

УДК 553.495:550.83

А. А. КАЛАШНИК, д-р геол. наук, професор КЛАНУ

ГЛУБИННЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛИТИЯ В РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ПЕГМАТИТАХ ШПОЛЯНО-ТАШЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА УКРАИНСКОГО ЩИТА

СТАТЬЯ 1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ПАРАГЕНЕЗИСА РУД В РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ПЕГМАТИТАХ ШПОЛЯНО-ТАШЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАСОМАТИТОВ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Представлены общие и отличительные особенности в распределении, поведении и физико-химических свойствах основных типоморфных элементов редкометалльных метасоматитов Шполяно-Ташлыкского рудного района, урановорудных карбонатно-натриевых метасоматитов Ватутинского рудного поля и фосфорно-редкоземельно-уран-ториевых метасоматитов и геологические предпосылки их близинхронного пространственно сопряженного формирования в западном крыле Корсунь-Новомиргородского плутона Ингульского мегаблока УЩ.

Ключевые слова: редкометалльные пегматиты, крупные промышленные месторождения лития, Шполяно-Ташлыкский рудный район, карбонатно-натриевые метасоматиты.

G. A. Kalashnyk, Doctor of Geological Sciences (Sc. D. (G.)), Professor of Kirovograd Flight Academy of National Aviation University (KFA NAU)

DEEP FACTORS OF FORMATION OF MAJOR LITHIUM INDUSTRIAL DEPOSITS IN RARE-METAL PEGMATITES OF SHPOLYANO-TASHLYKSKY ORE DISTRICT OF THE UKRAINIAN SHIELD Article 1. Basic physical and chemical properties of elements in the ore paragenesis of rare-metal pegmatites of the Shpolyano-Tashlytsky ore district and geochemical characteristics of metasomatites

General and distinctive features in the distribution, behavior, physical and chemical properties of basic typomorphic elements of rare metal metasomatites of Shpolyano-Tashlytsky ore district, uranium-carbonate-sodium metasomatites of Vatutinskoe ore field and phosphorus-rare-earth-thorium-uranium metasomatites presented in the article. Geological preconditions of their spatial proximity and simultaneous formation in the west wing of border of the Korsun-Novomirgorodsky pluton of Ingulsky megablock of the UkrSh analyzed. Analysis of geochemical specialization of different types of rare metal metasomatic rocks and their enclosing rocks was proposed in the article. Results of this analysis led to the conclusion that the most stable paragenesis of industrial ore concentrations (U for carbonate-sodium metasomatites, Ta-Li for rare metal metasomatites) has superimposed character geochemical specialization in relation to the geochemical specialization of enclosing rock's complexes. This is evidence about dominant external (depth) source of indicator elements of different industrial ores. Comparative analysis of the geochemical features of elements from ores of industrial uranium deposit in Vatutinskoe ore field, of major deposits of lithium and Li-Ta ores of Polohovskogo and Stankovatskogo ore fields with associated Be, Nb, Rb, Cs, Sn components in ores 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 complex 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.

Keywords: rare-metal pegmatites, major industrial deposits of lithium, Shpolyano-Tashlytsky ore district, sodium carbonate metasomatic rocks.

Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями

Наличие в Кировоградском урановорудном районе развитой горнодобывающей промышленности с высоким производственно-техническим потенциалом горнорудных предприятий, комплексный характер урановорудного сырья, открытие в непосредственной близости к урановорудным полям и разрабатываемым месторождениям урана редкометалльных и редкоземельных месторождений делают этот регион приоритетным для проведения различных видов геологоразведочных работ с целью расширения сырьевой базы редких и рассеянных элементов за счет дополнительного из-

влечения сопутствующих полезных компонентов из руд или переориентации на другие виды сырья за счет расширения источников сырья. Наличие созданной минерально-сырьевой базы Украины по отдельным видам полезных ископаемых показывает, что баланс запасов по ряду элементов по масштабам оруденения, качеству сырья перегружен месторождениями, разработка которых и извлечение основных компонентов из руд при сложившейся на данный момент конъюнктуре на мировом рынке являются низкорентабельными, либо разработка ряда месторождений лимитирована потребностями отечественной промышленности в ведущем в руде компоненте. Комплексный характер руд многих месторождений редких элементов, различная технологичность руд обуславливают широкие вариации минимально-про-

мышленных содержаний сопутствующих компонентов в рудах с рентабельной добычей. Учитывая развивающуюся тенденцию привлечения иностранных компаний к разработке месторождений Украины, необходимы системный подход к оценочным работам и разработка критериев многофакторной оценки масштабов и качества оруденения, анализ состояния сырьевой базы ряда редких и рассеянных элементов для решения вопроса расширения и качественного улучшения источников сырья за счет комплексного освоения месторождений с приемлемой экономической отдачей. Это позволит решать и задачи рационального использования природных ресурсов редких и рассеянных элементов Украины, комплексной и безотходной переработки соответствующего сырья с целью его интенсивного использования, чему в сложившейся на сегодняшний день ситуации не уделяется должного внимания. Наличие созданных минерально-сырьевых баз по отдельным видам полезных ископаемых не является предельным, и крупные месторождения с высоким качеством руд могут существенно расширить сырьевую базу Украины по ряду элементов. Поэтому особое место должны занимать проблемы выявления глубинных факторов, новых прогнозно-оценочных и поисковых критериев крупных рудных месторождений различной металлогенической специализации на территории Украины.

Обзор публикаций и нерешенные части общей проблемы

Исходя из мантийно-флюидной модели рудообразования [1, 9], этот процесс контролируется законами поведения химических элементов, возможностями концентрированной формы их существования, определяющей вначале формирование геохимических неоднородностей в пределах верхней мантии, а затем образование крупных месторождений и рудных районов в верхней части земной коры. Нами разработан ряд принципиально новых картируемых критериев, позволяющих эффективно прогнозировать промышленное урановое оруденение [5], промышленное уран-полиметалльное оруденение [4]. Рудные компоненты распределяются в астеносфере зонально, накапливаясь на разном расстоянии от областей экстремального давления и температуры [9]. Это один из важнейших факторов, приводящих к формированию геохимических неоднородностей первоначально в мантии и при благоприятных условиях в последующем в коре. Все это в совокупности позволяет проводить дальнейшее развитие нового направления прогнозирования и поиска рудных промышленных месторождений на основе использования концепции первичной масштабной сепарации рудных компонентов в астеносфере при определенных РТ-условиях, выявления глубинных факторов формирования промышленных рудных месторождений различной металлогенической специализации на верхних структурных горизонтах земной коры из мантийных рудогенных компонентов.

Полоховское, Станковатское рудные поля Шполяно-Ташлыкского редкометалльного района Ингульского мегаблока УЩ включают ряд месторождений, которые характеризуются высоким уровнем концентрации лития в связи с петалит-сподуменовыми пегматитами. Литий является одним из дефицитных редких металлов с широкой сферой использования, очень востребован в мире в связи с бурным развитием в области производства литий-ионных аккумуляторов, использованием в ядерной энергетике, химической промышленности, производстве алюминия и алюминий-литиевых сплавов и других сферах.

Полоховское рудное поле расположено в юго-западном экзоконтакте Корсунь-Новомиргородского плутона, сопряжено с Ватутинским урановорудным полем Кировоградского рудного района и рядом фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносных рудопоявлений (рис. 1). Включает Полоховское месторождение лития и Мостовое рудопоявление тантала. Полоховское месторождение лития – крупное по запасам, компактное месторождение, которое подготовлено к проведению детальной разведки. Позитивным моментом является близость к Полоховскому месторождению разрабатываемого Смолинской шахтой Ватутинского месторождения урана, инфраструктуру и производственные мощности которого можно использовать после окончательной отработки месторождения и закрытия рудника в недалеком будущем. В перспективе в эксплуатацию могут быть вовлечены расположенные в 45 км от Смолинской шахты месторождения лития Станковатское и Надия.

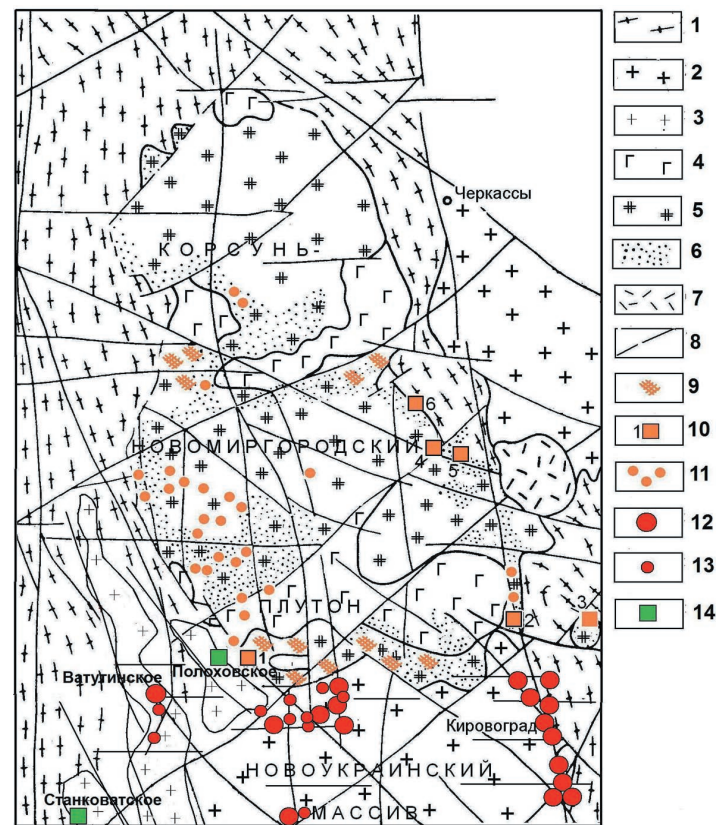


Рис. 1. Схема размещения редкометалльных месторождений Шполяно-Ташлыкского рудного района, урановорудных объектов Кировоградского рудного района и обрамления Корсунь-Новомиргородского плутона:

1 – метаморфические породы ингуло-ингулецкой серии палеопротерозоя; 2 – гранитоиды Новоукраинского массива (PR₁); 3 – граниты и мигматиты кировоградского комплекса (PR₁); породы формации габбро-анортозитов гранитов-рапакиви (PR₂); 4 – габбро, габбро-нориты, анортозиты, монцититы, 5 – биотит-амфиболовые граниты-рапакиви, 6 – ареалы развития лейкократовых мелкозернистых биотитовых гранитов, граносиенитов, гранит-порфиров, аплитов, пегматитов, 7 – вулканогенно-осадочные породы Болтышской впадины (MZ); 8 – разрывные нарушения; 9 – участки развития альбит-микроклиновых метасоматитов среди комплекса рапакиви; 10 – фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносные рудопоявления (1 – Андреевское, 2 – Пушкинское, 3 – Кохановское, 4 – Вербовское, 5 – Тимошевское, 6 – Яровское); 11 – радиометрические аномалии; урановорудные объекты в карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского урановорудного района: 12 – месторождения, 13 – рудопоявления, 14 – месторождения лития в редкометалльных пегматитах Шполяно-Ташлыкского рудного района

Станковатское рудное поле приурочено к гнейсовому обрамлению Липняжского гранитного массива и включает комплексные Ta-Li месторождения Станковатское и Надия, Новоодесское рудопоявление Та, Липняжское рудопоявление Та-Li и мелкое Новостанковатское месторождение Та на северном выклинивании серий пегматитовых даек, контролирующих Станковатское месторождение в связи с аплитовидными метасоматитами [3]. Руды Новостанковатского месторождения комплексные литий-бериллий-танталовые с установленной высокой технологичностью руд и возможностью получения танталовых концентратов высокого качества и дополнительной возможностью получения качественного бериллиевого концентрата. Б. Н. Иванов ранее [3] отмечал, что максимальные средние содержания Ta_2O_5 и Nb_2O_5 характерны для объектов Станковатского рудного поля. Таким образом, Шполян-Ташлыкский редкометалльный рудный район представляет интерес как перспективный для дальнейшего изучения выявленных и открытия новых промышленных объектов литиевых и комплексных литий-танталовых руд с высокими содержаниями попутных компонентов (Be, Nb, Rb, Cs, Sn). Отметим, что в Западно-Приазовской группе месторождений литиевых руд Шевченковское месторождение лития отнесено по запасам к средним, а объект Балка Крутая отнесен к группе мелких непромышленных месторождений.

В центральной части Украинского щита (УЩ) выявлен ряд парагенетических ассоциаций в урановых месторождениях, в том числе с формированием наряду с крупными запасами урана и крупных по запасам концентраций других компонентов (U-Fe-V-TR-Sc) (Криворожский урановорудный район). Изучение их особенностей позволило нам установить доминирующие глубинные факторы формирования уран-полиметалльных рудных парагенезисов в региональной металлогенической зональности, их изменения во времени, в частности в зонах телескопированного проявления уранового оруденения, и тем самым существенно повысить эффективность проведения геологоразведочных работ [4]. Анализ общности возникновения пространственной сопряженности и близинхронного формирования урановорудных объектов Ватутинского рудного поля, литиевых и комплексных Ta-Li месторождений Полоховского и Станковатского рудных полей, фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносных рудопоявлений в юго-западной части эндоконтакта Корсунь-Новомиргородского плутона позволит выявить новые факторы и регионально-оценочные критерии для выявления

объектов крупного литиевого и комплексного танталово-литиевого оруденения в редкометалльных пегматитах Шполян-Ташлыкского района.

Цель статьи

Выявление новых глубинных факторов формирования промышленного, в первую очередь крупного по запасам литиевого и танталово-литиевого оруденения в пегматитах Шполян-Ташлыкского рудного района Ингульского мегаблока УЩ, учитывающих современные представления о значительной роли верхней мантии в поставке рудных компонентов различной металлогенической специализации при формировании крупных по запасам рудных месторождений.

Методика исследований

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

Основные физико-химические свойства элементов парагенезиса руд в редкометалльных пегматитах Шполян-Ташлыкского рудного района

Выявление причин парагенетических ассоциаций необходимо начать с анализа свойств химических элементов, входящих в сформированный парагенезис (табл. 1).

Литий по геохимическим свойствам относится к крупноионным литофильным элементам, в числе которых калий, рубидий и цезий. Литий является щелочным металлом. Он легко сплавляется почти со всеми металлами, образуя с Mg, Zn, Al твердые растворы, с Ag, Hg, Mg, Zn, Cd, Al, Tl, Sn, Pb, Bi интерметаллические соединения ($LiAg$, $LiMg_2$, Li_2Zn_3 и др.) [16]. Природный литий состоит из двух стабильных изотопов: 6Li (7,5 %) и 7Li (92,5 %). Изотопы 6Li и 7Li обладают разными ядерными свойствами (сечение поглощения тепловых нейтронов, продукты реакций) и сфера их применения различна. При облучении нуклида 6Li тепловыми нейтронами получается радиоактивный тритий 3H . Благодаря этому литий-6 может применяться как замена радиоактивного, нестабильного и неудобного в обращении трития как в военных (термоядерное оружие), так и мирных (управляемый термоядерный синтез) целях. В термоядерном оружии обычно применяется дейтерид лития-6 6LiD . Дейтерид лития-6 применяется в ядерных реакторах, использующих реакции с участием тяжёлых элементов, таких как уран, торий или плутоний. Соединения лития с различными окислителями используются при производстве ракетного топлива [16].

Литий – типичный оксифильный металл. Большинство минералов лития представлены силикатами (39 видов) и

Таблица 1. Физические и химические постоянные некоторых элементов парагенезиса комплексных Ta-Li с примесью Be, Nb, Rb, Cs, Sn руд месторождений Полоховского и Станковатского редкометалльных рудных полей Шполян-Ташлыкского рудного района Ингульского мегаблока УЩ [16, 18]

Атомный номер	Элемент	Атомная масса, а. е. м.	Радиус атома, пм	Электронная конфигурация	Степени окисления	Энергия ионизации, кДж/моль, (эВ)	Плотность (при н. усл.), г/см ³	Температура плавления, К	Температура кипения, К	Молярный объём, см ³ /моль	Радиус иона, пм
3	Литий	6,938; 6,997	145	[He] 2s ¹	+1	519,9 (5,39)	0,534	453,69	1613	13,1	76 (+1e)
4	Бериллий	9,012182	112	[Kr] 4d ⁴ 5s ¹	2; 1	898,8 (9,32)	1,848	1551	3243	5,0	35 (+2e)
1	Ниобий	92,90638	146	[Kr] 4d ⁴ 5s ¹	5, 4, 3, 2, 1	663,6 (6,88)	8,57	2741	5015	10,8	(+5e) 69
75	Тантал	180,94788	149	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	5	760,1 (7,88)	16,65	3290	5731	10,9	(+5e) 68

фосфатами (11 видов), также одним боратом, двумя оксидами и одним фторидом. Около 40 % всех минералов лития, в том числе около половины силикатов, содержат фтор, что свидетельствует о высокой фторофильности данного элемента.

Из анионов и анионообразователей наибольшее число природных соединений образует с литием кремний – 39 минералов, затем фтор – 19, алюминий – 13, фосфор – 11 и бор – 4.

В катионной части минералов литий из-за небольшого ионного радиуса обычно имеет шестерную координацию, редко четверную (петалит). В половине всех минералов лития, в том числе в большинстве его силикатов, калий и натрий (реже цезий и рубидий) находятся в формульных количествах. Однако это не изоморфные, а парагенные элементы, к числу которых также принадлежат кальций, барий и стронций [13].

Литий по размеру ионного радиуса очень сходен с магнием, железом и алюминием. Щелочность лития – наименьшая для металлов главной подгруппы первой группы периодической системы Д. И. Менделеева, что сближает его с магнием в соответствии с правилом диагональных рядов. Все это обуславливает наибольшую геохимическую близость лития при миграции с магнием и железом, он сравнительно легко замещает близкие по размеру ионы магния, закисного и окисного железа и алюминия. Так высокое содержание лития в бериллах из редкометалльных пегматитов обусловлено замещением литием алюминия в шестерной координации.

Тантал – редкий металл, в земной коре на его долю приходится 0,0002 %. Тантал обладает высокой температурой плавления – 3290 К (3017 °С); кипит при 5731 К (5458 °С) [16]. При нормальных условиях тантал малоактивен, на воздухе окисляется лишь при температуре свыше 280 °С, покрываясь защитной пленкой Ta₂O₅; с галогенами реагирует при температуре свыше 250 °С. При нагревании реагирует с С, В, Si, P, Se, Te, H₂O, CO, CO₂, NO, HCl, H₂S.

Тантал растворим только в смеси плавиковой (HF) и азотной кислот. Очень устойчив к воздействию серной кислоты любой концентрации и температуры [16], устойчив в обескислороженных расплавленных щелочных металлах и их перегретых парах (литий, натрий, калий, рубидий, цезий).

Танталу всегда сопутствует ниобий. Близкие химические свойства ниобия и тантала обуславливают совместное их нахождение в одних и тех же минералах и участие в общих геологических процессах. Ниобий способен замещать титан в ряде титаносодержащих минералов (сфен, ортит, перовскит, биотит). Форма нахождения ниобия в природе может быть разной: рассеянной (в породообразующих и акцессорных минералах магматических пород) и минеральной. В общей сложности известно более 100 минералов, содержащих ниобий. Химически ниобий довольно устойчив, но уступает в этом отношении танталу. На него практически не действуют соляная, ортофосфорная, разбавленная серная, азотная кислоты. Металл растворяется в плавиковой кислоте HF, смеси HF и HNO₃, концентрированных растворах едких щелочей, а также в концентрированной серной кислоте при нагревании свыше 150 °С. С галогенами ниобий образует пентагалогениды NbHal₅, тетрагалогениды NbHal₄ и фазы NbHal_{2,67} – NbHal_{3+x}, в которых имеются группировки Nb₃ или Nb₂ [16].

Бериллий – типичный литофильный элемент. Геохимические свойства бериллия определяются малым размером его ионного радиуса – 0,031 нм, координационным числом IV, амфотерностью и валентностью 2 [16]. В природе стабилен

только один изотоп бериллия ⁹Be. В отличие от других редких металлов, бериллий не имеет прямого геохимического аналога среди петрогенных элементов. Вследствие этого он существенно не рассеивается в других минералах, а большей частью концентрируется в виде собственных минералов. Большое влияние на поведение бериллия в природных эндогенных процессах оказывает фтор, с которым бериллий образует устойчивые комплексные соединения. Фтор выполняет роль главного экстрактора и переносчика бериллия в постмагматических процессах. Бериллий входит в состав около 100 минералов – силикатов и алюмосиликатов, фосфатов, оксидов и боратов.

Таким образом, одной из предпосылок формирования комплексных крупных по запасам Ta-Li руд со значительной примесью Be, Nb в пегматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района западной части Ингульского мегаблока УЩ является общность физико-химических свойств указанных элементов, переменная валентность, склонность к образованию комплексных соединений, в том числе оксигалоидных, очень высокая фторофильность и способность к инверсии форм миграции.

Уран, согласно исследованиям Ф. А. Летникова, в группе элементов Zr, Ta, Nb, TR, Be, U, Th, Y, F, В характеризуется высокой степенью родства к кислороду и фтору [9]. Литий проявляет высокую степень родства к галогенам, образуя целый ряд галогенидов, это типичный оксифильный металл. 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 гранитоидным слоем, что характерно для крупных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах и сопряженных с Ватулинским месторождением крупных Полоховского и Станковатского месторождений лития в редкометалльных пегматитах Ингульского мегаблока УЩ.

Сравнительная геохимическая характеристика метасоматитов с урановой и литиевой минерализацией и радиологический возраст их образования

Полоховское месторождение лития было открыто в 1990 году ГРЭ № 47 КП “Кировгеология” при проведении специализированных на уран геолого-прогнозных работ. Полоховское месторождение лития выявлено в пределах Полоховского гранитного массива, сложенного аплит-пегматоидными, пегматоидными и среднезернистыми биотитовыми гранитами. Здесь также выявлены и редкометалльные пегматиты с бедной и убогой танталовой и ниобиевой минерализацией. Полоховский массив вытянут в северо-западном направлении на 1600 м. Его мощность в центральной части достигает 400 м. Пегматоидные и биотитовые граниты занимают всего 5–10 % объема массива, остальная часть – аплит-пегматоидные граниты и метасоматиты. Полоховское месторождение специалистами КП “Кировгеология” отнесено к гидротермально-метасоматическому типу оруденения, локализованному **в зонах объемного катаклаза**. Четко проявленных нарушений значительной мощности не установлено. Маломощные (до нескольких десятков сантиметров) брекчии, зоны объемного катаклаза, а также интервалы раздробленных пород, встречающиеся в отдельных скважинах, при существующей сети буровых исследований в разрезе не увязываются.

По данным работы [11], изотопный возраст литиевых пегматитов Полоховского литиеворудного поля, примы-

кающего с севера к Ватутинскому урановорудному полю, 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. Возраст турмалин-кордиерит-биотитовых метасоматитов Полоховского месторождения по биотиту составляет 1905 ± 35 млн лет. В эпоху 1800–1750 млн лет произошло масштабное формирование урановорудных концентраций в связи с развитием среднетемпературного натриевого метасоматоза (Кировоградский и Криворожский урановорудные районы) [12, 17]. Урановое оруденение в карбонатно-натриевых метасоматитах почти синхронно с альбит-петалит-литиевым оруденением Полоховского месторождения (табл. 2).

Особыми образованиями региона являются фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносные метасоматиты, которые находятся в пространственной и, вероятно, генетической связи с урановорудными карбонатно-натриевыми метасоматитами. Однако они развиты только в эндоконтактной части Корсунь-Новомиргородского плутона (Андреевское, Вербовское, Кохановское, Тимошевское и др. рудопроявления) при полном их отсутствии в центральной части плутона. По составу это преимущественно моношпатовые (альбитовые, олигоклаз-альбитовые) породы с переменным содержанием микроклина (до 20 %). Иногда в них отмечается окварцевание. Из числа темноцветных минералов присутствуют пироксен (диопсид-авгит), роговая обманка и биотит. Почти постоянно, но в очень ограниченных количествах, отмечается карбонат. Иногда проявляется андрадит. Урановая минерализация представлена первичными окислами и урановыми чернями. Урано-титанаты не обнаружены. Потенциальная ураноносность метасоматитов этой формации оценена отрицательно (А. В. Тарханов и др., материалы КП “Кировгеология”). Мнения исследователей по вопросу возрастных и генетических соотношений этих типов метасоматитов и карбонатно-натриевых метасоматитов разошлись. А. Н. Никольский, С. А. Скурдин, И. Г. Минеева, А. К. Прусс [7] связывали первые со становлением массива гранитов-рапакиви как результат его воздействия на более древние альбититы. В. А. Крупенников высказался в пользу мантийной природы растворов, формировавших эти метасоматиты с предположением, что высокотемпературный характер этих натриевых метасоматитов обусловлен прогревом восходящих потоков флюидов каналами высокотемпературных магм и эндо-экзоконтактами не остывших магматических пород габбро-анортозит-рапакиви-гранитной формации.

Отметим лишь, что геохимическая специализация этих типов метасоматитов (U, Zr, Th, TR, P, отчасти V, Be) по составу компонентов не отличается от карбонатно-натриевых мета-

соматитов (табл. 3). Отличие касается лишь более высоких содержаний Th, TR, P, что, вероятно, обусловлено различными температурными условиями минералообразования.

Исследования по изучению растворимости окислов урана в хлоридных растворах при высоких РТ-параметрах ($500\text{--}450\text{ }^\circ\text{C}$, 1000 кбар), проводимые в ИГЕМ [8], позволили охарактеризовать механизм процессов натриевого метасоматоза и оруденения следующей последовательностью событий: 1) поступление высокотемпературных альбитизирующих растворов, несущих уран в виде фторидных и хлоридных комплексов на верхние горизонты земной коры; 2) эволюция растворов при подъеме на пути миграции, связанная с изменением состава, свойств, падением температуры, давления; 3) повышение кислотности растворов, понижение растворимости хлоридных и фторидных комплексов, инверсия форм переноса, обусловленная падением температуры ниже $300\text{ }^\circ\text{C}$, с образованием уранил-карбонатных форм, вытеснением всех других форм переноса карбонатной; 4) образование форм постальбитового катаклаза, медленная дегазация поровых растворов в натриевых метасоматитах, сопровождаемая буферными реакциями (карбонатизация), формирование непромышленных концентраций урана в огромном объеме метасоматитов; либо интенсивная дегазация вследствие гидрогазоразрыва, понижение устойчивости карбонатных форм, их разрушение, формирование промышленных рудных концентраций.

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 образования мощных зон объемного катаклаза осуществляется массовое высвобождение из раствора углекислоты, которая фиксируется в виде карбонатов [8].

Зоны объемного катаклаза имеют протяженность десятки 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 альбититов рибекит-эгириновое типа (по А. В. Кузьмину, КП “Кировгеология”). 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

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

Минералы, руды	Месторождения, рудопроявления	Метод определения радиологического возраста	Абсолютный возраст, млн лет
Браннериты	Ватутинское	U-Pb	$1790 \pm 70^*$
Настураны	– “ –	U-Pb	$1670 \pm 50^*$
Рудный концентрат	– “ –	U-Pb	$1790 \pm 70^*$
Рудный концентрат P-TR-U-Th	Андреевское	U-Pb	$1790 \pm 70^*$
Петалитовые руды	Полоховское	K-Ag	$1800 \pm 35^{**}$

* Данные ВИМС [7], ** работа [11].

Таблица 3. Среднее содержание некоторых летучих, щелочных компонентов и элементов в полевошпатовых метасоматитах с урановой минерализацией и вмещающих их породах (вес. %) западного обрамления Корсунь-Новомиргородского плутона Ингульского мегаблока УЩ

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

* Материалы КП “Кировгеология”, ** исследования ВИМС [7], не опр. – не определялось.

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. Результаты изотопно-геохимических исследований образцов рудных альбититов месторождений Кировоградского рудного района [14] указывают на мантийную природу рудогенных компонентов и совместную миграцию урана, натрия и стронция в метасоматизирующем растворе. Указанное с учетом дискретного характера развития промышленно урановорудных альбититов на фоне развития значительных по простиранию ореолов развития ураноносных альбититов свидетельствует, что мантийные ураноносные флюиды не только приносили рудогенные компоненты, но и существенным образом влияли на морфологию рудных тел непосредственно над проницаемыми каналами привноса ураноносных флюидных потоков с астеносферного очага их первичной масштабной генерации при экранировании на верхних структурных этажах. Спорадическое экранирование разломов могло быть обусловлено смещением и усложнением конфигурации фрагментов зон проницаемости от поверхности М к дневной поверхности, что наблюдается по данным ГСЗ для Субботско-Мошоринского (Кировоградский урановорудный район, включая Ватутинское урановорудное поле, Шполянско-Ташлыкский редкометалльный рудный район), Криворожско-Кремечугского (Криворожский урановорудный район), Первомайско-Трак-

темировского (Алексеевско-Лысогорский урановорудный район) разломов Ингульского мегаблока УЩ (рис. 2).

Фосфорно-редкоземельно-урано-ториевые метасоматиты проявлены в зонах представленными милонитовыми швами и участками сравнительно **более слабого объемного катаклаза**, контролируемые широкими полосами субпараллельных швов бластомилонитов и бластокатаклазитов и крупными пегматитовыми телами или их сериями, протягивающимися на несколько километров, при средней мощности не более 100–150 м. Фосфорно-редкоземельно-урано-ториевые метасоматиты на отдельных участках этих зон образуют серии субпараллельных сближенных тел протяженностью первые десятки метров и суммарной мощностью до 100 м. На отдельных участках Тимошевского, Кохановского, Роженского рудопроявлений практически не отмечен катаклаз, что специалисты КП “Кировгеология” связывают с процессом перекристаллизации в области экзоконтакта Корсунь-Новомиргородского плутона (А. В. Кузьмин и др., КП “Кировгеология”). Это наряду с последними результатами геохронологических исследований свидетельствует о том, что Корсунь-Новомиргородский плутон сформировался позже образования рудоносных альбититов.

Полевошпатовые метасоматиты урановорудные и фосфорно-редкоземельно-урано-ториевые отличаются составом рудообразующих растворов и интенсивностью проявления различных стадий рудообразующего процесса, что определяет их металлогеническую специализацию. Для урановорудных альбититов характерна лишь углекислота, для фосфорно-редкоземельно-уран-ториевых метасоматитов – углекислота и фосфатный ангидрид, для литиевых пегматитов – фтор [10]. Тем не менее углекислота присут-

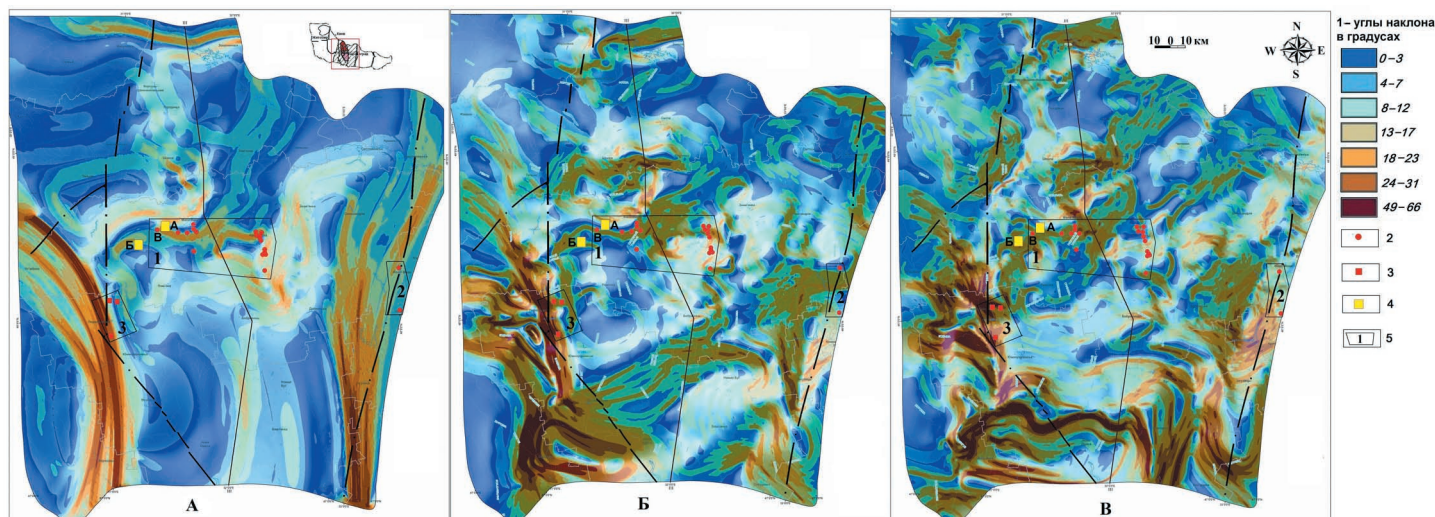


Рис. 2. Карты градиентных зон поверхностей Мохо (А), “базальтового” (Б), “диоритового” (В) слоев Ингульского мегаблока УЩ (по Ю. И. Федоришину [15]) с промышленными месторождениями урана и лития:

1 – углы наклона поверхностей (в градусах). Месторождения урана: 2 – в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах (В – Ватутинское), 3 – калий-урановой формации; 4 – месторождения лития: А – Полоховское, Б – Станковатское; 5 – урановорудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский

ствует при всех типах рудообразующих процессов, но в существенно различных количествах. Максимальная концентрация суммы редких земель обычно наблюдается при насыщении раствором одновременно фтором и углекислотой (по И. Г. Минеевой и др. [10]).

Концентрация углекислоты – важнейшая составляющая уранового рудообразования в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах [5]. На месторождениях урана в карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском рудном районе область максимальных рудных концентраций приурочена к участкам повышенных концентраций углекислоты (рис. 3). Установлена прямая связь между содержанием CO_2 и ураном в урановорудных альбититах и увеличение ее концентрации в ряду бедная-рядовая-богатая руда.

По интенсивности проявления проявления углекислого процесса Ватутинское месторождение с рибекит-эгириновой фацией альбититов относится к группе объектов с четкими ореолами CO_2 , максимальные содержания которых не поднимаются выше 5 % (рис. 3) [5].

Метасоматиты с редкоземельно-уран-ториевой минерализацией попадают в особую группу объектов (рудопоявления Тимошевское, Вербовское). Для них не характерны выдержанные ореолы углекислоты, что свидетельствует о слабом развитии натриевого метасоматоза и последующих гидротермальных изменений. Отмечаются лишь отдельные повышенные содержания CO_2 , в максимуме не превышающие 1,5–2,0 % (рис. 4).

В процессе натриевого метасоматоза торий ведет себя инертно в урановорудных среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского рудного района, за исключением метасоматитов Центрального месторождения и рудопоявлений фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносного типа (Андреевское, Тимошевское, Вербовское, Кохановское и др.). Торий и редкие земли присутствуют в последних в значительном количестве (табл. 3). В урановорудных карбонатно-натриевых метасоматитах содержание TR_2O_3 колеблется в интервале 160–350 г/т, в фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносных достигает 1 080 г/т [7]. Таким образом, для полевошпатовых метасоматитов фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносного типа харак-

терно присутствие редких земель, что может представлять значительный практический интерес и требует изучения состава редкоземельной минерализации, особенностей ее распределения и возможности ее извлечения.

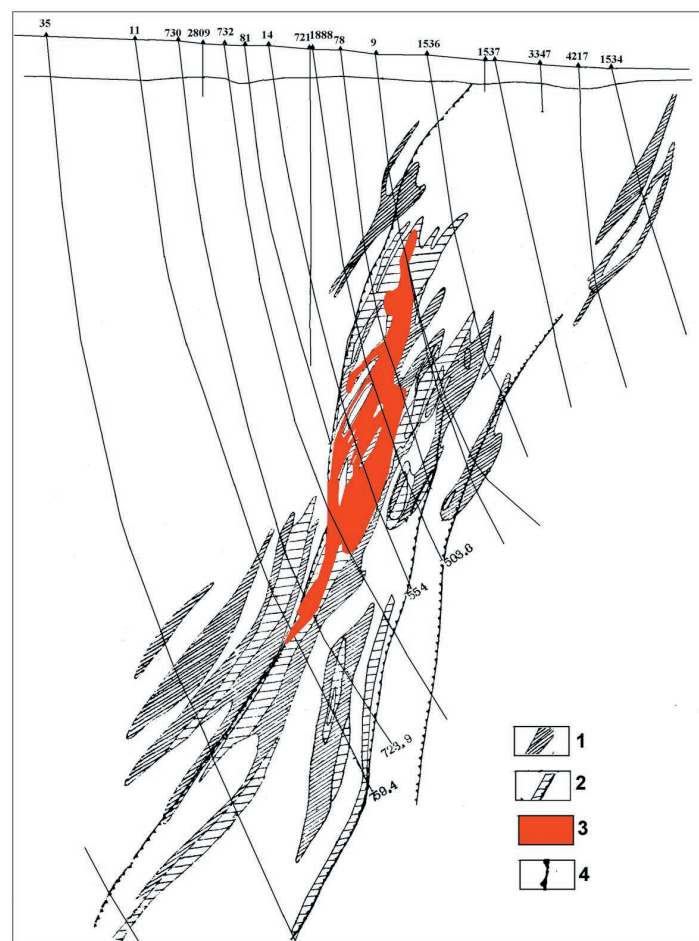


Рис. 3. Ореолы углекислоты на Ватутинском месторождении урана (Кировоградский урановорудный район) (по И. Г. Минеевой, материалы КП “Кировгеология”)

Содержание углекислоты: 1 – 0,5–1,0 %; 2 – 1,1–5,0 %; 3 – рудные тела; 4 – тектонические нарушения

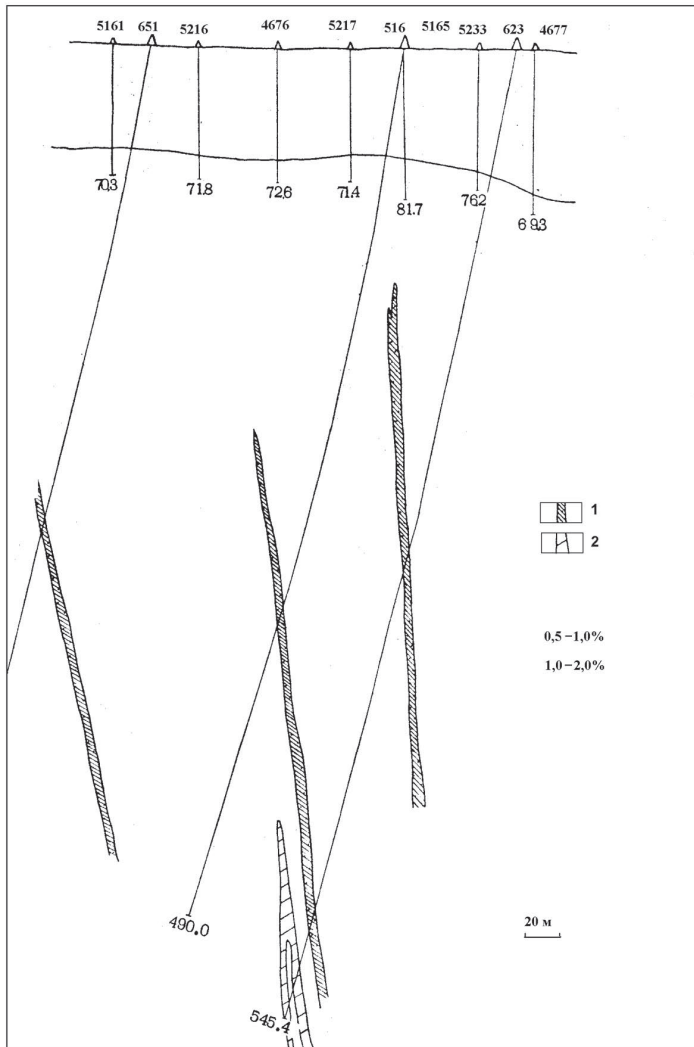


Рис. 4. Ореолы углекислоты на Вербовском фосфорно-редкоземельно-уран-ториевом рудопроявлении (по И. Г. Минеевой, материалы КП “Кировгеология”)

Содержание углекислоты: 1 – 0,5–1,0 %; 2 – 1,1–2,0 %

Цирконий на ряде месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах образует отчетливые ореолы. При этом циркониевый ореол всегда уже уранового и вписывается в его контур. Для рибекит-эгириновых альбититов Ватутинского месторождения характерен кальциевый циртолит.

Для метасоматитов фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносного типа содержание циркония достигает нескольких процентов. Основные минералы-концентраторы циркония: циркон, циртолит.

В литиевых с Be, Ta, Nb, Rb, Cs, Sn пегматитах Шполян-Ташлыкского рудного района *отсутствуют минералы урана и циркон*.

На Тимошевском, Роженском, Андреевском, Кохановском и др. рудопроявлениях (P-TR-U-Th оруденение), а также на отдельных участках Анновского, Желтореченского, Центрального, Ватутинского месторождений урана отмечены заметные концентрации ураноносных фтор-апатита и малакона (циртолита), образующих мелкие рудные тела. Возраст циртолитовой минерализации Ватутинского месторождения 1 700–1 800 млн лет (В. И. Малышев и др. [11]). Содержание апатита на Тимошевском, Кохановском и др. рудопроявлениях местами достигает 30–40 %, преимущественно

в метасоматитах промежуточной зоны. Отмечается апатит нескольких генераций, обычно в ассоциации с циртолитом и содержащий уран в количествах до первых десятых долей процента (по А. В. Кузьмину, материалы КП “Кировгеология”).

Для альбититов с промышленными урановыми рудами присуща ассоциация урана со свинцом, бериллием, ванадием, углекислотой, окисным железом, для непромышленных – характерны торий, иттрий, иттербий, фосфор, лантан. По набору привнесенных элементов отдельные месторождения сильно отличаются.

Общность урановорудных и фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносных метасоматитов проявляется в насыщенности натрием в большей степени, чем калием (табл. 3). В эволюции метасоматического процесса активность щелочей играла определяющую роль при формировании парагенетических ассоциаций породообразующих минералов.

Ниобий и тантал из группы редких элементов ни для урановорудных, ни для фосфорно-редкоземельно-урано-ториеносных метасоматитов не характерны. Ниобий и тантал переносятся в виде фторидных комплексов, и их значительное накопление характерно для редкометалльных метасоматитов Шполян-Ташлыкского рудного района (табл. 4).

В пределах Ватутинского месторождения преобладают альбититы рибекит-эгиринового состава. К ним в абсолютном большинстве случаев приурочено урановое оруденение. Хлорит-эпидотовые, актинолит-хлорит-эпидотовые разности характерны для структур северного фланга Ватутинского месторождения, где процесс уранового оруденения проявлен слабо. Ещё на большем удалении от месторождения формируются гидробиотитовые альбититы, отличающиеся, как правило, фоновым содержанием урана.

В дайках, дайкообразных телах гранитных пегматитов и пегматоидных гранитах Ватутинского рудного поля уран связан с урансодержащими акцессорными минералами: ортитом, апатитом, цирконом (малаконом), монацитом, уранинитом. Повышенное содержание Th в них связано с монацитом. Присутствие монацита определяет редкоземельную специализацию пегматитов и пегматоидных гранитов. Содержание редких земель обычно не превышает 0,1 % (Б. Н. Иванов, КП “Кировгеология”). Доминирующая роль принадлежит лёгким лантаноидам.

В ряду безрудный-рудный альбитит происходило накопление U, Pb, Be и V. Легкие лантаноиды также определяют геохимическую специализацию альбититов Ватутинского рудного поля. Причем их содержание в рудных и безрудных разностях существенно не меняется. Содержание легких лантаноидов обычно не превышает 0,1 % (Б. Н. Иванов, КП “Кировгеология”). Редкоземельная специализация альбититов определяется двумя минералами: апатитом и монацитом. Причем имеет место не очень отчетливая тенденция к преобладанию монацита в северной части Ватутинского месторождения. В пределах юго-восточной части Ватутинского месторождения преобладают цирконсодержащие альбититы при резко подчиненной роли монацита и апатита. Содержание Zr в описываемых породах достигает $300 \cdot 10^{-3}$ %. В ассоциации с Zr постоянно встречается Be.

По результатам исследований Б. Н. Иванова и др [3], редкометалльные метасоматиты Шполян-Ташлыкского рудного района представлены площадными и экзоконтактовыми типами. К площадному типу относятся грейзенизированные породы. Экзоконтактовый тип представлен перекры-

Таблица 4. Среднее содержание некоторых элементов, летучих и оксидов редких щелочных металлов (вес. %) в редкометалльных метасоматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района (по Б. Н. Иванову и др. [3])

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

Примечание. Не опр. – не определялось.

сталлизованными гнейсами (Полоховское месторождение) и апоамфиболитовыми биотитами, апогипербазитовыми слюдитами (Станковатское рудное поле). Их геохимическая специализация имеет одинаковую направленность, обусловленную Li, Rb, Cs, P, Be, Sn, Nb.

Выводы

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

1. Общность физико-химических свойств указанных элементов, переменная валентность, склонность к образованию комплексных соединений, в том числе оксигалоидных, высокое сродство к кислороду и фтору, очень высокая фторофильность и способность к инверсии форм миграции, что определяет сходство РТ-условий первичной масштабной сепарации отдельных рудогенных компонентов в мантии в локальных астеносферных ловушках в литосферном сегменте Ингульского мегаблока высокой степени зрелости с мощностью литосферы более 160–180 км, предопределила общность путей их миграции в мантии и коре по транслитосферным разломам, для комплексных руд – совместную рудо-концентрацию на геохимических барьерах и в структурно-литологических ловушках.

2. Формирование всех промышленных рудных тел различной металлогенической специализации как урановорудных (Ватутинское урановорудное поле), так и литиевых и тантало-литиевых руд (Полоховское и Станковатское рудные поля) связано с зонами проницаемых транслитосферных глубинных разломов субмеридионального и диагонального простирания Звенигородско-Анновской разломной зоны в узлах их пересечения с дизъюнктивами широтного Субботско-Мошоринского разлома в литосферном сегменте Ингульского мегаблока высокой степени зрелости и связано с поступлением металлогенически специализированных мантийных флюидов из разобщенных локальных астеносферных ловушек первичного концентрирования отдельных групп элементов, обусловленных неоднородностями подошвы литосферы и вариациями РТ-условий в их пределах.

3. Изменение характера парагенезисов промышленных руд связано с изменением состава, температуры, способности к инверсии специализированного флюида, обеспечивающих устойчивую ассоциацию определенных переносимых флюидом элементов с уровня первичного концентрирования в астеносфере на верхние структурные горизонты.

4. Наиболее устойчивые парагенезисы промышленных рудных концентраций (U для карбонатно-натриевых метасоматитов, Ta-Li для редкометалльных пегматитов) имеют наложенный характер геохимической специализации по отношению к радиотипной геохимической специализации вмещающих комплексов пород (табл. 3, 4), что свидетельствует о доминирующем внешнем источнике элементов-индикаторов.

5. Вариации состава сопутствующих компонентов руд отражают геохимическую неоднородность глубинных источников рудных элементов, обычную для различных участков одного и того же рудного района.

ЛИТЕРАТУРА

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., Бакаржиков А. Х. и др.]/Под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Ковалья. – К.: Наукова думка, 1995. – 376 с.
3. Иванов Б. Н. Площадные и экзоконтактные редкометалльные метасоматиты/Б. Н. Иванов, В. Н. Косюга, В. И. Погукай//Геохімія та рудоутворення. – 2011. – Вип. 30. – С. 10–17.
4. Калашник А. А. Новые возможности технологии прогноза и поиска уран-полиметалльных промышленных месторождений на базе концепции первичного астеносферного концентрирования рудогенных компонентов/А. А. Калашник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2014. – № 3–4. – С. 27–54.
5. Калашник А. А. Новые прогнозно-оценочные критерии в технологии прогнозирования формирования промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита/А. А. Калашник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2014. – № 2. – С. 25–52.
6. Калашник А. А. Роль глубинных факторов в формировании промышленного эндогенного уранового рудообразования УЩ/А. А. Калашник//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2013. – № 3. – С. 33–48.
7. Клочков А. С. Ураноносные и бериллиеносные 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.
8. 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. – С. 28–31.
9. Летников Ф. А. Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования/Ф. А. Летников//Глубинные условия эндогенного рудообразования. – М.: Наука, 1986. – С. 16–24.
10. Минеева И. Г. Геохимические различия рудоносных альбититов докембрия/И. Г. Минеева, Д. А. Минеев//Сб. “Проблемы осадочной геологии докембрия”. – М.: Изд-во “Недра”, 1975. – 112 с.
11. 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.
12. Пономаренко О. М. Радиогеохронология процесів метасоматозу в кристалічних породах УЩ/О. М. Пономаренко, Л. М. Степа-

нюк, С. Г. Кривдік, 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.

13. Солодов Н. А. Методические рекомендации по прогнозированию, поискам и перспективной оценке собственных месторождений скандия/Солодов Н. А., Скосырева М. В., Радионов В. Д. и др. – М.: ИМГРЭ, 1991. – 65 с.

14. Степанюк Л. М. Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгільського мегаблока УЩ/Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка і др.: тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд”, (Київ, 14–16 березня 2012 р.). – Київ: ИГМР, 2012. – С. 78–80.

15. Федоришин Ю. І. Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазності і її реалізація на території Українського щита: дис. д-ра геол. наук: 04.00.01/Федоришин Юрій Іванович. – К., 2007. – 408 с.

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

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

18. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)/M. E. Wieser, N. Holden, T. B. Coplen, J. K. Böhlke, M. Berglund, W. A. Brand, P. De Bièvre, M. Gröning, R. D. Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, T. Prohaska, R. Schoenberg, G. O'Connor, T. Walczyk, Sh. Yoneda, Xiang-Kun Zhu//Pure and Applied Chemistry. – 2013. – Т. 85. – № 5. – С. 1047–1078.

14. Stepaniuk L. M., Bondarenko S. M., Somka V. O. i dr. Source of sodium and uranium of uraniferous albitites on the example of Dokuchaievsk field of the Ingulsky megablock of the UkrSh, tezy dopovidei naukovoї konferentsii “Teoretychni pytannia i praktyka doslidzhennia metasomatychnyh porid i rud”, (Kyiv, 14–16 bereznia 2012). – Kyiv: IGMR, 2012. – P. 78–80. (In Ukrainian).

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

16. Chemical Encyclopedia in 5 volume/pod red. Knunjants I. L., Zefirova N. S. – Moskva: Izd-vo “Sov. entsiklopediya”, 1990. – Vol. 1–5. (In Russian).

17. Shcherbak D. N., Grinchenko A. V. Metallogenic epochs of the Ukrainian Precambrian Shield//Mineral. zhurn. – 1999. – Vol. 21. – № 2. – P. 22–38. (In Russian).

18. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)/M. E. Wieser, N. Holden, T. B. Coplen, J. K. Böhlke, M. Berglund, W. A. Brand, P. De Bièvre, M. Gröning, R. D. Loss, Juris Meija, Takafumi Hirata, T. Prohaska, R. Schoenberg, G. O'Connor, T. Walczyk, Sh. Yoneda, Xiang-Kun Zhu//Pure and Applied Chemistry. – 2013. – Т. 85. – № 5. – P. 1047–1078.

Рукопис отримано 17.12.2014.

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/[Belevtsev Ja. N., Koval V. B., Bakarzhiev A. H. i dr.]; pod red. Ja. N. Belevtseva, V. B. Kovalya. – Kyiv: Naukova dumka, 1995. – 376 p. (In Russian).

3. Ivanov B. N., Kosyga V. N., Pogykay V. I. Areal and exocontacts rart-metal metasomatites Shpolyansko-Tashlitskiy region//Geokhimiia ta rudoutvorenna. – 2011. – V. 30. – P. 10–17. (In Russian).

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

5. Kalashnik A. A. New possibilities of the technology of prognosis and search of uranium-polymetal industrialdeposits based on the concept of initial concentrationore components in astenosphere//Zb. naukovykh prats UkrDHRI. – 2014. – № 3–42. – P. 25–52. (In Russian).

6. Kalashnik A. A. The role of the depth factors in the formation of endogenous industrial uranium ore formation of the UkrSh//Zb. naukovykh prats UkrDHRI. – 2013. – № 3. – P. 33–48. (In Russian).

7. Klochkov A. S., Pruss A. K., Ginzburg A. I. Uraniumbearing and berylliumbearing metasomatites of the Ukrainian crystal Shield. – Moskva: Iz-vo VIMS, 1979. – 238 p. (In Russian).

8. 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. – P. 28–31. (In Russian).

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

10. Mineeva I. G., Mineev D. A. Geochemical distinctions of Pre-Cambrians’s ore-bearing albitities//Sb. “Problemy osadochnoygeologii dokembriya”. – Moskva: Nedra, 1975. – 112 p. (In Russian).

11. 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 “Tsent Evropy”, 2005. – 785 p. (In Russian).

12. Ponomarenko O. M., Stepaniuk L. M., Kryvdik S. G., Synytsyn V. O. Radiogeochronology of metasomatitic processes in crystal rocks of the UkrSh: tezy dopovidei naukovoї konferentsii “Teoretychni pytannia i praktyka doslidzhennia metasomatychnyh porid i rud”, (Kyiv, 14–16 bereznia 2012). – Kyiv: IGMR, 2012. – P. 64–66. (In Ukrainian).

13. Solodov N. A., Skosyreva M. V., Radionov V. D. i dr. Methodical instructions for prognoses, search and forward-looking assessment of scandium deposits. – Moskva: IMGRE, 1991. – 65 p. (In Russian).