

УДК 553.49.5:553.041(477.4)

Кузьмин А. В.

ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРУДЕНЕНИЯ УРАНОВОЙ ФОРМАЦИИ В ПРИРАЗЛОМНЫХ НАТРИЕВЫХ МЕТАСОМАТИТАХ ФУНДАМЕНТА УКРАИНСКОГО ЩИТА

Дана краткая обобщенная характеристика оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах. Рассмотрены существующие представления о его генезисе и сделан вывод о возможном объяснении особенностей генезиса с позиции гипотезы мантийно-флюидного происхождения. Высказано предположение о возможности выявления новых перспективных площадей в центральной части Ингульского мегаблока, сделана попытка объяснить отрицательные результаты поисковых работ на других территориях проявления мантийного диапиризма.

Введение.

В докембрийских образованиях Украинского щита (УЩ) можно выделить несколько урановорудных формаций (в порядке времени образования): 1) урановую (с торием) в конгломератах (2600-2420 млн. лет); 2) урановую жильно-прожилковую в зонах разломов (несколько этапов формирования, начиная с эпохи 2100 млн. лет); 3) торий-урановую в высокотемпературных приразломных калиевых метасоматитах (2000-1950 млн. лет); 4) урановую в приразломных натриевых метасоматитах (1800- 1750 млн. лет).

Минерально-сырьевую базу урана Украины определяет оруденение урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах. Резко подчиненное значение имеет оруденение торий-урановой формации в высокотемпературных приразломных калиевых метасоматитах, представленное небольшими месторождениями убогих по содержанию урана, но хорошо обогащаемых руд. Изучение оруденения остальных формаций пока не привело к выявлению объектов, которые могли бы заинтересовать промышленность. На уровне рудопроявлений известно слабо изученное уран-торий-редкометалльно-редкоземельное оруденение в щелочных интрузиях и, связанных с ними, высокотемпературных метасоматитах, главным образом в Восточном Приазовье. И редкоземельно-торий-урановое – во вторичных кварцитах Волчанского выступа. Промышленные перспективы их не ясны.

Требования к результатам геологоразведочных работ на различных стадиях их проведения определяются особенностями конкретной рудной формации. Использование локальных критериев и признаков обычно оказывается эффективным при крупномасштабных поисковых работах лишь в пределах площадей с проявленными региональными и районными критериями оруденения определенной формационной принадлежности. Районные и особенно региональные критерии оруденения, на которых базируются геолого-прогнозные исследования, зависят от генетических, часто спорных, представлений исследователей. По мере накопления нового фактического материала и его осмысления эти представления могут существенно изменяться, что обуславливает необходимость пересмотра подходов к выбору перспективных площадей и направлению как прогнозных, так и поисковых работ. Только всесторонний анализ пространственно-временных закономерностей размещения оруденения определенной формационной принадлежности позволяет определить комплекс критериев и признаков, достаточный для разработки его геодинамической модели на основе генетической концепции, наиболее полно учитывающей все его особенности.

Объекты исследования и их характеристика

Оруденение урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах среднепротерозойского возраста, кроме УЩ, известно в пределах Канадского (рудный район Биверлодж), Балтийского (рудный район Арьеplug-Арвидсяур) и Бразильского (рудный район Лагоа Реал) щитов. В центральной части УЩ (Ингульский мегаблок) оно образует Новоукраинско-Кировоградский рудный район площадью около 3500 кв. км, включающий несколько рудных узлов и зон с крупными Новоконстантиновским, Ватутинским, Северинским, Мичуринским, Центральным и рядом других, меньших по запасам руд, месторождений, а также отдельную Северо-Криворожскую рудную зону площадью около 300 кв. км, включающую Желтореченское и Первомайское месторождения (рисунок).

Породы кристаллического фундамента Новоукраинско-Кировоградского рудного района слагают антиклинорий, в ядре которого находится крупный сложно построенный Корсунь-Новоукраинский плутон. Южная часть его (Новоукраинский плутон) сложена трахитоидными, с участками чарнокитов, гранитоидами одноименного раннепротерозойского комплекса, а северная (Корсунь-Новомиргородский плутон) – породами анортозит-рапакивигранитной формации среднего протерозоя. Эти части плутона разделены широтной глубинной Субботско-Мошоринской зоной разлома шириной до 12 км, по которой поверхность Мохо в южной части опущена на 3-5 км относительно северной. Анализ характера физических полей (сложное кольцевое строение в пределах Корсунь-Новомиргородского плутона, которое несколько менее рельефно повторяется на территории Новоукраинского плутона), наличие небольших тел рапакивиподобных гранитов и основных пород, участков с маргинационными структурами в новоукраинских гранитах, а также более молодой возраст последних по изотопным данным [1] позволяют допустить, что на глубине в пределах значительной части Новоукраинского плутона находятся образования анортозит-рапакивигранитной формации. Новоукраинские граниты отличаются высокая железистость (до 89 %), низкие значения коэффициента окисленности железа, высокие содержания щелочей (до 10 %) при резком преобладании калия над натрием [2]. Все это может свидетельствовать о близости условий формирования обоих комплексов, особенно если учесть, что по данным [3] температура расплава новоукраинских гранитов находилась в пределах 1050°C, а рапакиви в диапазоне 1280 - 900°C. Сказанное согласуется с выводом [4], что Корсунь- Новоукраинская трансформационная акустическая аномалия глубиной до 120 км объединяет Новоукраинскую и Корсунь-Новомиргородскую интрузии первично ультраосновного состава, а вещество их можно рассматривать как поступавшее в разные стадии развития единого глубинного источника магмы. Расплавы анортозит-рапакивигранитной формации возникли в верхней мантии и нижней части коры, а граниты обеих интрузий образовались при участии восстановленных флюидов, имеющих подкоровую природу [5].

Обращает на себя внимание удлиненная в меридиональном направлении форма сложного плутона и других гранитоидных массивов и полей мигматитов, вместе образующих полосу протяженностью около 300 км при ширине до 80 км, пересекающую УЩ с севера на юг. В краевых частях ее расположены Звенигородско- Анновская и Кировоградская субмеридиональные зоны глубинных разломов мощностью до 10 км. Кроме развития гранитоидов глубинного формирования эта полоса характеризуется проявлением ультраосновного (кимберлит-лампроитового) магматизма, наличием региональных субмеридиональных зон градиентов силы тяжести, смещением поверхности Мохо по обеим, окаймляющим ее зонам разломов от 3 до 10 км и увеличением мощности «гранитного» слоя между этими структурами.

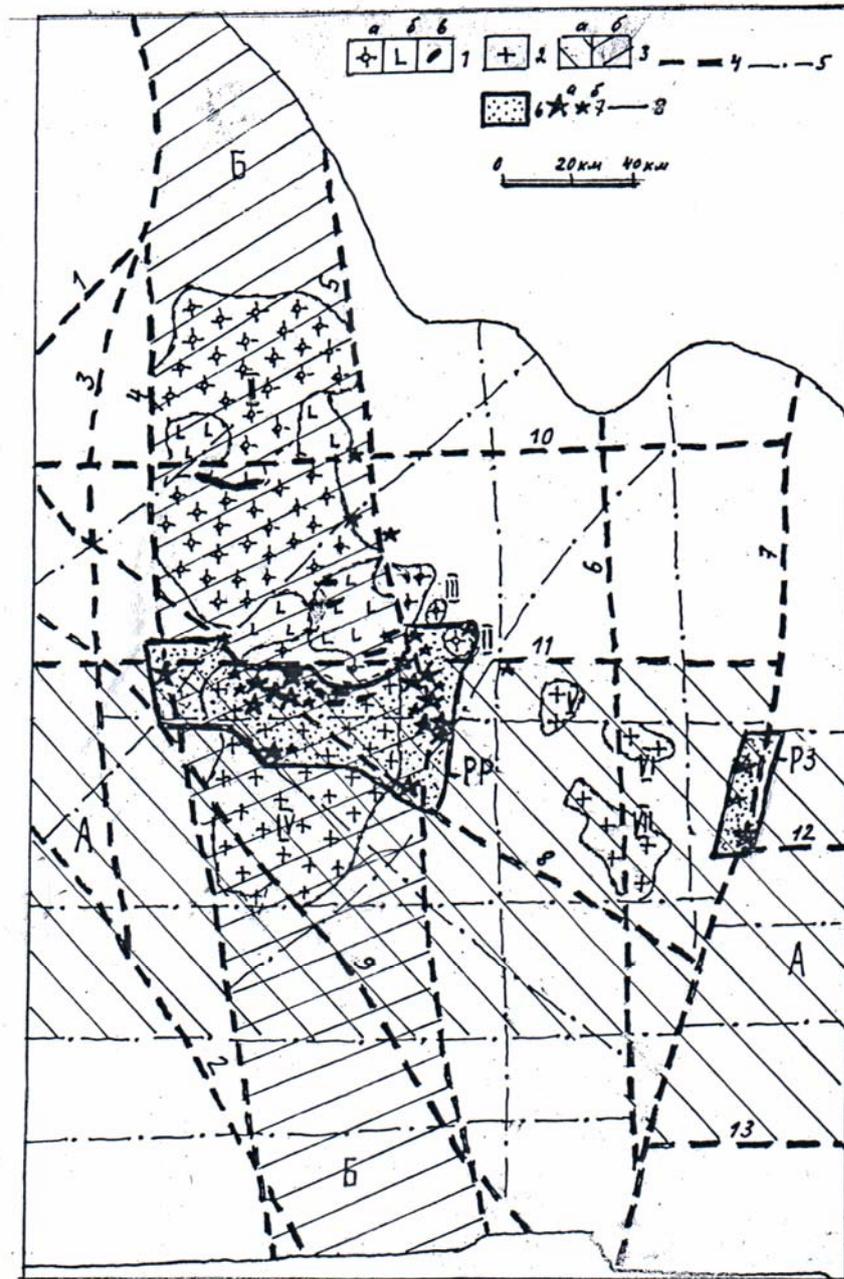


Рисунок. Схема размещения оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах относительно основных структур Ингульского мегаблока.

1. Корсунь-новомиргородский комплекс: а - граниты рапакиви; б - габбро-анортозиты; в - габбро-сиениты. I - Корсунь-Новомиргородский плутон, II - Треповская интрузия, III - Плешковская интрузия. 2. Новоукраинский комплекс. IV - Новоукраинский плутон, V - Митрофановский плутон, VI - Верблюжский плутон, VII - Боковьянский плутон. 3. Мегазоны глубинных разломов: А - Центрально-Украинская, Б - Каневско-Новоукраинская. 4. Глубинные разломы: 1 - Бугско-Мироновский, 2 - Алексеевско-Дашевский, 3 - Первомайско-Трактеевский, 4 - Звенигородско-Анновский, 5 - Кировоградский, 6 - Западно-Ингулецкий, 7 - Криворожско-Кременчугский, 8 - Центральный, 9 - Сарненско-Варваровский, 10 - Тарасовский, 11 - Субботско-Мошоринский, 12 - Девладовский, 13 - Конкский. 5. Региональные разломы преимущественного корового залегания. 6. Урановорудные площади: PP - Новоукраинско-Кировоградский рудный район, P3 - Северо-Криворожская рудная зона. 7. Урановая формация в приразломных натриевых метасоматитах: а - месторождения, б - рудопроявления. 8. Граница Украинского щита.

На запад от этой полосы развиты образования, вмещающие значительное количество вулканитов и метаморфизованные в условиях гранулитовой фации, а на восток – существенно терригенные осадки, метаморфизованные в условиях амфиболитовой фации. Приведенные данные позволили рассматривать эту полосу как одну из наиболее глубоко проникающих разрывных структур УЩ, в пределах которых эндогенные процессы интенсивно проявились в конце раннего и особенно в среднем протерозое. Она является частью глубинного разлома планетарного масштаба, которая по геофизическим данным и материалам аэро- и космических съемок прослеживается на север в пределы Балтийского щита, а на юг – в пределы Малой Азии. Отрезок ее на территории УЩ получил название Каневско-Новоукраинского глубинного разлома, имеющего восточное падение под углом около 70° [6]. Эта мегаструктура совпадает с трансрегиональным тектоническим швом Херсон-Смоленск, разделяющим УЩ на блоки, различающиеся по составу и мощности земной коры [7].

В региональном плане Новоукраинско-Кировоградский рудный район расположен на пересечении Каневско-Новоукраинского разлома со сквозной широтной слабо проявленной на поверхности фундамента, но хорошо фиксируемой на космоснимках, Дунайско-Черновицко-Девладовской [8] или Центрально- Украинской [9] мегазоной глубокого заложения шириной от 90 до 120 км, вытянутой вдоль 48 параллели и уходящей далеко за пределы Украины, которой придается рудоконцентрирующее значение. Это определило положение рудного района в эпицентре эндогенных процессов, обусловленных повышенной проницаемостью земной коры, в частности, в среднем протерозое. В его пределах как в экзоконтактах, так и во внутренней части Новоукраинского плутона субмеридиональные разломы контролируют оруденение рассматриваемой формации. Оруденение, контролируемое субмеридиональными разломами, встречено и в экзоконтактах Корсунь-Новомиргородского плутона, но в связи с более глубоким эрозионным срезом северного блока оно представлено лишь группой рудопроявлений в альбититах высокотемпературных фаций.

Северо-Криворожская рудная зона удалена на 90 км к востоку от Новоукраинско-Кировоградского рудного района и расположена в северной части субмеридиональной Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны, контролируемой одноименным глубинным разломом. Этот разлом является частью сквозной Криворожско-Крупецкой структуры, северное продолжение которой пересекает Воронежский массив [10]. Рудная зона находится в узле пересечения Криворожско-Кременчугского разлома с Центрально-Украинской мегазоной, элементом которой здесь является Девладовский глубинный разлом. В ее пределах основную роль в строении фундамента играют смятые в складки породы саксаганской свиты криворожской серии раннего протерозоя, представленные кварц-биотит-амфиболовыми сланцами, перемежающимися с железистыми кварцитами.

Структурные условия уранового рудообразования зависят от особенностей строения и истории формирования рудоконтролирующих разломов. В раннем протерозое в ходе тектоно-ультраметагенной протоактивизации в них последовательно сформировались следующие структурные элементы: зоны мигматизации, вмещающие линейные тела среднезернистых микроклиновых гранитов и дайки основного состава; пояса жильных пегматоидных гранитов; бластомилониты и бластокатаютазиты; высокотемпературные калиевые метасоматиты, обогащенные ураном, торием и редкими землями. Эти элементы с разной интенсивностью проявлены в разных зонах разломов или их частях. В целом для этого этапа формирования зон разломов характерны пластические деформации, сопровождавшиеся перекристаллизацией в условиях амфиболитовой фации. В среднем протерозое в пределах обеих рудоносных территорий произошло масштабное подновление крупных разломов в процессе автономной тектоно-магматической активизации (ТМА), обусловившей воздымание крупных блоков земной коры и дальнейшее формирование структурных элементов в условиях хрупких деформаций и значительно меньших

температур. Они представлены милонитовыми швами, зонами катаклаза и брекчирования, сопровождаемыми изменениями пород в условиях зеленосланцевой фации – эпидот-хлоритовыми диафторитами. Основным фактором, определяющим специфику строения зон рудоносных разломов, является вмещающая геологическая среда. Для зон разломов в гетерогенной среде характерна перемежаемость гнейсов, гранитов и мигматитов (Звенигородско-Анновская и Кировоградская зоны разломов) или сланцев и железистых кварцитов (Криворожско-Кременчугская зона), часто смятых в систему складок. Разломы здесь представлены группами ветвящихся субпараллельных нарушений в целом субмеридионального простирания, обычно субсогласных со складчатостью. Пликативные структуры часто влияли на направление разрывных и обусловили особенности локализации оруденения (Ватутинское, Мичуринское, Центральное и особенно Желтореченское месторождения). К рудоконтролирующим структурам в относительно гомогенной среде отнесены зоны разломов во внутренней части Новоукраинского плутона, основной из которых является зона Новоконстантиновского разлома субмеридионального простирания и восточного падения мощностью около 1,2 км. Оруденение здесь определяется узлами пересечения разломов разных направлений. Промышленное оруденение вмещают структуры, прошедшие длительное и сложное развитие. Это мощные зоны катаклаза, наследующие древние бластотектониты и имеющие протяженность десятки километров и ширину многие сотни метров. Большинство разломов имеет крутое падение, и выклинивание в них метасоматитов и наложенного на них, оруденения по восстанию обычно определяется не наличием геологических экранов, а ослаблением энергии формирующих их процессов. Таким образом, крупные, заложенные в раннем протерозое, разломы служили структурным каркасом, наследуя который, в среднем протерозое развивались тектонические и рудно-метасоматические процессы.

На месторождениях Новоукраинско-Кировоградского рудного района четко определилась вертикальная и горизонтальная зональность натриевых метасоматитов. К нижнему уровню отнесены эгирин-андрадит-диопсидовые, иногда с волластонитом, альбититы (Новоконстантиновское месторождение, ряд рудопроявлений в зоне экзоконтакта Корсунь-Новомиргородского плутона), температура образования которых оценивается в диапазоне 550 - 450°C. Среди аксессуарных минералов в них отмечены ферриураноторит, ортит, монацит, фенакит, тортвейтит [11]. По температурному режиму и минеральным новообразованиям они близки к скарнам. К этому же уровню отнесены фторапатит-малаконовые альбититы, обогащенные редкими землями, торием, иттрием и скандием. Средний уровень представлен среднетемпературными альбититами рибекитовой, рибекит-эгириновой и эгириновой фаций, сформированными при температуре 450-350°C [12]. Горизонтальная зональность здесь выражена последовательной сменой в направлении к центральным частям метасоматических тел хлорит-эпидотовой фации рибекитовой, рибекит-эгириновой и эгириновой, а вертикальная проявлена в замещении снизу вверх эгирина рибекитом. На верхнем уровне вертикальная зональность выражена сменой (снизу вверх) хлорит-рибекитовой фации на хлорит-эпидотовую, сформированную при температуре 350-300°C. В пределах Северо-Криворожской рудной зоны метасоматическая зональность выражена нечетко, что обусловлено весьма неоднородным составом вмещающей толщи, но здесь также отмечаются указанные выше минеральные ассоциации натриевых метасоматитов.

В ходе метасоматического рудообразования выделяются две стадии: уранинит-браннерит-натриевая и настурин-коффинит-гематит-флогопит-карбонатная. В начале первой стадии по катаклазированным породам, в основном хлорит-эпидотовым диафторитам, сформировались натриевые метасоматиты (альбититы в Новоукраинско-Кировоградском рудном районе по алюмо-силикатному субстрату, альбититы и преимущественно эгирин-щелочноамфиболовые метасоматиты по преобладающей в разрезе железорудной толще – в Северо-Криворожской рудной зоне) за счет псевдоморфного замещения минералов исходных пород при сохранении их структурно-текстурных особенностей. Уранинит и

браннерит наложены на катаклазированные натриевые метасоматиты. Минеральная ассоциация второй стадии отделена от первой также развитием катаклаза и обычно приурочена к центральным частям тел натриевых метасоматитов, что обусловило частичное растворение и переотложение вещества первой стадии. Вторая стадия более заметно проявлена на месторождениях в гетерогенной геологической среде. Формирование ураноносных натриевых метасоматитов сопровождалось привнесом U, V, Zr, P, TR, Th, Y, Sc, Be, F, причем ореолы этих элементов не выходят за контуры уранового оруденения. Анализ минеральных парагенезисов постальбититовой низкотемпературной стадии метасоматоза свидетельствует, что она обусловлена воздействием растворов, характеризующихся более высокой активностью калия и CO₂. С учетом относительно низкой температуры минералообразования предполагается остаточная природа постальбититовых растворов. Снижение активности натрия объясняется расходом его на образование альбита и натрийсодержащих темноцветных минералов, а рост активности CO₂ – увеличением его концентрации из-за вхождения части воды в новообразованные амфиболы и хлорит и снижением температуры [12].

Месторождения представлены несколькими рудными зонами протяженностью до 1000 м, сложенными залежами, включающими ряд рудных тел, разделенных забалансовыми рудами. Залежи приурочены к центральным частям крупных тел метасоматитов, сложенных рибекит-эгириновой, эгириновой и эгирин-андрадит-диопсидовой фациями. Рудные тела не имеют четких геологических ограничений, руды прожилково-вкрапленные, в основном, рядовые по содержанию урана. Общий вертикальный размах натриевого метасоматоза достигает 3000 м, а оруденения – 2000 м. На крупных месторождениях удлинение рудного контура по падению составляет от 2:1 до 4:1.

Генезис оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах трактуется неоднозначно. Большинство исследователей источником рудного вещества отнесенных к ней месторождений признают вмещающие метаморфические и ультраметаморфические породы, однако по вопросу об источнике рудных растворов и способу рудообразования мнения разошлись. Предложены три гипотезы происхождения этого оруденения: постмагматическая (постультрамета-морфическая), метаморфогенная и латераль-секреционная. Наиболее распространены первые две. В середине 90х годов на Украине появились работы, в которых отмечается, что при формировании урановых месторождений в натриевых метасоматитах УЩ принимали участие зарождающиеся в астеносферных выступах, на границе земной коры и мантии, мантийные рудообразующие системы, которые мигрировали в верхние структурные этажи в несколько стадий, изменяя в пространстве и времени химический состав. Миграция их осуществлялась на фоне общего воздымания вмещающего месторождения блока пород. Указывается на привнос глубинными эманациями CO₂, C, O, S, Cl, P в зону метасоматоза и рудообразования, а также участие глубинной и метеорной составляющих в воде рудообразующих растворов. Однако при этом утверждается, что уран экстрагировался из вмещающих пород, где он накопился в основном при формировании «гранитного» слоя в эпоху 2600-1950 млн. лет [13].

Анализ фактического материала по оруденению этой формации в процессе многолетних поисково-разведочных и тематических работ в пределах Ингульского мегаблока показал, что при создании указанных гипотез не полностью были использованы, а иногда и совсем не учтены, особенности строения и истории формирования территории, временные и пространственные соотношения процессов рудообразования, метаморфизма и гранитизации, детали магмообразования, положение рудоносных площадей относительно региональных структур. Это позволило высказать ряд замечаний к изложенным выше представлениям.

Постмагматическая гипотеза предполагает обусловленность оруденения деятельностью остаточных растворов, выделившихся при кристаллизации гранитоидов Новоукраинского плутона. Этому противоречит то, что гранитоиды этого плутона, относящиеся к интрузивным чарнокитоидам [14], формировались в условиях гранулитовой

фации из «сухих» расплавов в абиссальных условиях, что обусловило их слабую дифференциацию, и не могли быть источником значительных объемов растворов, необходимых для наблюдаемых масштабов развития метасоматитов. Выполненные нами петрохимические пересчеты показали, что при образовании новоукраинских гранитов привнос калия и кремния не сопровождался выносом натрия [15], т.е. зона гранитообразования в основном поглощала ювенильное вещество, не компенсируя полностью привнос выносом [16]. Содержание урана в новоукраинских гранитоидах существенно ниже кларковых значений для гранитоидов [17]. С позиций этой гипотезы трудно пояснить появление месторождений в Северо-Криворожской рудной зоне, в районе которой раннепротерозойское гранитообразование ограничилось образованием отдельных жил пегматоидных гранитов. К этому необходимо добавить, что минеральный состав ураноносных метасоматитов свидетельствует об отсутствии у формировавших их растворов эволюции, свойственной постмагматическим растворам (выпадает кислотная стадия).

Сторонники метаморфогенной гипотезы рассматривают направленную миграцию урана при прогрессивном метаморфизме как рудообразующий процесс. Однако выполненные в КП «Кировгеология» на основе свинцево-изотопных данных расчеты миграции урана в породах района, а также наблюдения над формами нахождения его и характером их распределения методом осколковой радиографии показали, что заметного перемещения урана и обеднения его подвижной формой в породах как вблизи зон рудоносных разломов, так и на значительном удалении от них не происходило. Содержание урана в метаморфитах рудного района и вблизи от него не превышает кларковых значений и крайне низкое в породах саксаганской свиты, вмещающей оруденение Северо-Криворожской рудной зоны, а образования подстилающей ее скелеватской свиты здесь обеднены ураном [17] в связи с более интенсивным метаморфозмом северного блока фундамента, приподнятого относительно южного по зоне Девладовского разлома. С позиции этой гипотезы нельзя объяснить мощное развитие рудообразующих метасоматических процессов во внутренней части Новоукраинского плутона, а также рост их температуры при приближении к Корсунь-Новомиргородскому плутону. Формирование натриевых метасоматитов и эпидот-хлоритовых диафоритов, на которые они наложены, имеет регрессивный характер. Возникновение как тех, так и других среди пород амфиболитовой фации метаморфизма могло происходить лишь при условии привноса значительного количества воды из внешнего источника. Серьезным препятствием для принятия обеих этих гипотез является то, что возникновение ураноносных метасоматитов (1800-1750 млн. лет) во времени оторвано от раннепротерозойского гранитообразования (2100-2000 млн. лет) на 200 млн. лет, а от завершения регионального метаморфизма (2200-2100 млн. лет) не менее чем на 300 млн. лет.

Латераль-секреционная гипотеза не может объяснить причины возникновения рудоносных щелочных растворов именно в среднем протерозое и определить источник громадного количества натрия в метеорных водах. Высказанное в последнее время суждение об участии в рудообразовании зарождаемых в астеносферных выступлениях мантийных рудообразующих систем представляет несомненный интерес, однако утверждение, что весь уран экстрагировался из вмещающих пород, является спорным и к нему может быть отнесен ряд замечаний, высказанных по поводу постмагматической и метаморфогенной гипотез.

Приведенные данные показывают, что ураноносные приразломные натриевые метасоматиты являют собой особый тип геологических образований, формирование которых трудно объяснить с позиций указанных гипотез и делают неминуемым обращение к представлениям о внекоровом источнике не только растворов, но и рудного вещества.

Особенности этих образований сводятся к следующему. Они приурочены к долгоживущим глубинным разломам подкорового заложения, протяженность которых намного превышает мощность земной коры, и по времени образования совпадают со среднепротерозойской автономной ТМА. Обращает на себя внимание «сквозьструктурный» характер их развития, выраженный в отсутствии зависимости от степени

метаморфізма, состава и геохимической специализации вмещающих пород, а также содержания в них урана. Этим образованиям свойственна выдержанность металлогенической специализации на больших территориях. Характерна тесная временная сопряженность ураноносного натриевого метасоматоза с магматическими образованиями мантийной природы корсунь-новомиргородского комплекса, также имеющими «сквозьструктурный» характер развития, при отсутствии их тесной пространственной связи, но с однотипной геохимической специализацией. Имеет место значительный отрыв во времени рудообразования от процессов метаморфизма и гранитизации. Растворы, обусловившие натриевый метасоматоз, имели восстановленный характер (наличие водорода и углеводородных соединений в газовой-жидких включениях метасоматитов с высоким отношением серы сульфидной к сульфатной). Изотопный состав серы, углерода и кислорода безрудных метасоматитов характерен для мантийных образований, а для рудных и пострудных имеет значения, свойственные полигенным образованиям с участием глубинных и метеорных вод [12, 18].

Удовлетворительно объяснить указанные и другие особенности оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах можно с позиций мантийно-флюидной гипотезы, в основу которой положены представления Д.С. Коржинского о потоках трансмагматических растворов, которые, вступая в регрессивную стадию, по своим физико-химическим параметрам мало отличаются от обычных постмагматических растворов [19]. Л.Н. Овчинников, анализируя эту гипотезу, пришел к выводу о неминемости рудообразования в связи с этими растворами [20]. С этими представлениями согласуются гипотеза мантийных струй или плюмов У. Моргана и Т. Уилсона [21, 22], разработка теории мантийного диапиризма [7], а также принципы «нелинейной» металлогении, в соответствии с которыми А.Д. Щегловым выделен класс мантийных месторождений [23]. Источник рудного вещества этих месторождений находится в подкоровых зонах и связан с существованием рудных неоднородностей в мантии, обогащенных рассеянными элементами, в том числе редкими землями, ураном и торием, а экстракция рудного вещества из мантии осуществляется флюидными потоками. Изучение включений в кимберлитах показало, что уровень концентрации лито- и халькофильных элементов в ультраосновных породах мантии может быть на 1-1,5 порядка выше, чем принято считать [24].

Повышенными, вплоть до промышленных, концентрациями литофильных элементов, в том числе урана и тория, характеризуются щелочные породы и карбонатиты, имеющие подкоровое происхождение. В целом, по современным представлениям, первично восстановленные, идущие из глубин Земли, флюиды, несущие водород, углеводороды, закись углерода, сероводород, щелочные и другие металлы, по мере проникновения в верхнюю мантию и земную кору окисляются с выделением воды и углекислоты. Расплавы кислых магм имеют вторичную природу и возникают при взаимодействии мантийных расплавов с силикатической корой в обстановке окисления флюидов на фронте мантийных диапиров. В целом окисление глубинных флюидов, как экзотермический процесс, определяет зарождение и становление высокотемпературных кислых магм, образование сложных ювенильно-вадозных систем в верхней части земной коры и последующее рудоотложение в обстановке их разгрузки [25].

В свете мантийно-флюидной гипотезы особенности развития центральной части УЩ в раннем- среднем протерозое можно представить следующим образом. Ингульский мегаблок является одной из четырех областей проявления глубинного магматического диапиризма в эпоху 2100 - 2000 млн. лет на территории УЩ, что связано с особо высокой тепловой активностью астеносферы в их пределах [4]. Корневая часть Кировоградского воронкообразного мантийного диапира шириной до 60 км контролируется мегазоной Каневско-Новоукраинского разлома в узле пересечения ее с Центрально-Украинской мегазоной. Верхняя его часть шириной до 200 км на востоке ограничена Криворожско-Кременчугской, а на западе Бугско- Мироновской субмеридиональными зонами глубинных разломов. Вследствие его внедрения мощность земной коры в пределах Ингульского

мегаблока сократилась до 35-38 км, т.е. на 15-18 км по сравнению с соседними территориями [5, 7]. Термальное и механическое воздействие диапира, а главным образом экзотермические реакции окисления связанных с ним восходящих первично восстановленных флюидов, определили развитие метаморфизма, ультраметаморфизма и палингенно-метасоматической гранитизации, обусловили «всплывание» блока более гранитизированных пород в виде протоплатформенного массива, подновление ранее образованных и формирование новых разрывных структур. Комплекс всех этих процессов рассматривается как раннепротерозойская тектоно-метагенная протоактивизация. В эпицентре диапира на его фронте возник вторичный расплав кислой магмы, сформировавший Новоукраинский плутон интрузивных чарнокитоидов. В процессе палингенно-метасоматической гранитизации в земную кору привносились лантаноиды и актиноиды, что зафиксировано в ней развитием соответствующей акцессорной минерализации, а на завершающей стадии – формированием контролируемых зонами глубинных разломов редкоземельно-торий-урановых высокотемпературных калиевых метасоматитов, наложенных на пегматоидные граниты.

После значительного перерыва (200 млн. лет), во время которого в глубинном очаге могло накопиться значительное количество флюидов, обусловивших рост теплового потока, на рубеже 1800 млн. лет в процессе автономной ТМА произошло более локальное внедрение второй фазы мантийного диапира. Вследствие этого блок пород фундамента в центральной части Ингульского мегаблока был приподнят и выведен на новый термодинамический уровень формирования хрупких тектонитов в условиях зеленосланцевой фации. Породная ассоциация анортозит-рапакивигранитной формации, возникшая на фронте диапира второй фазы, рассматривается как верхняя часть глубинной магматической колонны, которая книзу сменяется образованиями габбро-сиенитовой формации [26], достаточно четко проявленной на уровне современного эрозионного среза в виде малых интрузивных тел в южной части Корсунь-Новомиргородского и северной части Новоукраинского плутонов. Она характеризуется Zr, TR, Nb, Th, U, Y, P, F геохимической специализацией [27], а граниты рапакиви имеют TR, U, Th, Zr, Zn, Ga, F специализацию [28]. Важным результатом среднепротерозойской автономной ТМА явился щелочной натриевый петрогенезис в магматической и метасоматической формах, обусловивший появление ассоциации некогерентных элементов с преобладанием литофильной группы: U, Th, TR, Zr, Nb, Ta, Be, Y, P, F, V, Sc. Общими для габбро-сиенитов и метасоматитов являются U, Th, TR, Zr, Y, P, F, которые характерны для урановорудного процесса. Сиениты отличаются присутствием Nb, Ta, а в метасоматитах появились Be, V, Sc. Отмеченный выше рост температуры образования метасоматитов по мере приближения к Корсунь-Новомиргородскому плутону и повышение в них концентраций Th, TR, P, Y, Sc (по данным [29] содержание Sc в анортозитах может иметь практическое значение) подчеркивает их родство. В начале внедрения диапира на его фронте произошло широкое проникновение мантийных флюидов по глубинным разломам, по своему характеру близким к типу трещинных зон, в которых движение расплавов, особенно кислых, затруднено. Поэтому интрузивный магматизм имел очаговый характер, проявился лишь на наиболее проницаемых участках и во времени в целом отставал от развития метасоматических процессов [20]. Вместе с тем, факт развития ураноносных альбититов по рапакивиподобным гранитам (Андреевское рудопроявление в юго-западном эндоконтакте Корсунь-Новомиргородского плутона) свидетельствует о притоке глубинных флюидов и после формирования интрузий. Такой ход активизации поясняет отсутствие тесной пространственной связи ураноносных метасоматитов с проявлениями мантийного магматизма той же эпохи и той же геохимической специализации, а также амагматичность самого процесса рудообразования, при общем «сквозьструктурном» их характере. Таким образом, связь глубинного щелочного магматизма с рудоносным натриевым метасоматозом здесь парагенетическая, обусловленная потоками мантийных флюидов.

Структурные элементы на месторождениях урановой формации в пределах Ингульского мегаблока (объемные катаклазиты), определяющие развитие натриевых метасоматитов и оруденения в них, имеют нетектоническую природу. Их формирование обусловило близкую к изометричной в плане и часто лейко- или каплевидную в разрезе форму тел метасоматитов, резкое выклинивание их по падению и восстанию, что трудно объяснить с тектонических (структурных) позиций. Внутри их отсутствуют тектонические нарушения, с которыми можно было бы связывать развитие катаклаза. Характерна хаотичность размещения постальбититовых катаклазитов внутри метасоматических тел и причудливая их форма, а также почти полное отсутствие признаков перемещения обломков минералов в зонах катаклаза. Эти образования рассматриваются как результат ряда импульсов эксплозивного гидро- газоразрыва горных пород, вызванного глубинными флюидами в условиях относительно закрытого характера подводящих их разломов, высокого внутреннего и ослабленного на определенном гипсометрическом уровне внешнего давления [2]. Таким «критическим» уровнем по данным [3] является глубина около 4 км от поверхности в момент образования. Наиболее мощным был первый импульс, с которым связано образование натриевых метасоматитов. Криповзрывной механизм формирования объемных катаклазитов является типоморфным признаком месторождений этой формации. Щелочные натриевые флюиды не только переносили рудное вещество, но и являлись структурообразующим фактором, оказывавшим влияние на размещение и морфологию рудных тел.

При высоких температурах уран в четырехвалентной форме переносился в виде хлоридных, фторидных и фосфатных комплексов. Причиной рудообразования явилась декомпрессия в результате гидро-газоразрыва натриевых метасоматитов, что вызвало дегазацию рудоносных растворов, падение их температуры и дальнейшее послабление восстановительных свойств. Это обусловило вытеснение в них галогенной и фосфатной форм урана уранил-карбонатной с переходом его в шестивалентную форму [3]. Дальнейшая дегазация и снижение температуры, а также смешение растворов с метеорными водами вследствие падения давления привели к нарушению в них физико-химического равновесия, разрушению уранил-иона и рудообразованию в температурном диапазоне 280-120°C [12]. Незначительным дополнительным источником урана в растворах могли быть переработанные натриевым метасоматозом в зонах разломов ураноносные калиевые метасоматиты, а также пегматоидные граниты и эпидот-хлоритовые диафториты, характеризующиеся повышенным содержанием миграционно-способного урана.

Заклучение

Основные критерии оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах заключаются в следующем. К региональным критериям относятся: а) положение урановорудных площадей в узлах пересечения разрывных мегаструктур, в пределах которых, или вблизи от них, проявлен глубинный, в том числе щелочной или субщелочной, магматизм, обусловленный развитием мантийного диапиризма в раннем и особенно среднем протерозое; б) значительный временной отрыв рудообразования от регионального метаморфизма, ультраметаморфизма и гранитизации. Районными критериями являются: а) контроль рудообразующих процессов субмеридиональными зонами глубинных разломов в пределах широтной рудоконцентрирующей мегаструктуры глубокого заложения; б) «сквозьструктурный» характер развития рудоносных натриевых метасоматитов; в) присутствие в натриевых метасоматитах глубинного вещества по данным определения изотопного состава S, C и O, а также обогащенности пирита Co и Ni. Локальные критерии, кроме обычного контроля рудных залежей структурными осложнениями (изгибы и ветвления рудовмещающих разрывных нарушений, развитие оперяющих трещин, пересечение нарушений различных направлений), выражены зонами развития объемного катаклаза, обусловленного гидро-газоразрывом пород. Указанные критерии оруденения

наиболее полно могут быть объяснены с позиции мантийно-флюидной гипотезы его происхождения и лечь в основу построения его геодинамической модели.

Рассмотрение с позиций этой гипотезы особенностей геологического строения некоторых частей УЩ показало следующее. В пределах Ингульского мегаблока обращает на себя внимание развитие в пределах Центрально-Украинской мегазоны между Новоукраинско-Кировоградским рудным районом и Северо-Криворожской рудной зоной ряда интрузий гранитоидов глубинного формирования как корсунь-новомиргородского (Треповская, Плешковская), так и новоукраинского (Митрофановская, Верблюжская, Боковьянская и ряд более мелких интрузивных тел) комплексов. В этой полосе известен ряд проявлений натриевого метасоматоза (карьер в с. Покровское, восточный экзоконтакт Верблюжской интрузии, ряд скважин различных организаций). Все это может указывать на то, что мантийный диапиризм первой фазы внедрения наиболее интенсивно был проявлен в пределах Центрально-Украинской мегазоны, а со второй фазой внедрения в ее пределах, в основном, связано проникновение флюидных потоков вплоть до зоны Криворожско-Кременчугского разлома, где обусловило оруденение Северо-Криворожской зоны и формирование взрывной структуры Первомайского месторождения. Каневско-Новоукраинская структура имеет восточное падение под углом около 70° , а Криворожско-Кременчугская – более пологое западное и их пересечение возможно на глубине 120-140 км. Учитывая описанные выше соотношения рудоносных натриевых метасоматитов с развитием глубинного магматизма, в пределах Центрально-Украинской мегазоны урановое оруденение могут вмещать крупные субмеридиональные Ингулецкий, Западно-Ингулецкий, Ингуло-Каменский разломы глубокого заложения.

В пределах Новоукраинско-Кировоградского рудного района выведенное на уровень эрозионного среза урановое оруденение сочетается с достаточно заметным развитием образований габбро-сиенитовой формации среди пород как корсунь-новомиргородского, так и новоукраинского комплексов. Если учесть, что граниты рапакиви на глубине сменяются основными породами щелочного состава (габбро-сиенитами), а урановое рудообразование происходило на определенной глубине от поверхности, можно предположить, что его глубинный уровень соответствует определенному интервалу глубинной магматической колонны. Сравнение Ингульского мегаблока с другими районами проявления одновозрастного мантийного диапиризма показало следующее. Глубинная магматическая колонна Коростенского плутона в пределах Волынского мегаблока эродирована слабее по отношению к Корсунь-Новомиргородскому плутону. Она представлена вулканоплутонической ассоциацией (анортозит-рапакивигранитной формацией и одновозрастными, генетически связанными с ней образованиями овручской серии [28, 30]), глубинная фация рапакиви проявлена слабо [28], развиты камерные пегматиты. Что касается магматической колонны раннего протерозоя, то образования букинского комплекса (аналога новоукраинского [26]), проявлены локально. В пределах Приазовского мегаблока – наоборот, Восточно-Приазовский плутон эродирован значительно глубже Корсунь-Новомиргородского. Здесь среди пород гранулитовой фации раннего архея на фоне широкого развития образований хлебодаровского комплекса (аналога новоукраинского) щелочно-основной магматизм проявлен в виде крупных интрузий, а рапакивиподобные граниты встречены лишь на небольшом участке.

Если принять, что особо интенсивный разогрев определенных участков мантии и, связанное с этим, развитие диапиризма обусловлены их специализацией на радиоактивные элементы, то выясняется, что именно уровень эрозионного среза определяет безрезультативность многолетних интенсивных, поисков оруденения в приразломных натриевых метасоматитах. На территории Волынского мегаблока уровень рудообразования еще не выведен на эрозионный срез. А в пределах Приазовского, Ингульского мегаблоков структурные элементы (объемные катаклазиты) на месторождениях урановой формации уже разрушены эрозией.

1. *Магидович В.Н., Магидович Т.С.* О генезисе гранитоидов Новоукраинского массива // Известия АН СССР, серия геологическая, №8. 1966. - С.57-69.
2. *Тарасов Н.Н.* Геотектоническая позиция и структура Новоукраинского урановорудного поля (Украинский щит) // Геология рудных месторождений. №4. 2004. - С.275-291.
3. *Коваль В.Б., Гостяева Н.В., Назаренко Е.Е.* Термобарогеохимические исследования условий формирования месторождений урана. // Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Киев. Наукова думка, 1995. - С.216-237.
4. *Орловецкий Ю.П.* Мантийный диапиризм. Киев. Наукова думка, 1990. - 172с.
5. *Казанский В.И.* Мантийно-коровые рудообразующие системы Украинского и Балтийского щитов: Кировоградский и Печенский рудные районы // Геология рудных месторождений, №6, 1997. - С.502-519.
6. *Крупеников В.А.* Каневско-Новоукраинский глубинный разлом - крупнейшая, длительно развивающаяся рудоконцентрирующая структура фундамента Украинского щита // Сквозные рудоконцентрирующие структуры. Москва. Наука. 1989. - С.97-103.
7. *Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Кутас Р.И.* Глубинное строение Украинского щита // Геофизический журнал, №6, 2002. - С.36-49.
8. *Быстревская С.С.* Сквозные рудоконцентрирующие структуры юго-западной части Восточно-Европейской платформы и Карпатской складчатой области // Сквозные рудоконцентрирующие структуры. Москва. Наука. 1989. - С.92-96.
9. *Галецкий Л.С.* Планетарная геодинамическая система сквозных рудоконцентрирующих мегазон активизации - геотранс // Эволюция докембрийских гранитоидов и связанных с ними полезных ископаемых в связи с энергетикой Земли и этапами ее тектоно-магматической активизации. Київ, Укр.ДГРІ, 2008. - С.47-51.
10. *Галецкий Л.С., Шевченко Т.П., Чернієнко Н.М.* Нові уявлення про геологічну структуру та металогенію території України // Геологічний журнал, №3, 2008. - С.74-83.
11. *Синицын В.А.* Вещественный состав и условия образования гранат-диопсидовых ураноносных альбититов // Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Киев. Наукова думка. 1995. - С.259-271.
12. *Коваль В.Б., Синицын В.А.* Термодинамический анализ минеральных реакций и условия образования ураноносных альбититов // Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Киев. Наукова думка. 1995. - С.248-259.
13. *Коваль В.Б.* Генетические особенности формирования месторождений урана. Общие положения // Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Киев. Наукова думка. 1995. - С.202-208.
14. *Кривдик С.Г., Томурко Л.Л., Дубина В.О., Шнюкова К.С.* Гетерогенність чарнокітоїдів Українського щита // Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнепротерозойских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы. Тезисы докладов. Киев, Украина. УкрГГРИ, 2010. - С. 108-111.
15. *Кузьмин А.В., Анисимов В.А., Михницкая Т.П., Рябенко В.А.* Урановое рудообразование в истории формирования Украинского щита // Геологический журнал, №1, 2005. - С.68-79.
16. *Щербаков И.Б.* Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита. Киев. Наукова думка, 1975. - 279с.
17. *Белевцев Я.Н., Егоров Ю.П., Титов В.К. и др.* Средние содержания урана и тория в главнейших типах горных пород Украинского щита // Геологический журнал, №4, 1975. - С.96-116.
18. *Фомин Ю.А.* Генетические особенности натрий-урановых месторождений по изотопно- геохимическим данным // Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Киев. Наукова думка. 1995. - С.237-248.
19. *Коржинский Д.С.* Трансмагматические потоки растворов подкорового происхождения и их роль в магматизме и метаморфизме. Международный геологический конгресс, XXIII сессия, 1968. - С.238-251.
20. *Овчинников Л.Н.* Интрагеллурические растворы, магматизм, и рудообразование // Проблемы магматической геологии. Москва. Наука, 1973. - С.318-329.
21. *Шеремет Е.М.* Происхождение гранитоидов областей тектоно-магматической активизации запада Восточно-Европейской платформы // Известия АН СССР, серия геологическая, №5, 1990. -С.22-34.
22. *Добрецов Н.Л.* Геологические следствия термохимической модели плюмов // Геология и геофизика, №7, 2008. - С.587-604.
23. *Щеглов А.Д.* Основные проблемы современной металлогении. Вопросы теории и практики. Ленинград. Наука, 1987.-231с.
24. *Барсуков В.Л., Дмитриев Л.В.* О роли мантийных источников рудного вещества в формировании и размещении некоторых месторождений полезных ископаемых // Геология рудных месторождений, №4, 1975. - С. 17-29.
25. *Иванкин П.Ф., Назарова Н.И.* Глубинная флюидизация земной коры и ее роль в петрогенезисе, соле- и нефтеобразовании. Москва. 2001. - 208с.
26. *Кривдик С.Г., Орса В.И., Брянский В.П.* Фаялит-геденбергитовые сиениты юго-восточной части Корсунь-Новомиргородского плутона // Геологический журнал, №6, 1988. - С.43-53.

27. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита. Вебер. Донецк. 2007. - 220с.
28. *Митрохін О.В.* Анортозит-рапаківігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад, умови формування). Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук. Київ. Препринт НУ, 2011. - 38с.
29. *Мицкевич Б.Ф., Беспалько М.А., Егоров О.С.* и др. Редкие элементы Украинского щита. Киев. Наукова думка. 1986.-256с.
30. *Щербаков И.Б.* Петрология Украинского щита. Львов. ЗУКЦ, 2005. - 304с.

Кузьмін А.В. ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗРУДЕНІННЯ УРАНОВОЇ ФОРМАЦІЇ В ПРИРОЗЛОМНИХ НАТРІЄВИХ МЕТАСОМАТИТАХ ФУНДАМЕНТУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА.

Наведено коротку узагальнену характеристику зруденіння уранової формації в прирозломних натрієвих метасоматитах. Розглянуто існуючі уявлення про його генезис і зроблено висновок щодо можливості пояснення особливостей генезису з позиції гіпотези мантійно-флюїдного походження. Зроблено припущення щодо можливості виявлення нових перспективних площ в центральній частині Інгульського мегаблоку. Висловлена спроба пояснити негативні результати пошукових робіт на інших територіях проявлення мантійного діапїризму.

Kuzvmin A.V. GENETIC FEATURES OF MINERALIZATION OF URANIUM FORMATION IN SELVAGE SODIUM METASOMATITES OF UKRAINIAN SHIELD'S FOUNDATION

The author presents general description of mineralization of uranium formation in selvage sodium metasomatites. The available conception of its genesis has been discussed and a conclusion about possible explanation of the specific features of the genesis in terms of the hypothesis of pallial-fluid origin was drawn. Discovery of new perspective sites in the central area of Ingulets megablock is considered possible. The author made an attempt to explain the negative results of prospecting work at other sites of pallial diapirism manifestations.