

ГЕОЛОГИЯ РОДОВИЩ КОРИСНЫХ КОПАЛИН

УДК 550.83: 553.83

А. Калашник, д-р геол. наук, ст. науч. сотрудник, проф.,
Кировоградская летная академия
Национального авиационного университета,
ул. Добровольского, 5, г. Кропивницкий, 25001 Украина,
E-mail: kalashnik_anna1@ukr.net

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА

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

Целью проведенной работы является выявление новых закономерностей формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита.

Выполнен анализ геофизической, геологической, радиогеохимической информации по особенностям формирования, размещения основных типов урановорудных метасоматитов на Украинском щите в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы, астеносферы, разломной тектоникой. Определены предпосылки возникновения специализированных урановорудных метасоматитов и формирования в них крупных рудоконцентраций урана за счет мантийного источника рудогенных компонентов. Выявлены особенности глубинного строения литосферы и их физические параметры, которые влияли на условия интенсивного рудогенеза при формировании месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых и высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах. Выделены оптимальные условия формирования масштабных рудоконцентраций урана на всех стадиях рудообразующего процесса для условий Украинского щита, от процесса первичной масштабной рудоконцентрации урана в астеносфере, специфических особенностей рудоконтролирующих разломов транслитосферного и/или узлов их пересечения и финальной стадии рудоотложения в метасоматитах. Установлено, что интенсивность уранового рудогенеза в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах определяется характеристиками астеносферной ловушки в подстилающем рудный район слое верхней мантии, структурными факторами, в том числе, осложнениями структурных элементов транслитосферных разломов, неоднородной их проницаемостью, кинетической энергией подъема ураноносного флюида, зависящей от степени насыщенности CO₂ концентрация которой играла значительную роль в осуществлении механизма гидрогазозаразы в структурах с неоднородной проницаемостью в верхней части земной коры.

Практическое значение проведенного исследования состоит в повышении эффективности металлогенических прогнозов за счет расширения спектра используемых критериев интенсивности рудогенеза геофизических и петролого-геохимических индикаторов первичного масштабного концентрирования урана в астеносфере. Это позволяет обоснованно определять перспективы территорий на возможность формирования крупных рудоконцентраций урана в метасоматических формациях с выделением площадей наиболее вероятной их локализации.

Ключевые слова: урановорудные метасоматиты, литосфера, мантийные рудные компоненты, Украинский щит.

Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями. Для локализации промышленных эндогенных месторождений урана очень важным критерием является наличие областей распространения специализированных урановорудных метасоматитов. Промышленное значение среди месторождений урана эндогенного класса на Украинском щите (УЩ) имеют месторождения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах (до 95% от общих балансовых запасов урана Украины) и в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах (2% от общих балансовых запасов урана Украины). Иные метасоматические формации на УЩ не представляют интереса с точки зрения возможной концентрации урана промышленной значимости. Промышленные месторождения урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах на УЩ характеризуются низким содержанием урана в руде (руды бедные и рядовые), однако с преимущественно крупными запасами.

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], в том числе урана. Несмотря на разработанные комплексы критериев и признаков, эффективное прогнозирование месторождений урана является очень сложной проблемой. Это определило необходимость усовершенствования комплекса критериев и признаков локализации месторождений урана, в первую очередь, крупных по запасам, в частности, выявления новых закономерностей развития урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы УЩ.

Обзор публикаций и нерешенные части проблемы. В течение последних лет при проведении КП "Кировгеология" специализированных на уран работ на территории УЩ был выявлен ряд геологических фактов, которые не могут быть удовлетворительно объяснены с позиций корового источника рудогенных компонентов и свидетельствуют о явном противоречии с господствующими метаморфогенной и постмагматической гипотезами генезиса урановорудных альбититов. По переданным ГРЭ № 37 КП "Кировгеология" образцам рудных альбититов с Новокопачинского, Докучаевского, Партизанского месторождений Л.М. Степанюком и др. (ИГМР) было установлено, что натрий, уран и стронций альбититов этих месторождений имеют мантийный источник и одновременно были привнесены в процессе альбитизации [3, с. 80]. В продуктивных зонах уран-натровых месторождений Кировоградского урановорудного района УЩ для флогопит-карбонатных прожилков из урановорудных альбититов также характерны глубинные значения $\delta^{13}\text{C}$ (от $-7,9$ до $-6,9$ ‰) [2, с. 248].

Крупное эндогенное промышленное урановое оруденение развито только в центральной части УЩ и охватывает, главным образом, Ингульский мегаблок. Ингульский мегаблок в металлогеническом отношении соответствует Кировоградской урановорудной металлогенической области, вмещающей практически все промышленные месторождения урана Украины. В нее входят Кировоградский, Криворожский и Алексеевско-Лысогорский урановорудные районы.

Кировоградская урановорудная металлогеническая область включает 21 эндогенное месторождение урана и является уникальной по соотношению крупных, средних и мелких месторождений урана с преимуществен-

ной тенденцией формирования крупных по запасам месторождений. При этом, позиция урановородных полей и месторождений не зависит от радиогеохимической характеристики вмещающих структурно-формационных комплексов пород и содержания в них урана и имеет ярко выраженный наложенный характер [5, с. 54]. В пределах УЩ не установлены достаточно широко распространенные специализированные на уран метаморфизованные геологические формации. В целом, участки с повышенным первоначальным содержанием урана имеют на УЩ очень локальный характер. Все вышеизложенное приводит к выводу, что при формировании крупных урановородных районов основным поставщиком урана является мантия [4–5].

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, с. 273]. Рассматривая мантию как основной источник рудогенных компонентов при формировании крупных по запасам рудных месторождений, на основе выполненного анализа петрологических, геофизических, изо-

топно-геохимических данных, структурно-геологических исследований территории УЩ, нами был выявлен ряд глубинных факторов формирования крупных эндогенных месторождений урана [5], обоснован комплекс глубинных факторов формирования крупных U-V-TR-Sc месторождений [4].

Однако, при масштабном концентрировании урана необходимо учитывать соизмеримость масштабов предшествующих и сопровождающих оруденение метасоматических процессов и их реальных результатов, представленных рудными метасоматитами, формирующихся в совокупности крупные концентрации руды. На данном этапе исследований важной задачей является выявление закономерностей формирования урановородных метасоматитов с масштабной концентрацией урана, что может позволить существенно повысить эффективность геологоразведочных работ.

Изложение основного материала. Формация среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитов имеет на УЩ крайне ограниченное распространение и характерна лишь для его центральной части (Кировоградская урановородная металлогеническая область) (рис. 1).

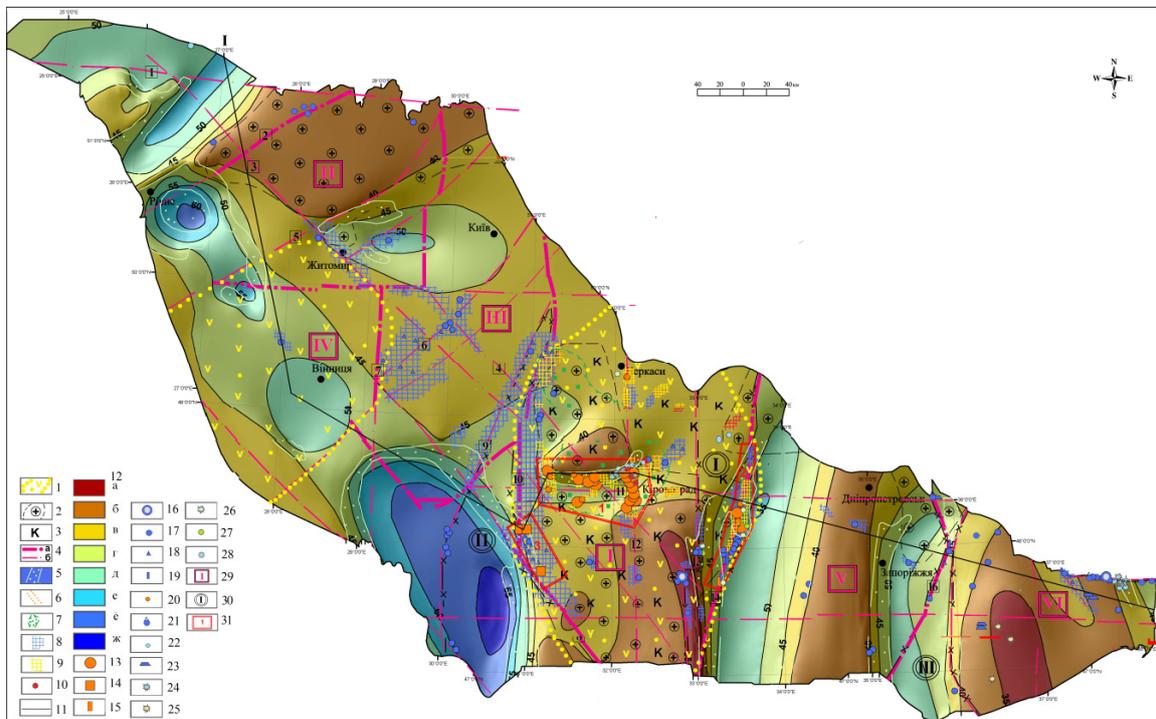


Рис. 1. Схема закономерностей размещения промышленных эндогенных месторождений урана и урановородных метасоматитов, совмещенная со схемой рельефа поверхности Мохо (М) Украинского щита (УЩ) (схема рельефа поверхности М – обработка результатов интерпретации материалов ГСЗ по УЩ (В.Б. Соллогуб, А.В. Чекунов и др.) по технологии геопроостранственной визуализации (Ю.И. Федоришин [11])):

- 1 – аномальные литосферные сегменты с мощностью литосферы >160 км (по данным ГСЗ, скорректированным по результатам петрологических исследований мантийных ксенолитов глубинных пород); 2 – области развития гранито-нейсового слоя повышенной (10–15 км) и высокой (>15 км) мощности; 3 – области с аномальной калиевой радиогеохимической специализацией метаморфического субстрата верхней части земной коры; 4 – осевые линии разломов мантийного проникновения: а – межмегаблоковые, б – иные; 5 – градиентные зоны поверхности М (с углом наклона (27,8–54,3°)); 6 – участки разломных структур с высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями поверхности М и региональными зонами смены мощности земной коры вдоль них; 7 – зоны аномально низкой плотности вещества верхней мантии по результатам расчета гравитационного потенциала; 8 – области проявления высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза (2000-1900 млн лет); 9 – области проявления среднетемпературного карбонатно-натриевого метасоматоза (1800–1750 млн лет); 10 – кимберлитопроявления дайковой фации, значительно обогащенные ураном; 11 – изолинии поверхности М, км; 12 – шкала глубин залегания поверхности М, км: а – 33–35, б – 36–40, в – 41–45, г – 46–50, д – 51–55, е – 56–60, е – 61–65, ж – 66–70; месторождения урана: 13 – в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах, 14 – калий-урановой формации; 15–23 – рудопроявления урана эндогенного класса различных генетических групп; 24 – кимберлитовые трубки, 25 – лампроитовые трубки, 26 – трубки кимберлитоподобных пород, 27 – проявления кимберлитоподобных пород дайковой фации; 28 – лампроитопроявления дайковой фации; 29 – мегаблоки УЩ: I – Ингульский, II – Волынский, III – Росинско-Тикичский, IV – Днестровско-Бугский, V – Среднеприднепровский, VI – Приазовский; 30 – шовные зоны: I – Ингулецко-Криворожская, II – Голованевская, III – Орехово-Павлоградская; 31 – урановородные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 32 – линия разреза I-I'

Форма ореолов этой формации линейная, с раздувами и пережимами. Размеры ореолов от 1–2х3–8 км до 15х30 и даже 5х70 км в Кировоградской разломной зоне. Наиболее полно проявление натриевого метасоматоза выражено в образовании альбититовых тел. Тела альбититов чаще жилы- и линзовидные, иногда пластообразные, неправильной формы. Они имеют сложную конфигурацию и зональность, обусловленную развитием микроклиновых и альбит-микроклиновых зон. Внутренние части тел представлены собственно альбититами. Наиболее протяженный (12,5 км) ореол описываемых изменений прослеживается в Ингульском мегаблоке вдоль Лелековского разлома (Кировоградский рудный узел).

Формация высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитов и связанное с ней урановое оруденение проявлены в большинстве мегаблоков УЩ, кроме Среднеприднепровского и Днестровско-Бугского (рис. 1). Однако месторождения урана этой формации выявлены только в центральной части УЩ (Алексеевско-Лысогорский рудный район). Формирование месторождений урана Алексеевско-Лысогорского рудного района в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах имеет такую же связь с подкоровыми источниками рудогенных компонентов и процессами мантийной природы, отвечающими за значимое эндогенное рудообразование урана, что и месторождения урана в натриевых метасоматитах, но сформированы локально, в самостоятельной группе эндогенных процессов в тесной связи с процессами кислого гранитоидного петрогенезиса [6, с. 79].

Поскольку основным источником рудообразующих элементов при формировании месторождений урана являлась мантия, масштабность возникновения природных концентраций урана на финальной стадии рудоотложения зависела от масштабности мантийно-флюидной рудогенерирующей системы, частью которой она являлась. Для интенсивного рудообразования на предрудной стадии необходимо было создание условий масштабного первичного концентрирования урана в пределах мантии в границах астеносферной ловушки.

Использование анализа особенностей глубинного строения литосферы в районах формирования крупных месторождений урана 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 теплопереносу [1, с. 31], аномальное увеличение мощности литосферы.

Влияние термического состояния мантии на поведение урана проявлялось в его эффективном концентрировании при достаточно мощной литосфере (более 160 км [8, с. 22]) вследствие его уникальных оксифильных свойств. Для Ингульского мегаблока характерна максимальная в пределах УЩ мощность литосферы, достигающая по данным ГСЗ 250 и более км (рис. 2) [10]. Этому мегаблоку по целому ряду признаков присуща наибольшая степень зрелости на УЩ [5, 11], гранито-гнейсовый слой повышенной до 15 км мощности, аномально выраженная в масштабах УЩ радиохимическая калиевая специализация метаморфического субстрата верхней части земной коры [5].

Контроль крупного эндогенного уранового оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района осуществляется в широтной полосе Субботско-Мошоринского транслитосферного разлома рудными зонами одноименных глубинных разломов: субмеридианальными Кировоградской (Мичуринское, Юрьевское рудные поля), Новокопанивской (Новокопанивское рудное поле), Звенигородско-Анновской (Ватутинское рудное поле), Адабашской северовосточного простирания (Партизанское рудное поле), Лелековской северозападного простирания (Лелековское рудное поле) (рис. 1).

С востока к Ингульскому примыкает Среднеприднепровский мегаблок УЩ. По данным ГСЗ [10] мощность литосферы в пределах Среднеприднепровского мегаблока составляет от 150 до 200 км и на юге мегаблока уменьшается до 100 км. Поверхность М представляет собой линейно вытянутое в субмеридианальном 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. 1). 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. 2), а Криворожско-Кременчугский разлом транслитосферной проницаемости служил каналом для подъема флюидов различной металлогенической специализации.

Формирование специализированных на уран металлогенических провинций и урановорудных районов происходило на планете синхронно и лишь на нескольких этапах. Этапом, обусловившим образование уранового оруденения УЩ, относимого к редкоземельно-урановой формации в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах, был 2000–1950 млн лет [2]. Наиболее важным этапом уранового оруденения для УЩ был период 1800–1750 млн лет [9] с формированием значительных по запасам промышленных месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском и Криворожском урановорудных районах. Эндогенное урановое оруденение всех других урановорудных эпох УЩ не имеет промышленного значения.

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

У урановорудного процесса в щелочных метасоматитах Кировоградской урановорудной металлогенической области существуют определенные особенности.

Рудоконтролирующие зоны разломов предопределяли специфику строения рудоносных зон и особенности контролируемых ими метасоматитов. Основная масса оруденения в карбонатно-натриевых метасоматитах месторождений урана Кировоградского и Криворожского рудных районов связана с зонами предрудного объемного катаклаза. Формирование последних обусловлено процессами эксплозивного гидротермального вследствие эволюции щелочного гидротермального ураноносного раствора (флюида) [7, с. 29], который приводил к масштабному скоротечному массовому рудоотложению. Зоны объемного катаклаза в Кировоградском урановорудном районе имеют протяженность до десятков километров и мощность от первых сотен метров до нескольких километров. Натриевые метасо-

матиты в пределах этих зон обычно характеризуются полным набором метасоматических колонок и интенсивным проявлением урановорудных альбититов. Альбититы образуют линейно вытянутые линзообразные тела мощностью от 20 до 150 м, морфология которых

полностью подчинена зонам рудоконтролирующих разломов. Такие зоны вмещают промышленное урановое оруденение. Форма урановорудных тел пластообразная, столбообразная, линзовидная с характерным резким выклиниванием.

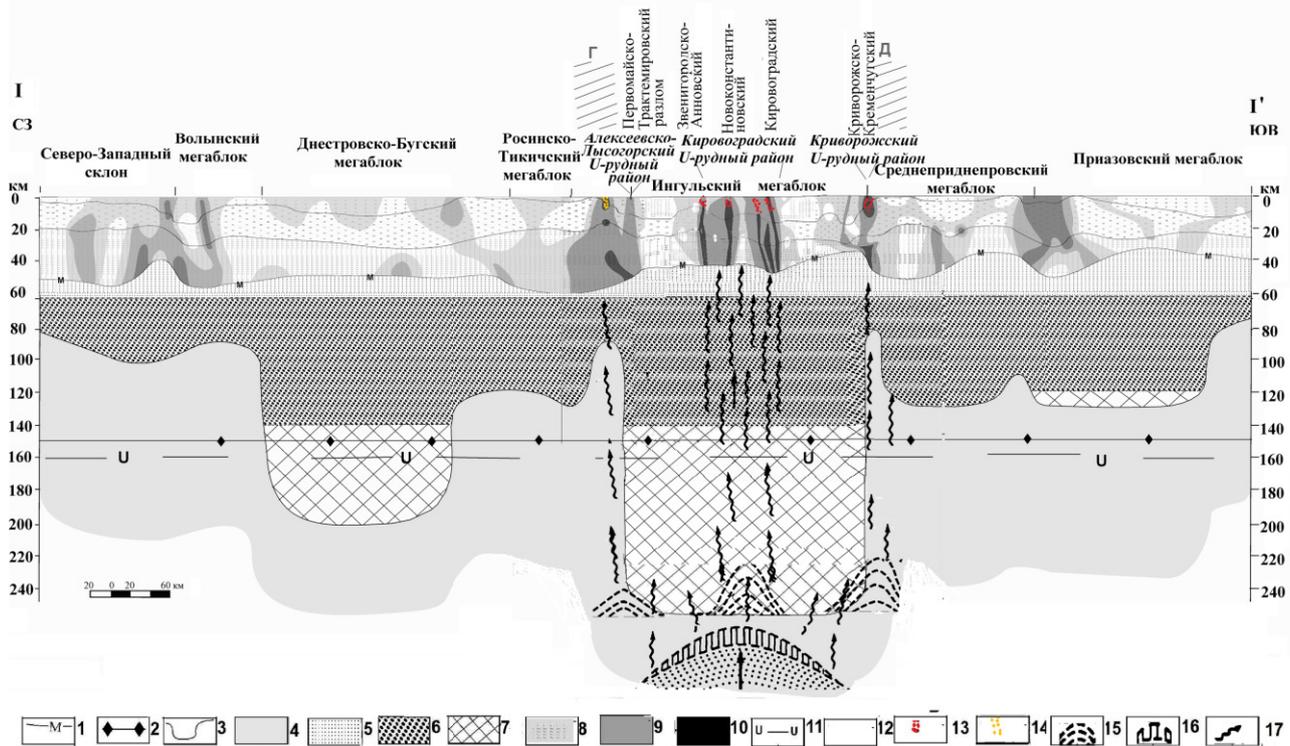


Рис. 2. Закономерности размещения урановорудных районов в связи с особенностями глубинного строения УЩ (разрез литосферы УЩ по линии I-I' с использованием материалов [10–11]):

- 1 – граница М; 2 – граница стабильности графит-алмаз; 3 – граница литосфера-астеносфера; 4 – астеносфера;
- 5 – железистые ультрабазиты (железистые дуниты, ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы); 6 – амфиболовые и пироксеновые глиммериты, шпинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 7 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур, гранатовые лерцолиты с реликтами деформированных структур; зоны дислокаций с различной степенью проницаемости; 8 – низкой, 9 – средней, 10 – высокой; 11 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных трансмагматических флюидов; 12 – проекция положения литосферных линейаментов (по [10]); 13 – месторождения урана в карбонатно-натриевых метасоматитах (1800–1750 млн лет); 14 – месторождения урана в кремний-калиевых метасоматитах (2000–1950 млн лет); 15 – локальные астеносферные ловушки на границе литосфера-астеносфера; 16 – термобарогradientный фронт региональной астеносферной ловушки, сформированный вследствие импульсной дегазации ядра и мантии; 17 – астеносферные флюидопотоки

Ко второму типу рудоконтролирующих зон можно отнести зоны, сложенные нарушениями, представленными милонитовыми швами и участками сравнительно слабо проявленного катаклаза, контролируемые широкими полосами субпараллельных и ветвящихся швов бластомилонитов и бластокатаклазитов и крупными пегматитовыми и пегматоидными телами или их сериями, протягивающимися на несколько километров. Суммарная мощность серии швов до 100–150 м. Натровые метасоматиты и интенсивно диафорированные породы на отдельных участках этих зон образуют серии сближенных субпараллельных тел протяженностью сотни метров и суммарной мощностью до 100 м. Среди метасоматитов преобладают альбит-микроклиновые разности. В таких зонах известны лишь проявления минерализации и рудопроявления урана.

Таким образом, в общей схеме рудообразования на финальной стадии рудоотложения необходимы специфические условия для формирования масштабных рудоконцентраций урана, в первую очередь, возможность для проявления эксплозивного гидрогазоразрыва.

Проведенный нами анализ причин отмеченной связи промышленного эндогенного уранового оруденения

с кимберлитопроявлениями в Кировоградском урановорудном районе позволил сделать вывод, что гидротермальные месторождения урана приурочены к питающим флюидным системам зон глубинных разломов, осуществляющим привнос углекисловодных растворов, обогащенных мантийным ураном. Такие зоны часто диагностируются проявлениями ультраосновных щелочных пород (рис. 1). Углекислота является важнейшим компонентом в процессе формирования гидротермальных месторождений уран-натровой формации и в процессе генерации спектра ультраосновных щелочных магм в ряду от пикритовых до кимберлитовых и в этом заключается геохимическая связь этих разнородных процессов. Для промышленных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского и Криворожского урановорудных районов характерным является уранил-карбонатное привнесение урана, что обуславливает корреляционную связь между содержанием CO₂ и U в урановорудных альбититах УЩ, увеличение концентрации CO₂ в ряду "бедная-рядовая-богатая" урановая руда (рис. 3).

Выполнение условий для эксплозивного гидрогазоразрыва, несомненно, определялось структурными

факторами, в том числе, осложнениями структурных элементов транслитосферных разломов, неоднородной их проницаемостью. Но, наряду с этим, более важным являлся масштаб 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.

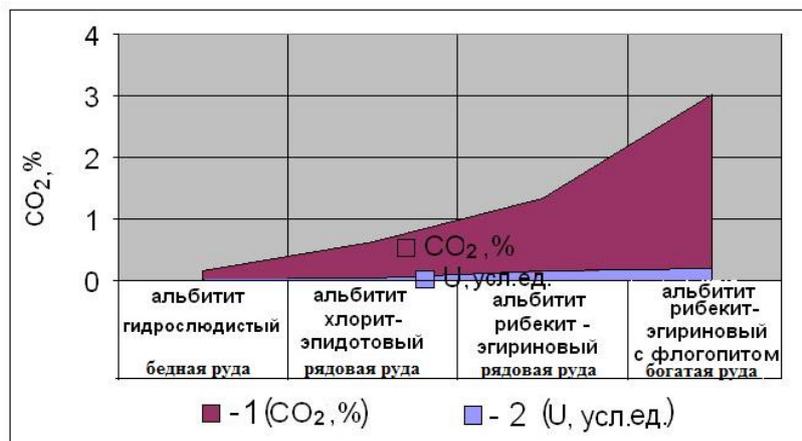


Рис. 3. Характер связи содержаний CO_2 и U в рудных альбититах (Кировоградский урановорудный район)

Результаты изотопно-геохимических исследований образцов рудных альбититов месторождений Кировоградского рудного района [3] 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.

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, по всей видимости, рассеивался с формированием безрудных альбититов.

Формирование специализированных на уран металлогенических провинций и урановорудных районов, вмещающих крупные месторождения, происходило на планете синхронно и лишь на нескольких ярко выраженных этапах. В эпоху 2000–1950 млн лет в Ингульском мегаблоке произошло формирование урановорудных концентраций в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза. Возраст метасоматитов калий-урановой формации Алексеевско-Лысогорского урановорудного района – 2,03 млрд лет по ураниниту (U-Pb метод) [4, с. 65]. Уран-свинцовый возраст уранинита Калиновского месторождения составляет 1972 ± 92 млн лет [4, с. 65]. Наиболее важным этапом уранового оруденения для УЩ был период 1800–1750 млн лет (уранинит, U-Pb метод) [4, с. 65] с формированием преимущественно крупных по запасам промышленных месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском и

Криворожском урановорудных районах. Эндогенное урановое оруденение всех других урановорудных эпох УЩ не имеет промышленного значения.

Такие масштабные рудообразующие процессы являются следствием более глобальных явлений, отражающих эволюционное развитие Земли. По всей видимости, при периодической активизации импульсной дегазации ядра и мантии в условиях сверхвысоких давлений и температур возникало формирование термобароградиентного фронта, который привел к формированию региональной астеносферной неоднородности в центральной части УЩ и формированию локальных астеносферных ловушек в виде термоэрозийных вздутий на границе подошвы литосферы и кровли астеносферы Ингульского мегаблока высокой степени зрелости, благоприятных для первичного мантийного концентрирования урана (рис. 2).

Проведенный нами анализ условий проявления, пространственно-временных и генетических соотношений эндогенных месторождений урана, их связь с особенностями глубинного строения литосферы и астеносферы и их особенностями, позволил нам составить общую схему развития эндогенного уранового рудообразования наиболее уранорудопродуктивных эпох на УЩ – 2000–1950 и 1800–1750 млн лет (рис. 4).

Выводы. Формация среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитов и связанное с ней промышленное урановое оруденение сосредоточены исключительно в центральной части УЩ – в аномальном сегменте литосферы высокой степени зрелости с мощностью до 250 км и контролируются зонами разломов транслитосферного проникновения и/или узлами их пересечения (Кировоградский и Криворожский урановорудный районы).

Формация высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитов и связанное с ней урановое оруденение проявлены в большинстве мегаблоков УЩ, кроме Среднеприднепровского и Днестровско-Бугского. Однако месторождения урана этой формации выявлены только в Ингульском мегаблоке УЩ – аномальном литосферном сегменте высокой степени зрелости (Алексеевско-Лысогорский рудный район).

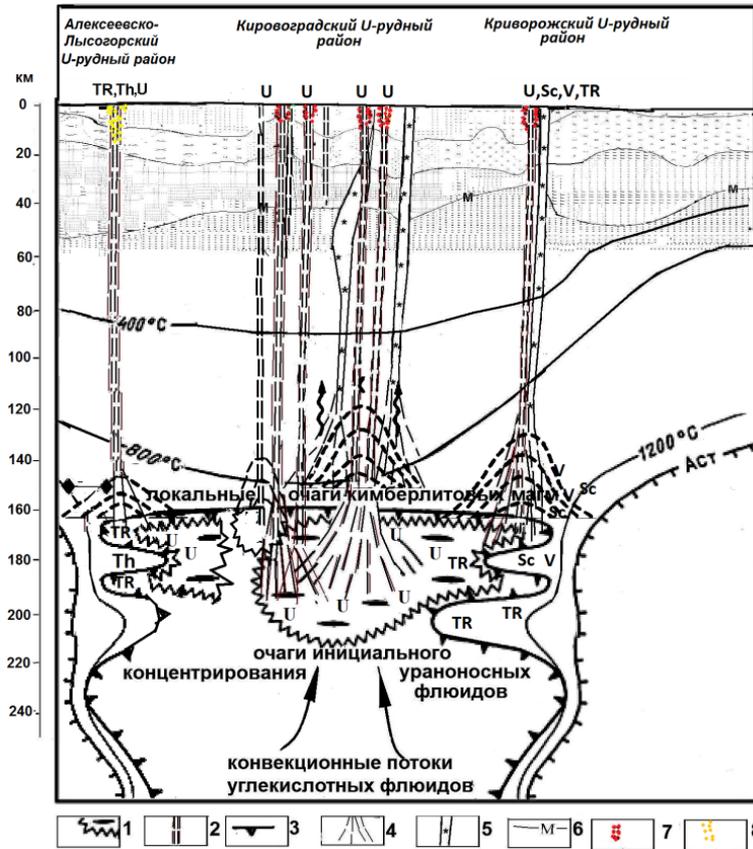


Рис. 4. Общая схема развития эндогенного уранового рудообразования наиболее уранорудопродуктивных эпох на УЩ 2000-1950 и 1800-1750 млн лет:

- 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 – среднетемпературные карбонатно-натриевые метасоматиты, 8 – высокотемпературные кремний-калиевые метасоматиты

В каждой из уранорудообразующих эпох УЩ (2000-1950 млн лет в связи с развитием высокотемпературного кремний-калиевого метасоматоза и 1800-1750 млн лет в связи со среднетемпературным карбонатно-натриевым метасоматозом) интенсивность рудообразования определялась наличием условий масштабного первичного концентрирования урана в мантии, проницаемостью разломов транслитосферного проникновения и/или узлами их пересечения в периоды тектонических активизаций, скоротечностью рудоотложения на финальной стадии рудообразования.

Это необходимо учитывать при металлогенических и прогнозных построениях и оценках перспектив выявления промышленного уранового оруденения в метасоматитах.

Список использованных источников:

1. Абрамович И. И. Металлогения / И. И. Абрамович. - 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. Джерело натрію та урану ураноносних альбітітів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблоку УЩ / Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка та ін. // Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд : Тези доп. наук. конф. (Київ, 14-16 бер. 2012 р.) / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. - Київ, 2012. - С. 78-80.
4. Калашник А. А. Новые возможности технологии прогноза и поиска промышленных уран-полиметалльных месторождений на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудных компонентов / А. А. Калашник // 36. наукових праць УкрДГРІ. - 2014. - № 3-4. - С. 114-137.
5. Калашник А. А. Новые прогнозно-оценочные критерии в технологии прогнозирования формирования промышленных эндогенных мес-

- орождений урана Украинского щита / А. А. Калашник // 36. наукових праць УкрДГРІ. - 2014. - № 2. - С. 27-54.
6. Калашник А. А. Структурная позиция месторождений калий-урановой формации Алексеевско-Лысогорского урановорудного района Украинского щита / А. А. Калашник, А. В. Кузьмин // 36. наукових праць УкрДГРІ. - 2012. - № 2. - С. 78-90.
7. 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.: Из-во ФГУП ВИМС, 2008. - С. 28-31.
8. Летников Ф. А. Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования / Ф. А. Летников // Глубинные условия эндогенного рудообразования. - М.: Наука. - 1986. - С. 16-24.
9. Радіогеохронологія процесів метасоматозу в кристалічних породах УЩ / О. М. Пономаренко, Л. М. Степанюк, С. Г. Кривдік, В. О. Синицин // Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд : Тези доп. наук. конф. (Київ, 14-16 бер. 2012 р.) / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. - Київ, 2012. - С. 64-66.
10. Соллогуб В. Б. Литосфера України / В. Б. Соллогуб. - К.: Наук. думка, 1986. - 184 с.
11. Федоришин Ю. І. Просторова модель глибинної будови літосфери Українського щита у зв'язку з перспективами промислової алмазонності / Ю. І. Федоришин, О. В. Фесенко, О. Б. Деніга // Мін. ресурси України. - 2006. - № 3. - С. 8-12.

References:

1. Abramovich, I.I. (2010). *Metallogeny*. Moscow: GEOKART-GEOS. [in Russian].
2. Belevtsev, Ja.N., Koval, V.B., Bakarzhiev, A.H. et al. (1995). Genetic types and regularities of location Uranium of deposits in Ukraine. Ja.N. Belevtsev, V.B. Koval (Ed.). Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
3. Stepanjuk, L.M., Bondarenko, S.M., Somka, V.O. et al. (2012). Source of sodium and uranium of uraniferous albitites on the example of Dokuchaievsk field of the Ingulsky megablock of the UkrSh. Proceedings of the Scientific conference "Investigation of metasomatic rocks and ores: Theoretical approaches and practice (in tribute of the 70th anniversary of Victor Monakhov) (March 14-16th, 2012, Kyiv, Ukraine) - Tezy dopovidney naukovoyi konferentsiyi "Teoretychni pytannya i praktyka doslidzhennya metasomatychnyh porid i rud", (Kyiv 14-16 bereznya 2012). (pp. 78-80). IGMR. Kyiv. [in Ukrainian].

4. Kalashnik, A.A. (2014). New possibilities of the technology of prognosis and search of uranium-polymetal industrial deposits based on the concept of initial concentration ore components in asthenosphere. *Zb. naukovykh prats UkrDGRI - Scientific proceedings of UkrSGRI*, 3-4, 114-137. [in Russian].

5. Kalashnik, A.A. (2014). New prognostic-evaluation criteria in technology prognosis of forming industrial endogenic uranium deposits of the Ukrainian Shield. *Zb. naukovykh prats UkrDGRI - Scientific proceedings of UkrSGRI*, 2, 27-54. [in Russian].

6. Kalashnik, A.A., Kuzmin, A.V. (2012). Structural position of potassium-uranium deposits of Alekseevsko-lysovogorsky uranium ore district of the Ukrainian Shield. *naukovykh prats UkrDGRI - Scientific proceedings of UkrSGRI*, 2, 78-90. [in Russian].

7. Krupennikov, V.A. (2008). Mantle alkaline fluid-magmatic petrogenesis as the main ore-forming process. *Uran - resursy, proizvodstvo: Mater. II Mezhd. Simpoziuma (Moskva 26-28 noyabrya 2008)*. (pp. 28-31). Moscow: Iz-vo FGUP VIMS. [in Russian].

8. Letnikov, F.A. (1986). Maturity of lithospheric blocks and problems of endogenous mineralization. *Glubinnye usloviya endogenogo rudoobrazovaniya*. (pp. 16-24). Moscow: Nauka. [in Russian].

9. Ponomarenko, O.M., Stepanyuk, L.M., Krivdik, S.G., Sinitsin, V.O. (2012). Radiogeochronology of metasomatic processes in crystal rocks of the UkrSh. Proceedings of the Scientific conference "Investigation of metasomatic rocks and ores: Theoretical approaches and practice (in tribute of the 70th anniversary of Victor Monakhov) (March 14-16th, 2012, Kyiv, Ukraine) - Tezy dopovidey naukovoyi konferentsiyi "Teoretychni pytannya i praktyka doslidzhennya metasomatychnyh porid i rud", (Kyiv 14-16 bereznya 2012). (pp. 64-66). IGMR. Kyiv. [in Ukrainian].

10. Sollogub, V.B. (1986). *Lithosphere of the Ukraine*. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].

11. Fedoryshyn, Ju.I., Fesenko, O.V., Denega, O.B. (2006). The spatial model of the deep structure of the lithosphere of the Ukrainian shield at the prospect of industrial diamond. *Mineralni resursy Ukrayiny*, 3, 8-12. [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 25.09.16

G. Kalashnyk, Dr. Sci. (Geol.), S.R., Prof.

E-mail: kalashnik_anna1@ukr.net

Kirovograd Flight Academy of National Aviation University

Dobrovolskogo Str., 1, Kropyvnytskyi, 25005 Ukraine

PATTERNS OF URANIUM ORE METASOMATITES LOCALISATION IN ASSOCIATION WITH FEATURES OF THE UKRAINIAN SHIELD LITHOSPHERE'S DEEP STRUCTURE

The objective of the study is to identify new patterns of formation of uranium ore metasomatic rocks due to the nature of the deep structure of lithosphere of the Ukrainian Shield.

Analysis of geophysical, geological, radiogeochemical information on the specific nature of the formation, placement of the main types of uranium ore metasomatic rocks in the Ukrainian shield in close connection with the features of the deep structure of the lithosphere, asthenosphere and fault tectonics was carried out. Pre-conditions of specialized uranium ore metasomatic rocks and formation of large uranium ore concentration within these rocks due to mantle source of ore components were identified. Features of the deep structure of the lithosphere and their physical parameters that affect the conditions of intensive ore genesis in the formation of uranium deposits in the medium-temperature sodium-carbonate metasomatic and high-temperature silicon-potassium metasomatic rocks were revealed. We have obtained optimal conditions for the formation of large-scale uranium ore concentration at all stages of the ore-forming process for the Ukrainian Shield conditions, from the primary large-scale uranium ore concentration process in the asthenosphere, the specific features of ore-controlling faults trans lithospheric and / or units of their intersection to the final stage of ore deposition in metasomatites. The intensity of the uranium ore genesis in the medium-temperature carbonate-sodium metasomatites is determined by the characteristics of the asthenospheric traps in the underlying ore region layer of the upper mantle, by the structural factors, including complications of structural elements of translithospheric faults, by their non-uniform permeability, by the kinetic energy of uprise of uranium-bearing fluid, depending on the degree of CO₂ saturatio, concentration of which has played a significant role in the implementation of hydro-gas fault mechanism in structures with non-uniform permeability in the upper crust.

The practical significance of this research is improving metallogenic predictions efficiency by expanding the range of criteria of the intensity of ore genesis geophysical and petrological and geochemical indicators of the primary large-scale concentration of uranium in the asthenosphere. It allows to determine the prospects of the territories as for the formation of large uranium ore concentration in metasomatic formations with the isolation of the most probable areas of their localization.

Keywords: uranium ore metasomatic, lithosphere, mantle ore components, Ukrainian Shield.

G. Калашник, д-р геол. наук, ст. наук. співроб., проф.,

E-mail: kalashnik_anna1@ukr.net,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету,

вул. Добровольського, 1, м. Кропивницький, 25005 Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ УРАНОВОРУДНИХ МЕТАСОМАТИТІВ У ЗВ'ЯЗКУ З ОСОБЛИВОСТЯМИ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ЛІТОСФЕРИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Метою проведеної роботи є виявлення нових закономірностей формування урановорудних метасоматитів у зв'язку з особливостями глибинної будови літосфери Українського щита (УЩ).

Виконано аналіз геофізичної, геологічної, радіогеохімічної інформації про особливості формування, розміщення основних типів урановорудних метасоматитів на УЩ в тісному зв'язку з особливостями глибинної будови літосфери, астеносфери, розломною тектонікою. Визначено передумови виникнення спеціалізованих урановорудних метасоматитів і формування в них значних за запасами рудоконцентрацій урану за рахунок мантійних джерел рудогенних компонентів. Виявлено особливості глибинної будови літосфери та її фізичні параметри, які впливали на умови інтенсивного рудогенезу при формуванні родовищ урану в середньотемпературних карбонатно-натрієвих і високотемпературних кремній-калієвих метасоматитах. Виділено оптимальні умови формування масштабних рудоконцентрацій урану на всіх стадіях рудоутворюючого процесу для умов УЩ, від процесу первинної масштабної рудоконцентрації урану в астеносфері, специфічних особливостей рудоконтролюючих розломів транслітосферного проникнення та/або вузлів їх перетину і фінальної стадії рудовідкладення в метасоматитах. Встановлено, що інтенсивність уранового рудогенезу в середньотемпературних карбонатно-натрієвих метасоматитах визначається характеристиками астеносферної пастки в підстиляючому рудний район шарі верхньої мантії, структурними чинниками, зокрема ускладненнями структурних елементів транслітосферних розломів, неоднорідною їхньою проникністю, кінетичною енергією підйому ураноносного флюїду, що залежить від ступеня його насиченості СО₂, концентрація якого відіграла значну роль у здійсненні механізму гідрогазорозриву в розломних структурах з неоднорідною проникністю у верхніх структурних горизонтах земної кори.

Практичне значення проведеного дослідження полягає у підвищенні ефективності металогенічних прогнозів за рахунок розширення спектру критеріїв інтенсивності рудогенезу із залученням геофізичних і петролого-геохімічних індикаторів можливості первинного масштабного концентрування урану в астеносфері. Це дозволяє обґрунтовано визначати перспективи території на можливість формування значних за запасами рудоконцентрацій урану в метасоматичних формаціях з виділенням площ найбільш вірогідної їх локалізації.

Ключові слова: урановорудні метасоматити, літосфера, мантійні рудні компоненти, Український щит.