – мантийные, 26 – мантийно-коровые, 27 – крупные локальные

Запасы месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района на данный момент составляют до 95 % общих балансовых запасов урана Украины (18, преимущественно крупных по запасам, месторождений урана Мичуринского, Лелековского, Юрьевского, Новокозантиновского, Ватутинского, Партизанского рудных полей (рис. 1)).

На границе Ингульского и Среднеприднепровского мегаблоков вдоль Криворожско-Кременчугского глубинного разлома установлены крупные U-V-TR-Sc Желтореченское и Первомайское месторождения Криворожского урановорудного района.

Алексеевско-Лысогорский рудный район контролируется Первомайско-Трактемировским глубинным разломом, представлен Южным, Калиновским, Лозоватским месторождениями калий-урановой формации, однако промышленное значение этих месторождений невелико вследствие низкого содержания урана в рудах, сложной морфологии рудных тел, с частой прерывистостью оруденения и невыдержанностью по простиранию, сравнительно небольшими запасами урана. Месторождения Алексеевско-Лысогорского рудного района отнесены к резервным.

В центральной части Ингульского мегаблока пространственно сопряжены Ватутинское рудное поле (Кировоградский урановорудный район) и Полоховское рудное поле (Шполянско-Ташлыкский редкометалльный рудный район (рис. 1)). Полоховское, Станковатское рудные поля Шполянско-Ташлыкского редкометалльного района Ингульского мегаблока УЩ включают ряд месторождений, которые характеризуются высоким уровнем концентрации лития в связи с петалит-сподуменовыми пегматитами [22]. Полоховское рудное поле включает крупное Полоховское месторождение лития и Мостовое рудопроявление тантала. Станковатское рудное поле приурочено к гнейсовому обрамлению Липняжского гранитного мас-

сива и включает комплексные крупные Та-Li месторождения Станковатское и Надия, Новоодесское Та рудопроявление, Липняжское Та-Li рудопроявление и мелкое Новостанковатское Та месторождение [4].

Кроме того, в восточном обрамлении Новоукраинского массива Ингульского мегаблока 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 и существенный временной разрыв их образования.

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, 12]. Рассматривая мантию как основной источник рудогенных компонентов при формировании крупных по запасам рудных месторождений, на основе выполненного анализа петрологических, геофизических, изотопно-геохимических данных, структурно-геологических исследований территории Украинского щита мы выявили ряд глубинных факторов формирования крупных эндогенных месторождений урана [7], обосновали комплекс глубинных факторов формирования крупных U-V-TR-Sc месторождений [6] и глубинные факторы формирования крупных Li и Та-Li месторождений [5].

На данном этапе исследований важной задачей является выявление инвариантных и специфических условий формирования интенсивного рудогенеза широкого металлогенического спектра центральной части УЩ, что может позволить существенно повысить эффективность геологоразведочных работ.

Цель статьи

Выделение инвариантных и специфических условий формирования разнотипных крупных рудных объектов различной металлогенической специализации в Ин-

гульском мегаблоке УЩ и сопредельных территориях.

Методы исследований

Для решения этих задач мы использовали комплекс геофизических, петрологических, изотопно-геохимических, геохимических и структурно-геологических методов исследований.

Инвариантные и специфические условия формирования разнотипных крупных рудных объектов в Ингульском мегаблоке УЩ и сопредельных территориях

Выявление причин металлогенического разнообразия крупных месторождений (монометалльные месторождения урана и лития, комплексные U-V-TR-Sc, Ta-Li руд) Ингульского мегаблока и сопряженных территорий необходимо начать с анализа свойств формирующих их химических элементов.

Уран характеризуется высокой степенью сродства к кислороду и фтору [18]. По данным исследований Ф. А. Летникова, масштабные концентрации урана формировались на участках с наиболее зрелой литосферой с мощностью 160–180 и более километров с мощным гранитогнейсовым слоем [12]. Ассоциация элементов в комплексных Fe-U-V-TR-Sc рудах крупных Первомайского и Желтореченского месторождений также обусловлена их физико-химическими общностями. Ванадий проявляет высокую степень сродства к галогенам, образуя целый ряд галогенидов и оксогалогенидов. Склонность V к образованию галогенидов способствует его высокой миграции в мантии, чем вероятно объясняется его тесная связь с U, характеризующимся высокопроявленными окси- и фторофильными свойствами и также с TR. В отличие от U, V и TR, менее подвижны в мантии Sc и Fe [12]. Однако Sc, Y, La и лантаноиды близки по химическим и физическим свойствам. В связи с тем, что по свойствам скандий близок к Fe²⁺, TR, Hf, Th, U, Zr, основная его масса рассеивается в минералах, содержащих эти элементы. Имеет место изовалентное замещение скандием элементов группы TR, особенно в существенно иттриевых

минералах. Для V, Sc в эндогенных процессах характерны галогенные комплексы, которые характерны и для U [18].

Золото характеризуется высокой подвижностью в мантии и на всех стадиях рудообразующего процесса [1]. Экспериментальное изучение миграции золота в растворах и исследование его флюидных включений показывают большое разнообразие форм его переноса при преимущественной миграции в виде хлоридных соединений [12], что сближает золото и уран по геохимическим особенностям его миграции.

Литий проявляет высокую степень сродства к галогенам, образуя целый ряд галогенидов, это типичный оксифильный металл. Около 40 % всех минералов лития, в том числе около половины силикатов, содержат фтор, что свидетельствует о высокой фторофильности данного элемента. В катионной части минералов литий из-за небольшого ионного радиуса обычно имеет шестерную координацию, редко четверную (петалит). Тантал также характеризуется высокой фторофильностью [18].

Таким образом, в пределах Ингульского мегаблока высокой степени зрелости и сопряженных территориях сформировались крупные по запасам месторождения, основные рудогенные компоненты которых характеризуются высокой степенью сродства к кислороду и фтору.

Исходя из мантийной природы рудогенных компонентов, крупное оруденение породила длительно подпитываемая флюидами астеносферная ловушка. При этом особую роль в формировании крупных рудных месторождений на финальной стадии рудолокализации играли разломы, дренировавшие астеносферную ловушку, создававшие условия подъема флюида на верхние горизонты, где при благоприятных структурных, геохимических и прочих условиях происходил процесс рудолокализации. Однако положение рудных районов, вмещающих крупные по запасам месторождения, предопределялось, в первую очередь, физическими и

химическими неоднородностями мантии, создавшими петрологические условия для масштабной генерации мантийных флюидов определенной металлогенической специализации.

Использование анализа особенностей глубинного строения литосферы в районах формирования крупных месторождений урана, лития, тантал-литиевых руд, U-V-TR-Sc месторождений центральной части УЩ позволило нам выявить некоторые особенности физического состояния глубин, которые влияли на условия интенсивного рудогенеза.

Исходя из мантийной природы ураноносных флюидов, для интенсивного рудообразования необходимо создание условий масштабного первичного концентрирования урана в пределах мантии в границах астеносферного канала. Агентами концентрирования могли выступать аномальные термо- и бароградиентные поля, неизменно сопутствовавшие мантийному тепломассопереносу [1], аномальное увеличение мощности литосферы. Влияние термического состояния мантии на поведение урана проявлялось в его эффективном концентрировании на различных щитах при достаточно мощной литосфере (более 160 км [12]). Для Ингульского мегаблока характерна максимальная в пределах УЩ мощность литосферы, достигающая по данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) 250 и более километров (рис. 2) [15]. Этому мегаблоку по целому ряду признаков присуща наибольшая степень зрелости на УЩ [17, 7].

В северо-восточной и центральной частях Ингульского мегаблока при проведении алмазопоисковых исследований были выявлены проявления кимберлитового магматизма. В исследованных минералогических пробах, отобранных из кимберлитов Лелековского и Щорсовского участков был обнаружен полный комплекс индикаторных минералов кимберлита (ИМК): пиропы, пикроильмениты, хромшпинелиды, хромдиопсиды, высокомагнезиальный оливин. Однако по их химическому составу эти кимберлиты не могут быть

отнесены к алмазоносной фации [9, 17 и др]. В ксенотуфобрекчиях Зеленогайской структуры, вскрытых скважинами 4099 и 4089, в Крымском отделении УкрГГРИ были выявлены ИМК, часть из которых соответствует по химическому составу их верхнемантийным аналогам: высокохромистые ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 45,4\text{--}65,89\%$), магнезиальные ($\text{MgO} = 7,3\text{--}11,16\%$) хромшпинелиды; магнезиальные ($\text{MgO} = 9,00\text{--}10,00\%$) хромсодержащие ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 1,03\text{--}1,06\%$) пикроильмениты. Химический состав ИМК ксенотуфобрекчий Грузского участка – пиропов ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 6,1\text{--}7,1\%$, $\text{MgO} = 19,33\text{--}20,01\%$, $\text{CaO} = 4,14\text{--}4,38\%$, с содержанием кноррингитового компонента у большинства зерен >10 мол. %), хромшпинелидов ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 45,32\text{--}62,17\%$, $\text{MgO} = 7,3\text{--}12,5\%$) также позволяет отнести часть из них к высокобарическим. Это позволяет оценить глубину генерации отдельных очагов кимберлитовых магм Ингульского мегаблока не менее чем 140–150 км [17].

Мощность коры в пределах Ингульского мегаблока изменяется от 35 до 45 км с валообразным поднятием в Ингуло-Ингулецкой шовной зоне. Поверхность Мохо по сравнению с соседними мегаблоками образует поднятие, своеобразный приподнятый блок, в пределах которого в желобообразной впадине на поверхности М, совпадающей с Субботско-Мошоринской разломной зоной по данным ГСЗ зафиксированы контрастно выраженные вертикальные расслоения коры (профиль XXIV), которые также отмечены и в зоне Кировоградского разлома (геотраверс IV). Контроль крупного эндогенного уранового оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района осуществляется в широтной полосе Субботско-Мошоринского разлома субмеридиональными рудными зонами одноименных глубинных разломов: Кировоградской (Мичуринское, Лелековское, Юрьевское рудные поля), Новоконстантиновской (Новоконстантиновское рудное поле), Звенигородско-Анновской (Ватутинское рудное поле) и Адабашской рудной зоной

северо-восточного простирания (Партизанское рудное поле) (рис. 1).

С востока к Ингульскому примыкает Среднеприднепровский мегаблок УЩ. По данным ГСЗ [15] мощность литосфе-

ры в пределах Среднеприднепровского мегаблока составляет от 150 до 200 км и на юге мегаблока уменьшается до 100 км. Поверхность Мохо представляет собой линейно-вытянутое в субмеридиональ-

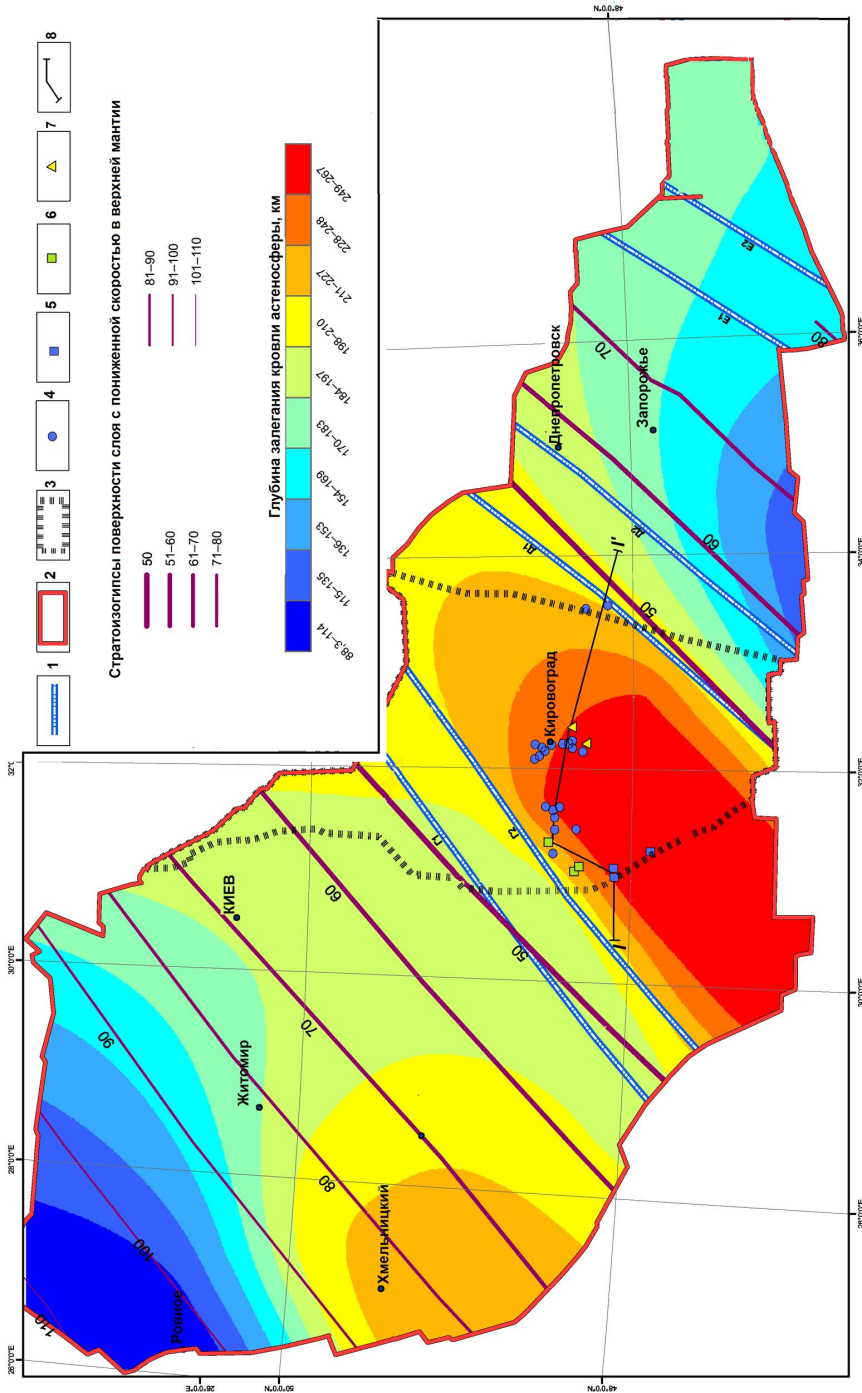


Рис. 2. Схема поверхности астеносферы в пределах Украинского щита (по работе [15]) с эндогенными промышленными месторождениями урана, золота Кировоградской металлургической области и Li, Ta-Li редкометалльными месторождениями Шполянско-Ташлыкского рудного района

1 – трансрегиональные магнитные линейные элементы северо-восточного простирания, 2 – контур УЩ, 3 – контур Ингульского мегаблока; промышленные месторождения урана: 4 – в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах, 5 – калий-урановой формации, 6 – Li и Ta-Li редкометалльные месторождения Шполянско-Ташлыкского рудного района, 7 – месторождения золота, 8 – линия разреза I-I'

ном направлении валлообразное поднятие в центральной части мегаблока глубиной до 32 км, которое ограничено с востока и запада понижениями границы М до 50–55 км (рис. 2). В краевой части аномального сегмента литосферы высокой степени зрелости Ингульского мегаблока на границе со Среднеприднепровским возникали благоприятные условия для формирования максимальных латеральных РТ-градиентов (рис. 3), а Криворожско-Кременчугский разлом транслитосферной проницаемости служил каналом для подъема флюидов различной металлогенической специализации.

Таким образом, в подошве литосферы Ингульского мегаблока высокой степени зрелости с мощностью литосферы, достигающей 250 км (рис. 2), создавались оптимальные РТ-условия для масштабного первичного астеносферного концентрирования рудогенных компонентов, характеризующихся высокой степенью сродства к кислороду и фтору.

Для лучшего понимания закономерностей образования крупного оруденения различного металлогенического спектра необходимо остановиться на некоторых особенностях геологического развития центральной части УЩ в палеопротерозое.

На рубеже архея и палеопротерозоя (2,8–2,6 млрд лет) и в период (2,1–2,0 млрд лет) на Земле произошло массовое образование гранитоидов, которое было обусловлено возросшей активностью водородсодержащих трансмагматических флюидов и возможностью выноса ими щелочей и других некогерентных элементов с глубоких горизонтов мантии, неистощенной в отношении этих элементов [12]. Нарастивание литосферы создавало условия для проникновения последующих более молодых разломов на эти уровни, их высокой последующей флюидизации с широким развитием метасоматитов, мелких очагов плавления и, как правило, высокой рудоносностью. В результате указанных преобразований интервал времени поздний архей – палеопротерозой

отвечал наиболее оптимальным условиям астеносферного концентрирования халькофильных элементов [1, 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 в это время. В период активизации (2,1–1,97 млрд лет) в центральной части Ингульского мегаблока образовался Новоукраинский гранитный массив, который стал фактором резкой анизотропии геологической среды, что отчетливо проявлено в гравитационном поле, в данных ГСЗ. Изотопный возраст гранитов кировоградского комплекса по Д. Н. Щербаку [19] составляет 2015–2070 млн лет. Возраст золотого оруденения Юрьевского и Клиновского золоторудных полей можно оценить по определению возраста главной рудной ассоциации изотопно-свинцовым методом по галениту для Юрьевского месторождения золота, который составляет 2000 ± 20 млн лет [13] и данным Д. Н. Щербака и А. В. Гринченко для золото-кварцевых месторождений Кировоградского рудного района (1,975–1,970 млрд лет) [19].

В эпоху 2000–1950 млн лет [2] в Ингульском мегаблоке произошло формирование урановорудных концентраций в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза (пик К-У минерализации на Южном, Лозоватском, Калиновском месторождениях приходится на 1,98–1,96 млрд лет [10] (Алексеевско-Лысогорский урановорудный район)).

По данным работы [14] изотопный возраст литиевых пегматитов Полоховского литиеворудного поля, примыкающего с севера к Ватутинскому урановорудному полю

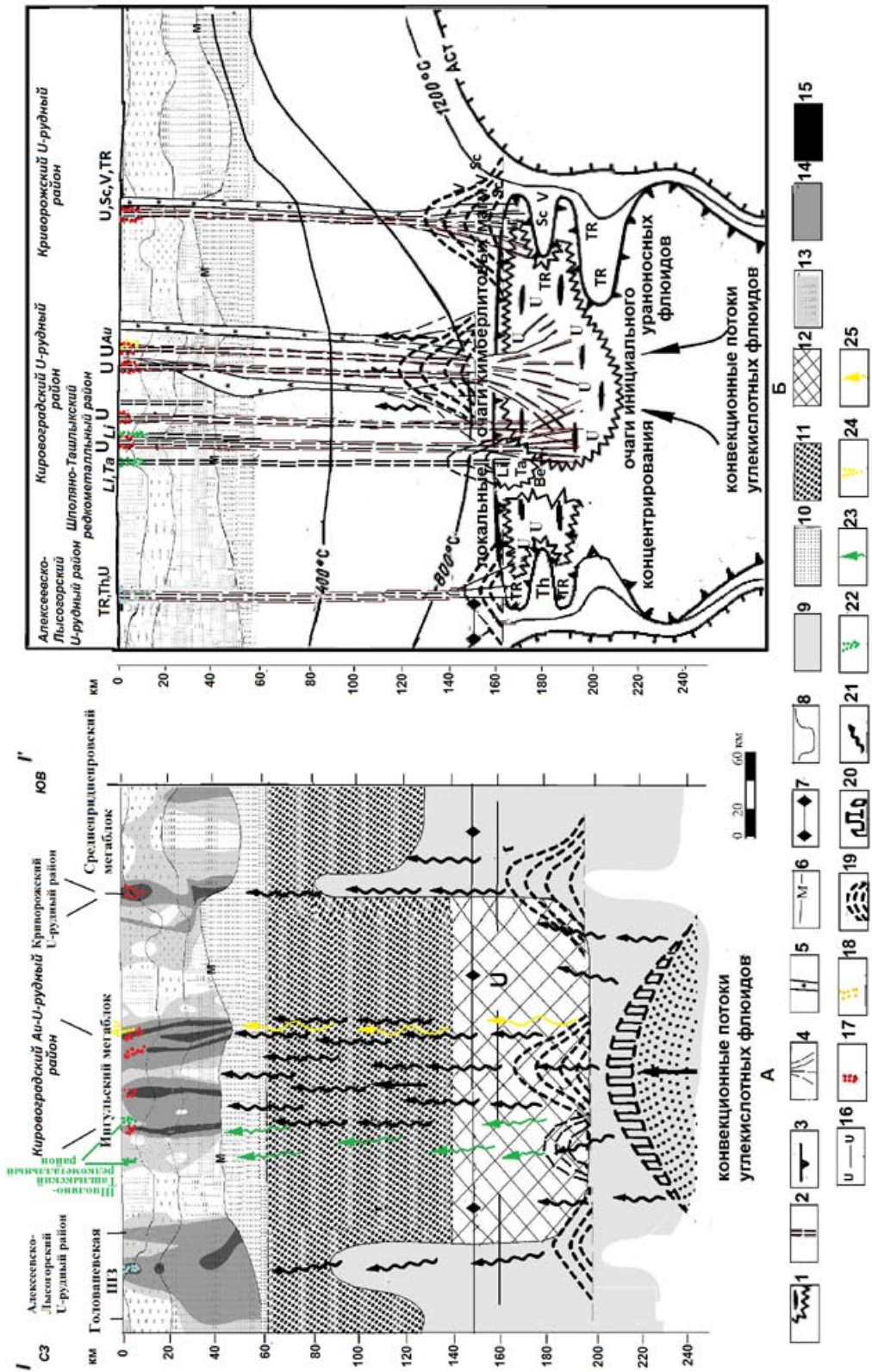


Рис. 3. Общая схема развития эндогенного золотого, уранового, Li и Ta-Li рудообразования в Ингульском мегаблоке УЩ (с использованием материалов [17])

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 Мохо; 7 – граница стабильности графит-алмаз; 8 – граница литосфера-астеносфера; 9 – астеносфера; 10 – железистые ультрабазиты; 11 – амфиболовые и пироксеновые глиммериты, гранатовые лерцолиты; 12 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур; зоны дислокаций с различной степенью проницаемости; 13 – низкая, 14 – средней, 15 – высокой, 16 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных флюидов, 17 – карбонатно-натриевые метасоматиты, 18 – кремний-кальциевые метасоматиты, 19 – локальные астеносферные ловушки, 20 – термобароградиентный фронт глобальной астеносферной ловушки, 21 – ураноносные астеносферные флюидопотоки, 22 – редкометалльные пегматиты, 23 – литиеносные и тантал-литиеносные астеносферные флюидопотоки, 24 – рудоцентрированные золотые, 25 – золотоносные флюидопотоки

Новоконстантиновского рудного узла, находится в пределах 2000–1970 млн лет, что соответствует возрасту пегматоидов Кировоградского комплекса, а возраст петалитовых руд Полоховского месторождения, определенный К-Аг методом по мусковиту из зоны грейзенизации сподуменовых петалитов равен 1800 ± 35 млн лет.

Урановое оруденение в карбонатно-натриевых метасоматитах месторождений Кировоградского и U-V-TR-Sc Криворожского урановорудных районов сформировалось почти синхронно с альбит-петалит-литиевым оруденением Полоховского месторождения Шполян-Ташлыкского рудного района (таблица).

При оценке рудогенерирующей способности минерагенической системы с учетом условий мобилизации мантийным флюидом рудных компонентов на уровне астеносферы необходимо рассмотрение тектонических, литологических и физико-химических факторов, способствовавших концентрированной фиксации полезных компонентов широкого спектра на верхних структурных горизонтах земной коры.

У урановорудного процесса в щелочных метасоматитах существуют определенные особенности. Основная масса оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах месторождений урана Кировоградского и Криворожского рудных районов связана с зонами предрудного объемного катаклаза. Формирование последних обусловлено процессами взрывного гидрогазоразрыва вследствие эволюции щелочного гидротермального ураноносного раствора (флюида) (В. А. Крупеников [11]), который приводил к масштабному *скоротечному массовому рудоотложению*. Выполнение условий для взрывного гидрогазоразрыва, несомненно, определялось структурными факторами, в том числе осложнениями структурных элементов транслитосферных разломов, неоднородной их проницаемостью, в частности, за счет образования коротких фаз сжатия надвиговых структур. Но наряду с этим более важным являлся масштаб

Таблица. Радиологический возраст золотой, урановой, U-V-TR-Sc, литиевой минерализации месторождений Ингульского мегаблока УЩ и сопредельных территорий

Минералы, руды	Месторождения	Метод определения радиологического возраста	Абсолютный возраст, млн лет
Галенит	Юрьевское, Au	U-Pb	2000±20**
Браннериты	Ватутинское, U	U-Pb	1790±70*
Настураны	Ватутинское, U	U-Pb	1670±50*
Рудный концентрат	Ватутинское, U	U-Pb	1790±70*
Настураны	Желтореченское, U-V-TR-Sc	U-Pb	1780–1800***
Настураны	Новоконстантиновское, U	U-Pb	1750–1800***
Петалитовые руды	Полоховское	K-Ar	1800±35**

* Данные ВИМС [10], ** данные из публикации [13], *** данные КП “Кировгеология”

эндогенного процесса, определяемый характеристиками астеносферной ловушки в подстилающем рудный район слое верхней мантии, кинетической энергией подъема ураноносного флюида, зависящей от степени насыщенности CO_2 концентрация которой играла значительную роль в осуществлении механизма гидрогазоразрыва в структурах с неоднородной проницаемостью в верхней части земной коры. Результаты изотопно-геохимических исследований образцов рудных альбититов месторождений Кировоградского рудного района [16] указывают на мантийную природу рудогенных компонентов **и одновременный совместный привнос урана, натрия и стронция в метасоматизирующем растворе**, который, вероятно, формировал альбититы и урановые руды в них в едином рудообразующем процессе вследствие эволюции щелочного гидротермального ураноносного раствора. Инверсия свойств раствора в момент выпадения урановорудных минералов не ограничивается изменением щелочно-кислотных свойств, она связана с перепадами давления и температуры. Перепад давлений, в частности, фиксируется неоднократным карбонатообразованием. Вследствие гидрогазоразрыва и образо-

вания мощных зон объемного катаклаза осуществляется массовое высвобождение углекислоты из раствора, которая фиксируется в виде карбонатов [11].

Зоны объемного катаклаза в Кировоградском урановорудном районе имеют протяженность до десятков километров и мощность от первых сотен метров до нескольких километров. Натриевые метасоматиты в пределах этих зон обычно характеризуются полным набором метасоматических колонок и интенсивным проявлением ураноносных альбититов [2]. Такие зоны вмещают промышленное урановое оруденение. Форма урановорудных тел пластообразная, столбообразная, линзовидная с характерным резким выклиниванием. Рудные альбититы формируют вдоль рудоконтролирующих разломов эшелонированные залежи, размещение которых с позиции мантийной природы рудогенных компонентов обусловлено высокой степенью проникновения разломов, транспортирующих ураноносные флюиды на глубинных горизонтах и относительной закрытостью на верхних горизонтах земной коры, что создавало условия для быстрого подъема газонасыщенного мантийного ураноносного флюида и последовательного возникновения на

верхних структурных горизонтах земной коры процессов эксплозивного гидрогазоразрыва, масштабного формирования зон объемного катаклаза, декомпрессии флюида, массового рудоотложения. При отсутствии условий для эксплозивного гидрогазоразрыва уран рассеивался с формированием безрудных альбититов.

Особенностью центральной части УЩ является синхронное формирование крупного монометалльного уранового оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском и крупного комплексного U-V-TR-Sc оруденения в Криворожском урановорудных районах. При этом условия локализации уранового оруденения на Желтореченском и Первомайском месторождениях Криворожского урановорудного района имеют принципиальное сходство основных параметров оруденения и особенностей распределения урана с урановорудными объектами Кировоградского рудного района. Комплексные U-V-TR-Sc руды в Криворожском урановорудном районе пространственно и генетически связаны с зональными телами натриевых метасоматитов [13]. Формирование крупных концентраций U-V-TR-Sc руд также обусловлено процессами эксплозивного гидрогазоразрыва вследствие эволюции щелочного гидротермального раствора (флюида) [11], который приводил к масштабному скоротечному массовому рудоотложению. Рудолокализирующей скандиевой формацией являются карбонатно (Mg, Ca)-щелочные (Na) метасоматиты, которые, являясь полиминеральными породами, вмещают разности, обогащенные богатой ассоциацией химических элементов и потому являются комплексными рудами с промышленными концентрациями Sc, V, Zr, TR, P, U [13]. Подобно монометалльным месторождениям урана Кировоградского рудного района, U-V-TR-Sc месторождения Криворожского рудного района имеют наложенный эпигенетический характер по отношению к структурно-формационным комплексам земной коры, проявляют выраженную связь с

особенностями строения глубинных оболочек Земли [6].

Положение Криворожского урановорудного района определяется глубинным Криворожско-Кременчугским разломом. По результатам исследований магнитотеллурического зондирования (МТЗ) и аудиоманнитотеллурического зондирования (АМТЗ) в области между Криворожско-Кременчугским и Западно-Ингулецким разломами в зоне перехода Среднеприднепровского мегаблока (высокоомная область) в Ингульский мегаблок (низкоомная область) установлена резкая граница в виде узкой низкоомной зоны, которая погружается на глубину свыше 400 км [3]. Эта зона резко дифференцирована по электросопротивлению [3] и РТ-условиям [11, 17] (рис. 2, 3). Возникновение максимальных градиентов РТ-условий в краевой части аномального сегмента литосферы высокой степени зрелости Ингульского мегаблока на границе со Среднеприднепровским мегаблоком обеспечивало масштабное перераспределение рудных компонентов в астеносфере, а сходство реакции на создававшиеся градиенты давления и температур U, V, TR, Sc привело к их наиболее значительной комплексной концентрации в сформировавшейся локальной астеносферной ловушке (рис. 3).

Промышленные золоторудные месторождения Кировоградского уран-золоторудного района (Юрьевское, Клинцовское) монометалльные, средние по запасам и сопряжены в пространстве с промышленными месторождениями урана в карбонатно-натриевых метасоматитах (рис. 1, 2), которые также являются монометалльными, но преимущественно с крупными запасами. Это ярко проявлено для сближенных Юрьевского месторождения золота и Юрьевского месторождения урана.

В ряде публикаций [13, 20, 21] отображены представления различных исследователей о возможных механизмах золоторудного процесса Кировоградского рудного района. Клинцовское месторождение золота, локализованное в зоне

Кировоградского разлома, связывают с мантийными источниками рудогенных компонентов, раскрытыми этим разломом [20, 21]. Проникновению рудоносных флюидов (или флюидизатов) при формировании Клинецовского и Юрьевского месторождений золота способствовали тектонические структуры, в которых происходила метасоматическая и гидротермальная переработка вмещающих пород и локализация руд. Вариации геохимических особенностей золота, обусловленные двойственностью и сочетанием сидерофильных и халькофильных свойств, определяют прежде всего многообразие форм его концентрирования на стадии рудоотложения с образованием широкого спектра типов месторождений. На этапе рудоподготовки в мантийных условиях более существенна была роль среды, определявшая высокую подвижность золота, которая должна характеризоваться присутствием галогенов, прежде всего хлора. Именно галогенофильность определяла подвижность золота в мантии, многообразие форм его состояния, соединений, масштабов первичного концентрирования и миграции на верхние структурные горизонты по проницаемым транслитосферным разломам. 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 Кировоградского рудного района ярко не выражено, комплексные промышленные рудные концентрации золота совместно с ураном в них отсутствуют.

Золоторудные поля, вмещающие Клинецовское и Юрьевское промышленные месторождения золота, сопряжены и перекрываются со структурами Мичуринского, Юрьевского и Лелековского

урановорудных полей, являются проекцией на земную поверхность астеносферной ловушки с вероятной предрудной концентрацией золоторудных флюидов в ее пределах. Вероятно, возникли благоприятные условия для геохимического обособления золота в сегменте астеносферы, подстилающей Ингульский мегаблок. 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 тектонометасоматических зонах. При благоприятной флюидопроницаемости среды в периоды тектонических активизаций обеспечивался подъем на верхние этажи земной коры золотоносных флюидов (флюидизатов) в составе восходящего флюидного потока в период 1,975–1,970 млрд лет [14] и затем ураноносного в период 1800–1750 млн лет [14].

Отсутствие крупных концентраций золота и формирование средних по запасам монометалльных Клинецовского и Юрьевского месторождений золота можно объяснить: 1) непродолжительным действием РТ-условий, оптимальных для масштабного предрудного астеносферного концентрирования золота, 2) их частой локальной вариацией, а учитывая большое количество мелких золоторудных объектов в обрамлении Новоукраинского массива 3) рассеянием золотоносных флюидопотоков в среде рудоотложения на верхних структурных горизонтах в период рудообразования (отсутствие условий для массового рудоотложения, отсутствие крупных структурных ловушек на коровом уровне, устойчивых благоприятных геохимических условий рудолокализации и т. д.).

Возникновение пространственно и временно сопряженных рудных полей Ватутинского уранового и Полоховского, Станковатского редкометалльных обусловлено локальными неоднородностями (структурными, термобароградиентны-

ми) региональной астеносферной ловушки в подошве литосферы Ингульского мегаблока высокой степени зрелости (рис. 2, 3). Их пространственное разобщение обусловлено различной реакцией урана и лития с сопутствующими компонентами на колебания физико-химических параметров в астеносфере.

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. На заключительной стадии рудообразования главенствующее влияние имели температурный фактор (зональность), изменение химических свойств раствора, которые определили различный состав комплексного оруденения и его эволюцию на верхних структурных этажах [13].

Для промышленного уранового оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах на начальной стадии главенствующую роль играли галлоидно-натриевые флюиды (фторидные и хлоридные), на заключительной стадии рудообразования главенствующее воздействие имели углекислые растворы [2], 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 со Звенигородско-Анновским разломом транслитосферного проникновения и узлами его пересечения с дизъюнктивами Субботско-Мошоринского широтного разлома оказалось возможным в результате разделения мантийных флюи-

дов при их генерации в краевой западной части астеносферной ловушки подошвы Ингульского мегаблока высокой степени зрелости под воздействием аномально выраженного градиента термобарических полей.

Таким образом, пространственная сопряженность месторождений урана, лития и золота в центральной части Ингульского мегаблока обусловлена связью с единой региональной астеносферной ловушкой и общностью путей миграции по одним и тем же разломным структурам мантийного проникновения и узлов их пересечения (рис. 1–3).

Для сопряженных крупных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах, крупных месторождений лития, Ta-Li в редкометалльных пегматитах в центральной части Ингульского мегаблока УЩ и крупных U-V-TR-Sc месторождений в его краевой части характерны следующие особенности: 1) значительная (до 250 км) мощность литосферы, обеспечивавшая возникновение крупных 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) формирование в РТ-градиентных зонах астеносферы, подстилающей литосферные сегменты высокой степени зрелости условий, обеспечивавших изменения составов мантийных флюидов и инверсию форм переноса рудогенных компонен-

тов к верхним горизонтам земной коры по одним и тем же разломам транслитосферного проникновения; 5) локальная транслитосферная проницаемость разломов, обеспечивавшая периодический вынос геохимически специализированных разнородных флюидов; 6) оптимальные условия для массового локального рудоотложения.

Однако, при формировании крупных монометалльных и крупных комплексных рудных месторождений Ингульского мегаблока на интенсивность рудогенеза и спектр рудных компонентов влияли как общие, так и специфические условия, которые мы выделили по преобладающим тенденциям связи изменчивости металлогенических спектров крупных рудных объектов с особенностями глубинного строения литосферы.

Формирование комплексного крупного по запасам уран-полиметалльного оруденения было характерно только для восточных краевых частей Ингульского литосферного сегмента, где агентами концентрирования разнородных по металлогенической специализации элементов были специфические РТ-условия.

Очевидно, что генетическая связь разнородных элементов комплексных U-V-TR-Sc руд с натриевыми метасоматитами обусловлена их масштабным астеносферным концентрированием в мантийном флюиде в условиях высокого градиента РТ-условий, который способствовал эффективной миграции и первичному астеносферному концентрированию разнообразных рудных компонентов с последующим образованием крупных по запасам месторождений, характеризующимися сложным элементным и минеральным составом в одном комплексном рудном объекте.

Таким образом, крупномасштабное концентрирование крупного U-V-TR-Sc оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах УЩ, при выполнении комплекса всех выделенных нами глубинных факторов оруденения, реализуется при исключительной пространственной свя-

зи с астеносферными ловушками в подошве литосферных сегментов высокой степени зрелости в условиях сочетания латерального тренда высокого градиента РТ-условий, более характерного для астеносферных зон краевых частей подошвы Ингульского литосферного сегмента высокой степени зрелости на границе с литосферными сегментами меньшей мощности.

Металлогенический спектр месторождений, кроме особенностей глубинного строения литосферы, также тесно связан со специализацией геологической эпохи шкалы геологического времени. Возрастной диапазон урановой минерализации на Украинском щите составляет от 2 400 до 290 млн лет [2], однако формирование крупных месторождений урана Кировоградского рудного района, крупных уран-полиметалльных (U-V-TR-Sc) месторождений Криворожского рудного района связано лишь с эпохой уранового рудообразования 1800–1750 млн лет, которая была крупнейшим минерагеническим импульсом планетарного масштаба. С этой эпохой связано и формирование крупных Li и Ta-Li месторождений Шполянско-Ташлыкского редкометалльного рудного района.

Таким образом, важнейшими инвариантными условиями интенсивного рудогенеза и формирования сопряженных крупных разнотипных рудных месторождений Ингульского мегаблока УЩ являются: 1) мантийный источник рудных компонентов; 2) значительная (до 250 км) мощность литосферы, обеспечивавшая возникновение крупных астеносферных ловушек с РТ-условиями, оптимальными для длительной масштабной мантийной сепарации качественно близких по химическим свойствам рудогенных компонентов с высокими оксифторофильными свойствами (уран, литий, скандий, ванадий, редкие земли, тантал) и их масштабное предрудное концентрирование (избирательное или комплексное); 3) локальная транслитосферная проницаемость разломов, обеспечивавшая периодический вы-

нос геохимически специализированных разнородных флюидов; 4) приуроченность к крупнейшему минерагеническому импульсу определенной специализации геологической эпохи шкалы геологического времени; 5) оптимальные условия для массового рудоотложения на верхних структурных горизонтах земной коры.

Специфические условия образования *крупных монометалльных рудных месторождений* (урана, лития) в Ингульском мегаблоке, по нашему мнению, связаны: 1) с длительной консервативностью оптимальных РТ-условий, необходимых для масштабной концентрации того или иного основного рудного компонента с высокими оксифторофильными свойствами в мантии; 2) с благоприятными условиями для массового рудоотложения на верхних структурных горизонтах.

Специфические условия образования *крупных комплексных рудных месторождений* в Ингульском мегаблоке и сопредельных территориях (U-V-TR-Sc, Ta-Li), по нашему мнению, связаны: 1) с возникновением максимальных градиентов РТ-условий в краевой части аномального сегмента литосферы высокой степени зрелости либо в локальных латеральных зонах, обусловленных наличием локальных неоднородностей подошвы литосферы; 2) с эволюцией системы разноглубинных мантийных очагов первичной сепарации рудогенных компонентов различной металлогенической специализации аномального сегмента литосферы высокой степени зрелости, что обеспечивало совместное накопление разных по химическим свойствам компонентов, в том числе второстепенных по отношению к основному рудному; 3) с общностью физико-химических условий первичного концентрирования определенного комплекса рудогенных компонентов в астеносферной ловушке; 4) с едиными транспортными путями миграции рудоносных флюидов с астеносферных уровней первичной генерации до осаждения на геохимических барьерах верхних горизонтов земной коры в периоды рудообразования; 5) со сходством

геохимической реакции определенного комплекса рудогенных компонентов, необходимым для осаждения на геохимических барьерах верхних структурных горизонтов земной коры, что обеспечило их совместное массовое рудоотложение.

Доминирующие специфические условия формирования крупных рудных месторождений являются различными для разнотипных рудных объектов. Так, доминирующий специфический глубинный фактор формирования крупных комплексных U-V-TR-Sc месторождений в Криворожско-Кременчугской зоне – возникновение максимальных градиентов РТ-условий в краевой части аномального сегмента литосферы высокой степени зрелости Ингульского мегаблока (с мощностью литосферы до 250 км) на границе со Среднеприднепровским, что обеспечивало масштабное концентрирование в сформировавшейся глубинной астеносферной ловушке рудных компонентов широкого металлогенического спектра со значительно различными физико-химическими свойствами и соответственно значительным диапазоном оптимальных РТ-условий для их совместного первичного накопления.

Выводы и направление дальнейших исследований

Совокупность выявленных инвариантных и специфических условий формирования разнотипных крупных рудных объектов в центральной части УЩ, геофизических и петролого-геохимических индикаторов физических и химических неоднородностей мантии, особенности РТ-условий, при которых возникала геохимическая зональность астеносферы, подстилающей Ингульский мегаблок, масштабно генерировались мантийные флюиды той или иной металлогенической специализации, по сути, представляет собой новый класс факторов, пригодных не только для выделения потенциально рудоносных площадей, но и для оценки возможности формирования крупных рудных месторождений различных рудоформационных типов в их пределах, ис-

ходя из концепции мантийного источника рудных компонентов.

Особый интерес для дальнейших исследований представляет сравнительный анализ факторов формирования разномасштабных уран-полиметалльных рудных объектов, расположенных в восточной краевой части Ингульского мегаблока.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович И. И.* Металлогения/Абрамович И. И. – М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. – 328 с.
2. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/[Белевцев Я. Н., Коваль В. Б., Бакаржиев А. Х. и др.]; под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Ковалья. – К.: Наукова думка, 1995. – 376 с.
3. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита/[Азаров Н. Я., Анциферов А. В., Шеремет Е. М. и др.]; под ред. А. В. Анциферова. – К.: Наукова думка, 2006. – 196 с.
4. *Иванов Б. Н.* Площадные и экзоконтактовые редкометалльные метасоматиты/Б. Н. Иванов, В. Н. Косюга, В. И. Погукай// *Геохімія та рудоутворення*. – 2011. – Вып. 30. – С. 10–17.
5. *Калашник А. А.* Глубинные факторы формирования крупных промышленных месторождений лития в редкометалльных пегматитах Шполяно-Ташлыкского рудного района УЩ. Статья 1. Основные физико-химические свойства элементов парагенезиса руд в редкометалльных пегматитах Шполяно-Ташлыкского рудного района и геохимическая характеристика метасоматитов/А. А. Калашник// *Мінеральні ресурси України*. – 2015. – № 2. – С.12–21.
6. *Калашник А. А.* Новые возможности технологии прогноза и поиска промышленных уран-полиметалльных месторождений на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудных компонентов/А. А. Калашник//*Збірник наукових праць УкрДГРІ*. – 2014. – № 3–4. – С. 114–137.
7. *Калашник А. А.* Новые прогнозно-оценочные критерии в технологии прогнозирования формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита/А. А. Калашник//*Збірник наукових праць УкрДГРІ*. – 2014. – № 2. – С. 27–54.
8. *Калашник А. А.* Причины пространственной связи и монометалльности формирования промышленного золотого и уранового оруденений в Кировоградском рудном районе УЩ/А. А. Калашник//*Збірник наукових праць УкрДГРІ*. – 2015. – № 3. – С. 88–103.
9. *Калашник А. А.* Результаты поисковых работ по выявлению алмазоносных объектов в северо-восточной части Кировоградского блока УЩ/А. А. Калашник, Е. Ю. Палкина, О. Ф. Макивчук и др.//*Збірник наукових праць УкрДГРІ*. – 2010. – № 3–4. – С. 44–60.
10. *Клочков А. С.* Ураноносные и бериллиносные метасоматиты Украинского кристаллического щита/[А. С. Клочков, А. К. Прусс, А. И. Гинсбург и др.]/*Материалы по геологии урановых месторождений*. – М.: Изд-во ВИМС, 1979. – 238 с.
11. *Крупенников В. А.* Мантийный щелочной флюидно-магматический петрогенезис как основной рудообразующий процесс/В. А. Крупенников//*Матер. II Межд. симпозиума “Уран-ресурсы, производство”* (Москва, 26–28 ноября 2008 г.). – М.: Изд-во ФГУП ВИМС, 2008. – С. 28–31.
12. *Летников Ф. А.* Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования/Ф. А. Летников//*Глубинные условия эндогенного рудообразования*. – М.: Наука, 1986. – С. 16–24.
13. *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые*/[Гурский Д. С., Есипчук К. Е., Калинин В. И. и др.]. – Киев-Львов: Изд-во “Центр Европы”, 2005. – 785 с.
14. *Пономаренко О. М.* Радиогеохронология процессов метасоматозу в кристаллических породах УЩ/О. М. Пономаренко, Л. М. Степанюк, С. Г. Кривдик, В. О. Синицин:тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд”, (Київ, 14–16 березня 2012 р.). – Київ: ИГМР, 2012. – С. 64–66.
15. *Соллогуб В. Б.* Литосфера Украины/Соллогуб В. Б. – К.: Наукова думка, 1986. – 184 с.
16. *Степанюк Л. М.* Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблока УЩ/Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка и др.: тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд”, (Київ, 14–16 березня 2012 р.). – ИГМР, 2012. – С. 78–80.
17. *Федоришин Ю. І.* Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазоносності і її реалізація на території Українського щита: дис. д-ра геол. наук: 04.00.01/Федоришин Юрій Іванович. – К., 2007. – 408 с.

18. Химическая энциклопедия: В 5 т./Под ред. И. Л. Кнунянц. – М.: Изд-во “Сов. энциклопедия”, 1990. – Т. 1–5.

19. Щербак Д. Н. Металлогенические эпохи докембрия Украинского щита/Д. Н. Щербак, А. В. Гринченко//Минер. журнал. – 1999. – 21, № 2. – С. 22–38.

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

21. Яценко Г. М. Металогения золота про-топлатформених структур Українського щита (Кіровоградський блок)/Г. М. Яценко, О. В. Гайовський, Є. М. Сливко та ін. – К.: Логос, 2009. – 243 с.

22. Nechaev S. V. Deposits of uranium, rare and rare-earth metals in the Ukrainian Shield/S. V. Nechaev, D. S. Gurskiy, A. Kh. Bakarzhiev, A. S. Voinovsky, L. V. Isakov, O. F. Makivchuk//Mineral. Journ. (Ukraine). – 2002. – Vol. 24, N 4. – P. 5–19.

REFERENCES

1. Abramovich I. I. Metallogeny. – Moskva: GEOKART-GEOS, 2010. – 328 p. (In Russian).

2. Genetic types and regularities of location Uranium of deposits in Ukraine/[Belevcev Ja. N., Koval V. B., Bakarzhiev A. H. and others]; pod red. Ja. N. Belevceva, V. B. Kovalya. – Kyiv: Naukova dumka, 1995. – 376 p. (In Russian).

3. Geological-geophysical model of Krivoro-zhsko-Kremenchugskaya suture zone of Ukrainian Shield/[Azarov N. Ja., Anciferov A. V., Sheremet E. M. and others]; pod red. A. V. Anciferova. – Kyiv: Naukova dumka, 2006. – 196 p. (In Russian).

4. Ivanov B. N., Kosjuga V. N., Pogukaj V. I. Areal and exocontacts rare-metal metasediments Shpolyansko-Tashlitskiy region//Heokhimiia ta rudoutvorennia. – 2011. – V. 30 – P. 10–17. (In Russian).

5. Kalashnik A. A. Deep factors of formation of major lithium industrial deposits in rare-metal pegmatites of Shpolyano-Tashlytsky ore district of the Ukrainian Shield. Article 2. Deep factors of formation of spatial proximity major industrial uranium and lithium deposits in the Ingulsky megablock//Mineralni resursy Ukrainy. – 2015. – № 2. – С. 12–21. (In Russian).

6. Kalashnik A. A. New possibilities of the technology of prognosis and search of uranium-polymetal industrial deposits based on the concept of initial concentration ore components in aste-

nosphere//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2014. – № 3–4. – P. 114–137. (In Russian).

7. Kalashnik A. A. New prognostic-evaluation criteria in technology prognosis of forming industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2014. – № 2. – P. 27–54. (In Russian).

8. Kalashnik A. A. Causes of spatial relationships and monometal of industrial gold and uranium ore formation in Kirovograd ore region of the UkrSh//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2015. – № 3. – P. 88–103. (In Russian).

9. Kalashnik A. A., Palkina E. Ju., Makivchuk O. F., Kiryanov N. N., Hrenov A. Ju. The results of prospecting work to identify diamondiferous facilities in the northeastern part of the Kirovograd block of the Ukrainian Shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2010. – № 3–4. – P. 44–60. (In Russian).

10. Klochkov A. S., Pruss A. K., Ginsburg A. I. Uraniumbearing and berylliumbearing metasediments of the Ukrainian crystal Shield. – Moskva: Izd-vo VIMS, 1979. – 238 p. (In Russian).

11. Krupennikov V. A. Mantle alkaline fluid-magmatic petrogenesis as the main ore-forming process//Mater. II Mezhd. simpoziuma “Uran-resursy, proizvodstvo”, (Moskva, 26–28 noyabrya 2008). – Moskva: Izd-vo FGUP VIMS, 2008. – P. 28–31. (In Russian).

12. Letnikov F. A. Maturity of lithospheric blocks and problems of endogenous mineralization//Glubinnye usloviya endogenogo rudobrazovaniya. – Moskva: Nauka, 1986. – P. 16–24. (In Russian).

13. Metallic and nonmetallic minerals of the Ukraine. Volume 1. Metallic minerals/[Gursky D. S., Esipchuk K. E., Kalinin V. I. and dr.]. – Kyiv-Lviv: Izd-vo “Centr Evropy”, 2005. – 785 p. (In Russian).

14. Ponomarenko O. M., Stepanyuk L. M., Kryvdik S. H., Synytsyn V. O. Radiogeochronology of metasedimentary processes in crystal rocks of the UkrSh//Tezy dopovidei naukovoi konferentsii “Teoretychni pytannia i praktyka doslidzhennia metasedymatichnykh porid i rud”, (Kyiv, 14–16 bereznya 2012). – Kyiv: IGMR, 2012. – P. 64–66. (In Ukrainian).

15. Sollogub V. B. Lithosphere of the Ukraine. – Kyiv: Naukova dumka, 1986. – 184 p. (In Russian).

16. Stepanjuk L. M., Bondarenko S. M., Somka V. O. i dr. Source of sodium and uranium of uraniumiferous albitites on the example of Dokuchaievsk field of the Ingulsky megablock of the UkrSh//Tezy dopovidei naukovoi konferentsii

“Teoretychni pytannia i praktyka doslidzhennia metasomatychnyh porid i rud”, (Kyiv, 14–16 bezrnia 2012). – Kyiv: IGMR, 2012. – P. 78–80. (In Ukrainian).

17. Fedoryshin Ju. I. Model of forecast and prospecting of primary diamond-ferousness sources and its realization in the Ukrainian Shield: *dis. doktora heol. nauk: 04.00.01* – Kyiv, 2007. – 408 p. (In Ukrainian).

18. Chemical Encyclopedia: In 5 vols/ Pod red. Knunjants I. L., Zefirova N. S. – Moskva: *Izd-vo “Sov. enhciklopediya”*, 1990. – T. 1–5. (In Russian).

19. Shherbak D. N., Grinchenko A. V. Metallogenic epochs of the Ukrainian Precambrian Shield// *Miner. zhurn.* – 1999. – V. 21. – № 2. – P. 22–38. (In Russian).

20. Yatsenko G. M., Babyinin A. K., Gursky D. S. i dr. Tectonic-metasomatic zones are leading structural-metallogenical position of gold-ore deposits in the Precambrian// *Mineralni resursy Ukrainy.* – 2000. – № 1. – P. 13–18. (In Russian).

21. Yatsenko G. M., Gaiovskyi O. V., Slyvko Ye. M. ta insh. Metallogeny of aurum of protoplatforms structures of the Ukrainian Shield (Kirovogradsky block). – Kyiv: *Vydavnytstvo “Lohos”*, 2009. – 228 p. (In Ukrainian).

22. Nechaev S. V. Deposits of uranium, rare and rare-earth metals in the Ukrainian Shield/ S. V. Nechaev, D. S. Gurskiy, A. Kh. Bakarzhiev, A. S. Voinovsky, L. V. Isakov, O. F. Makivchuk// *Mineral. journ. (Ukraine).* – 2002. – Vol. 24, N 4. – P. 5–19.

Рукопис отримано 9.09.2016.

Г. А. Калашник, Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, kalashnik_anna1@mail.ru, ORCID-0000-0002-9581-9865

ІНВАРІАНТНІ ТА СПЕЦИФІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ РІЗНОТИПНИХ ВЕЛИКИХ РУДНИХ ОБ’ЄКТІВ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Розглянуто результати вивчення закономірностей формування й розміщення великих за запасами родовищ урану, U-V-TR-Sc руд, літію й тантал-літієвих руд центральної частини Українського щита (УЩ) з урахуванням особливостей глибинної будови літосфери. Представлено інваріантні та специфічні умови формування різнотипних великих за запасами рудних об’єктів Інгальського мегаблока УЩ і суміжних територій.

Ключові слова: великі за запасами родовища, мантіїні рудні компоненти, мантіїні флюїди.

G. A. Kalashnyk, Kirovograd Flight Academy of National Aviation University, kalashnik_anna1@mail.ru, ORCID-0000-0002-9581-9865

INVARIANT AND SPECIFIC CONDITIONS OF FORMATION OF HETEROGENOUS MAJOR ORE OBJECTS IN INGULSKY MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

The results of studies of new laws governing the distribution of major endogenous U, Li, Ta-Li, U-V-TR-Sc deposits in the central part of Ukrainian shield in close connection with the peculiarities of the deep structure of the lithosphere and its components of major endogenous U, Li, Ta-Li, U-V-TR-Sc deposits are presented. The most important invariant and specific precondition in formation of major endogenous U, Li, Ta-Li, U-V-TR-Sc deposits was proposed. Research was based on the idea of primary concentration of ore components in asthenosphere.

Comparative analysis of the geochemical features of elements from ores of major uranium deposit of Kirovogradsky ore region, major deposits of lithium and Ta-Li ores of Polohovskogo and Stankovatskogo ore fields with associated Be, Nb, Rb, Cs, Sn components in ores, major U-V-TR-Sc deposits of Krivorozhsky ore region in central part of Ukrainian shield was made. This led to the conclusion that the individual typomorphic elements in complex ores have common physical and chemical properties, variable valency, common tendency to form com-

plex compounds, common high affinity to oxygen and to fluorine, common ability to inversion and migration forms. Large amount of ore-bearing fluids with typomorphic components may accumulate in local asthenospheric traps under the effects of similar PT-conditions in floor of lithosphere of Ingulsky megablock of high degree of maturity.

The study found that the most important invariant precondition in the formation of major U, Li, Ta-Li, U-V-TR-Sc deposits in the central part of Ukrainian shield were protruding edges of the anomalous lithospheres' segments high degree of maturity, which led to the creation of: 1) forming in mantle petrological conditions for large-scale separation of ore components of different metallogenic specialization (possibly at different depths of the mantle), 2) their joint transport in mantle fluids to the upper horizons of the Earth's crust along faults of trans-lithospheric penetration, 3) mass-scale ore formation in the upper structural horizons of the crust.

The most important specific precondition in the formation of major U, Li, Ta-Li, U-V-TR-Sc deposits in the central part of Ukrainian shield based on the use of petrological, geochemical and geophysical information and make it possible to take into account all stages of the ore-forming process.

This allowed a significant new approach to the efficiency of metallogenic prediction and discovering of new major endogenous ore deposits of different metallogenic specialization.

Keywords: *major deposits, mantle ore components, mantle fluids.*