

УДК 553.493.68 (477)

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТОРИЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ДОКЕМБРИЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЯХ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Кузьмин А. В., Ярошук М. А.

Кузьмин А. В. ст. н. с. ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»

Ярошук М. А. д. г.-м.н., в.н.с. ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины» marina\_yaroshchuk@meta.ua

*Рассмотрены существующие на территории стран СНГ классификации ториевого оруденения. Предложена классификация его на уровне генетических типов, подтипов и торийсодержащих рудных формаций для докембрийских образований Украинского щита. Выделены 5 типов ториевого оруденения: ультраметаморфический (магматический), связанный с гранитоидами; магматический, связанный со щелочными интрузиями; метасоматический; гидротермальный и терригенно-кластогенный. С использованием коэффициента интенсивности рудообразования намечены промышленные перспективы выделенных генетических типов и подтипов в пределах мегаструктур (блоков, межблоковых шовных зон Украинского щита).*

**Ключевые слова:** генетические классификации, типы комплексных руд тория, промышленные перспективы руд тория, торийсодержащие рудные формации, коэффициент интенсивности рудообразования.

### Введение

Практически все месторождения, из которых добывается торий, являются комплексными торийсодержащими редкоземельными, редкометальными или урановыми. Их промышленная ценность в отношении тория в каждом конкретном случае определяется с учетом не только содержания всех полезных компонентов, но и минеральной формой тория и наличием соответствующих технологических схем его извлечения. Единых установившихся требований к торийсодержащим рудам эндогенных месторождений не существует. Сегодня речь идет не о промышленных месторождениях собственно тория, ибо запасы его в странах СНГ официально не утверждались, а о потенциальных источниках, оценка промышленных перспектив которых лишь авторская. В связи с этим для систематизации и анализа имеющегося фактического материала по торийности докембрийских образований Украинского щита (УЩ) нами используется опыт геологоразведочных работ на уран, как хорошо изученный родственный элемент. При этом учитывается, что более высокое содержание тория в земной коре относительно урана «компенсируется» тем, что уран в рудах находится в собственной минеральной форме, а торий, главным образом, в форме торийсодержащих минералов в качестве изоморфной примеси. По данным [1] 86,7% прогнозных ресурсов тория стран СНГ заключено в эндогенных месторождениях где руды с содержанием его от 0,1 до 2,0% и выше составляют всего 4,4%. Сопоставление средних содержаний урана в эндогенных месторождениях и рудопроявлениях УЩ со средним содержанием тория тория в его рудопроявлениях показало высокое сходство. Поэтому по аналогии с урановорудными объектами [2] нами принимается следующая категоризация ториевых руд по качеству: руды с содержанием тория 0,01 – 0,049% оцениваются как убогие (забалансовые), 0,05-0,099% – как бедные, 0,1-0,299% – как рядовые, 0,3-0,499% – как среднего качества, 0,5 0- 0,999% как богатые и выше 1,0% – как очень богатые.

При определении ранга торийпроявлений по аналогии с ураном использованы следующие критерии:

– к проявлениям отнесены объекты, где есть не менее двух пересечений, из которых хотя бы одно имеет содержание тория 0,05% и выше при произведении содержания на

мощность не менее 0,035% м, или где есть лишь одно пересечение с таким же содержанием тория, но произведение содержания на мощность не менее 0,07% м;

– к проявлениям минерализации отнесены объекты с содержанием тория от 0,01 до 0,49% при любой мощности, а также единичные пересечения с содержанием тория, равным или превышающим 0,05%, если произведение его на мощность не достигает 0,035% м.

**Цель работы.** Обзор существующих классификаций ториевого оруденения на территории стран СНГ и разработка классификации его на уровне генетических типов, подтипов и торийсодержащих рудных формаций для докембрийских образований Украинского щита.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Известны четыре, разработанные в разное время, классификации торийсодержащих месторождений и рудопроявлений. Первая [3] включала 9 генетических групп, из которых к эндогенному классу относились магматические, пневматолитовые, мигматитовые, карбонатитовые, пневматолито-гидротермальные и гидротермальные объекты, а к экзогенному – континентальные, прибрежно-морские и метаморфизованные россыпи. В монографии [4] детально рассмотрены торийсодержащие карбонатитовые комплексы, а также группы торийсодержащих пневматолито-гидротермальных и средне-низкотемпературных гидротермальных месторождений. Позднее были разработаны классификации торийсодержащих месторождений и рудопроявлений уже на формационном уровне. В 1975 году [5] в эндогенном классе были выделены 23 формаций, включающих 30 минеральных типов. В ходе дальнейших работ к 1995 году эта классификация претерпела существенные изменения [1]. В эндогенном классе определились 6 торийсодержащих рудных формаций и 19 минеральных типов. Это в значительной мере связано с тем, что вначале некоторые формации и особенно минеральные типы были выделены на базе ограниченного количества объектов и дальнейшие исследования не подтвердили устойчивое распространение выделенных ассоциаций в отношении как рудной минерализации, так и вмещающих породных комплексов.

Первая попытка классификации ториевого оруденения в пределах УЩ была сделана в 2007 году [6]. До этого времени на Украине никаких специальных геолого-разведывательных или научно-исследовательских работ на торий в породах докембрия не проводилось, а информация о его концентрациях появлялась лишь попутно при поисках и изучении урановых, и в меньшей мере, редкоземельных месторождений и ограничивалась фиксацией содержания тория, мощности пересечения и наименования вмещающей породы. Лишь изредка изучался состав и изотопный возраст ториевой минерализации. Поэтому классификация выполнена лишь на уровне генетических типов. В эндогенном классе выделены магматический (ультраметаморфический), связанный с гранитоидами, магматический, связанный со щелочными интрузиями, метасоматический и гидротермальный; в метаморфическом – осадочный метаморфизованный, а в экзогенном – осадочный терригенный генетические типы.

В 2010 году [7] сделана попытка на основе вещественно-структурной характеристики в основном эндогенного оруденения в породах УЩ выделить около 10 ториевых рудных формаций: редкометальных (редкоземельных) гранитов, фтор-редкометально-редкоземельной в щелочных сиенитах, редкометальной в нефелиновых сиенитах Приазовья, уран-редкоземельных биотит-микроклиновых метасоматитов, редкометально-редкоземельной в лейкогранитах, редкометально-редкоземельной в гранитах рапакиви, фтор-карбонат-редкоземельно-редкометальной в вулканитах, редкометальной скарновой, фосфор-редкоземельно-редкометальной в карбонатитах, ряда формаций, связанных с пегматитами. Большинство из них охарактеризованы довольно схематично, особенно редкоземельно-редкометальная в гранитах рапакиви, фтор-карбонат-редкоземельно-редкометальная в вулканитах, редкометальная скарновая и формации, связанные с

пегматитами. К формации редкометалльных гранитов отнесены довольно неоднородные образования: жильные тела моноцитоносных лейкогранитов, граниты Токовского и Салтычанского массивов, обогащенные ортитом, Анадольское месторождение ортитовых руд, связанное со щелочной интрузией. В то же время моноцитоносные лейкограниты определяют редкометалльно-редкоземельную формацию в лейкогранитах. Относительно самого термина «ториевая рудная формация» следует заметить, что в пределах УЩ ни одна из выделенных формаций не вмещает собственно ториевых не только месторождений, но и рудопроявлений. На разведанных комплексных торийсодержащих редкометалльных, редкоземельных и урановых месторождениях запасы тория не определялись даже в авторском варианте. Поэтому выделенные формации следует относить не к ториеворудным, а к торийсодержащим.

### Предлагаемая генетическая классификация ториевого оруденения в докембрийских образованиях УЩ

За основу для дальнейшей разработки мы приняли классификацию, приведенную в работе [6]. Более детальное изучение материалов по ториепроявлениям позволило, главным образом по составу вмещающих пород, в каждом генетическом типе выделить несколько подтипов, а с учетом данных [8] по составу рудной минерализации в большинстве подтипов наметить торийсодержащие рудные формации. В то же время, оруденение, ранее отнесенное к метаморфическому классу, оказалось целесообразным рассматривать в экзогенном классе в качестве осадочного терригенного метаморфизованного подтипа терригенно-кластогенного генетического типа, представленного континентальными россыпями. Более правильным представляется оруденение ранее выделенного магматического (ультраметаморфического), связанного с гранитоидами, генетического типа отнести к ультраметаморфическому (магматическому), связанному с гранитоидами, типу (таблица 1).

**Таблица 1.** Генетическая классификация ториепроявлений в докембрийских образованиях Украинского щита

Генетический тип	Генетический подтип	Вероятные торийсодержащие рудные формации	Индекс подтипа
I. Ультраметаморфический (магматический), связанный с гранитоидами.	1. Граниты и мигматиты.		I-1
	2. Граниты аплит-пегматоидные	Акцессорная урано-ториевая минерализация Акцессорная урано-ториевая минерализация	I-2
	3. Пегматиты	Акцессорная урано-ториевая минерализация	I-3
II. Магматический, связанный со щелочными интрузиями	1. Образования габбро-сиенитовой формации	а) Редкометалльная торийсодержащая в нефелиновых сиенитах.	II-1a
		б) Фтор-редкометалльно-редкоземельная торийсодержащая в безнефелиновых сиенитах	II-1б
	2. Образования щелочной ультраосновной формации	Фтор-торий- редкоземельная в линейных карбонатитах	II-2
III. Метасоматический.	1. Образования, обусловленные глубинными флюидизатами	Редкоземельно-ториевая на участках развития флюидизитов	III-1
	2. Калиевые метасоматиты, связанные постгранитизационными процессами.	Уран-торий- редкоземельная в высокотемпературных приразломных калиевых метасоматитах	III-2
	3. Существенно натриевые метасоматиты, связанные с внедрением щелочных интрузий.	Редкометалльно-редкоземельная в торийсодержащих фенитах	III-3

IV. Гидротермальний	1. Образования, связанные с тектоно-термальной активизацией в земной коре.	Жильно-штокверковые и метасоматические тела комплексных, иногда ториевых руд, контролируемые разрывными структурами. возможно несколько формаций	IV-1
	2. Натрий-цирконий-фосфорные метасоматиты зон разломов.	Урановая торийсодержащая в приразломных натриевых метасоматитах	IV-2
V. Терригенно-кластогенный	1. Осадочный терригенный метаморфизованный	Урано-ториевая в докембрийских конгломератах.	V-1
	2. Осадочный терригенный	Континентальная, в основном монацитовые, россыпи	V-2

Распределение ториепроявлений по генетическим типам (подтипам) на территории щита довольно неравномерно (таблица 2). Большинство их (57,2%) относится к ультраметаморфическому (магматическому), связанного с гранитоидами, типу. Они распространены на всей территории щита. Второе место по количеству (24,3%) занимают проявления метасоматического типа, также распространенные на всей его территории. Подчиненное значение по количеству имеют ториепроявления гидротермального (11%), терригенно-кластогенного (4%) и магматического, связанного со щелочными интрузиями, генетических типов. Оруденение гидротермального типа встречено на всей территории щита, терригенно-кластогенного – на южных склонах Подольского и Белоцерковского мегаблоков, а также в южной части Ингулецко-Криворожской шовной зоны, магматического, связанного со щелочными интрузиями – почти целиком в пределах Приазовского блока.

**Таблица 2.** Распределение ториепроявлений по генетическим типам (подтипам) в мегаструктурах Украинского щита

Индекс генетического типа (подтипа) ториевого оруденения	Ранг ториепроявлений	Мегаструктуры Украинского щита						
		Вольнский мегаблок	Подольский мегаблок	Белоцерковский мегаблок и Голованевская шовная зона	Ингульский мегаблок и Ингулецко-Криворожская шовная зона	Приднепровский мегаблок	Приазовский мегаблок и Орехово-Павлоградская шовная зона	Украинский щит
I-1	Проявления минерализации.	36	57	126	198	18	56	491
	Рудопроявления	–	8	4	6	–	2	20
I-2	Проявления минерализации.	19	19	39	35	10	12	134
	Рудопроявления	–	4	3	3	1	–	11
I-3	Проявления минерализации.	10	14	33	35	14	12	118

	Рудопроявлення	1	3	1	3	1	2	11
II-1	Проявлення минерализации.	–	–	–	1	3	24	28
	Рудопроявлення	1	–	–	–	–	12	12
II-2	Проявлення минерализации.	–	–	–	–	–	3	3
	Рудопроявлення	–	–	–	–	–	1	1
III-1	Проявлення минерализации.	–	44	73	45	5	34	201
	Рудопроявлення	–	19	15	10	1	8	53
III-2	Проявлення минерализации.	–	2	23	18	–	3	46
	Рудопроявлення	–	–	4	–	–	–	4
III-3	Проявлення минерализации.	–	–	–	3	4	16	23
	Рудопроявлення	–	–	–	–	–	8	8
IV-1	Проявлення минерализации.	9	4	11	12	20	10	66
	Рудопроявлення	10	2	7	9	11	9	48
IV-2	Проявлення минерализации.	–	–	–	31	–	–	31
	Рудопроявлення	–	–	–	7	–	–	7
V-1	Проявлення минерализации.	–	–	1	17	–	–	18
	Рудопроявлення	–	–	–	3	–	–	3
V-2	Проявлення минерализации.	–	11	18	–	–	–	29
	Рудопроявлення	–	4	1	–	–	–	5
Всего	Проявления минерализации.	74	151	324	395	74	170	1188
	Рудопроявления	12	40	35	41	14	41	183
	Всего ториепроявлений	86	191	359	436	88	211	1371

### Характеристика генетических типов ториепроявлений

**Ультраматаморфический (магматический), связанный с гранитоидами, генетический тип.** Гранитоиды различных петрогенетических групп [9] занимают около 80% территории щита, однако гранитообразование не привело к возникновению значительных концентраций тория, которые бы могли заинтересовать промышленность. Скопления радиоактивных аксессуарных минералов в гранитоидах всех подтипов имеют гнездово-шпировый характер и не имеют значительных объемов. По содержанию тория руды в рудопроявлениях в основном бедны и сложены монацитом, цирконом, ортитом, апатитом, иногда ксенотимом, а в субщелочных разностях к ним добавляются циртолит, бастнезит, иногда торит и рабдофанит. В жильных пегматоидных гранитах и пегматитах появляется высокотемпературный торийсодержащий уранинит. Среди ториепроявлений этого типа рудопроявления составляют лишь 5,6%, в том числе в гранитах и мигматитах - 4,1%, в гранитах пегматоидных - 8,0% и в пегматитах - 9,9%, что обусловлено общим повышением содержания актиноидов в гранитоидах поздних и заключительных фаз гранитообразования.

Распределение тория в гранитоидах различных петрогенетических групп рассмотрено нами в работе [10]. Автохтонные гранитоиды архея и палеопротерозоя характеризуются

низким содержанием тория. Лишь в прогрессивных палингенно-метасоматических (кировоградский, житомирский комплексы) или регрессивных (уманский, гайсинский комплексы) гранитоидах палеопротерозоя оно достигает кларковых значений. Заметно повышенное содержание тория характерно для аллохтонных гранитов неоархея (токовский, мокромосковский комплексы), палеопротерозоя (новоукраинский комплекс) и, особенно, редкометальных лейкогранитов (апогранитов) мезопротерозоя (пержанский, каменногильский комплексы), где оно достигает значения  $46 \cdot 10^{-4}\%$  при коэффициенте вариации 38%. Однако даже в отношении существенно микроклиновых гранитов Токовского массива, где среднее содержание тория достигает  $75 \cdot 10^{-4}\%$ , можно говорить лишь об их геохимической (а не металлогенической) специализации на торий, ибо коэффициент вариации содержания тория в них не превышает 40%.

***Магматический, связанный со щелочными интрузиями, генетический тип.***

Щелочной интрузивный магматизм в основном развит в восточной части Приазовского мегаблока. Ториевое оруденение здесь связано, главным образом, с породами габбро-сиенитовой формации южно-кальчикского и октябрьского комплексов. Несколько рудопроявлений тория отмечено в образованиях щелочного покрово-киреевского комплекса герцинского возраста. Значительно меньше в пределах этого мегаблока распространено ториевое оруденение в породах щелочной ультраосновной формации, составляющих черниговский комплекс в западной и ряд проявлений линейных карбонатитов в восточной его частях. За пределами Приазовского мегаблока ториевые проявления в образованиях габбро-сиенитовой формации встречаются в связи с Коростенским и Корсунь-Новомиргородским плутонами анортозит-рапакивигранитной формации. Однако заметное обогащение торием на уровне рудопроявлений отмечено лишь в Ястребецкой щелочной интрузии в северо-западном экзоконтакте Коростенского плутона. Проявления ториевой минерализации вмещает и Малотерсянский щелочной массив в крайней северо-восточной части Приднепровского мегаблока.

Таким образом, в этом генетическом типе определились два подтипа ториевого оруденения – в образованиях габбро-сиенитовой и щелочной ультраосновной формаций, имеющих отличия как в минеральном составе, так и времени образования. Появление ультраосновной щелочной формации связано с ультраметагенной протоактивизацией в конце палеопротерозоя, а габбро-сиенитовой – с автономной активизацией в мезопротерозое.

**II-1.** Оруденения в образованиях габбро-сиенитовой формации составляет 76,2% всех ториевых проявлений этого типа. Формация включает две субформации – вмещающую нефелин и безнефелиновую, имеющие отличия в составе и характере оруденения.

**II-1а.** Представителем ториевого оруденения в породах первой субформации является Мазуровское месторождение в пределах Октябрьского щелочного массива, отнесенное к редкометальной рудной формации в нефелиновой сиенитах и охарактеризованное в работах [8, 11]. Здесь оруденение прослежено по простиранию до 3 км и на глубину 600 м. Рудные тела сложены мариуполитами, сиенит-пегматитами и полевошпатовыми метасоматитами в виде жилообразных тел мощностью до нескольких десятков метров. Оруденение представлено пироксеном и цирконом, в меньшей степени – бритолином, бастнезитом, ортитом. Среди лантаноидов преобладают элементы иттриевой группы. В нефелиновых сиенитах отмечены включения ферриторита. Содержание тория в отдельных интервалах по скважинам достигает 0,25% на мощность 2,6 м и 0,22% на 2,0 м, где, кроме пироксена отмечены торит, ортит и ксенотим.

**II-1б.** Наиболее изученным представителем оруденения в породах безнефелиновой субформации является Азовское месторождение в пределах Володарского массива южно-кальчикского комплекса, охарактеризованного в работах [8, 11, 12, 13]. Оно отнесено к фтор-редкометально-редкоземельной рудной формации [8]. Основная масса оруденения здесь приурочена к пироксен - и оливинсодержащим сиенитам. Основным

торійсодержащим мінералом являється бритоцит, присутствуют иттробритоцит, ортит, монацит, бастнезит. Продуктивна зона має потужність до 70 м на флангах і до 450 м в центральній частині, прослідкована по простиранию на 1800 м і на глибину до 600 м. Вміст торію в бритоциті до 1,1%, а в ортиті до 0,4% [12]. Вміст лантановидів, в основному церієвої групи, в руді досягає 12,7%, иттрію – 8,5%, а торію в середньому 0,048% [13]. В межах родовища встановлено ряд пересічень по скважинах з вмістом торію 0,11% на потужність 3,2 м, 0,09% на 2,6 м, 0,2% на 1,2 м. Бритоцит своїми властивостями і вмісту лантановидів і торію значно поступає монациту, що обумовило низькі показники технологічного дослідження руд [11].

За даними [14] оруднення обох родовищ обумовлено збагаченням первинного расплава після основної стадії кристалізації рудогенними елементами за рахунок привносу їх глибинними мантийними флюїдами.

**II-2.** Оруднення в образованіях щелочної ультраосновної формації складає 23,8% торієпроявлень, віднесених до цього типу. В Східному Приазов'ї виявлено невелике Петрово-Гнутовське родовище, представлене жильним тілом потужністю до 3 м, по простиранию на 1 км і на глибину до 150 м. Воно складено кальцитом з тонкою крапленістю флюорита, паризита, бастнезита і контролюється зоною глибинного Кальмиуського розлому. О карбонатитовій природі цього утворення свідчить фенітизація вмещаючих порід, наявність лантановидів церієвої групи і церійсодержачого флюорита, а також палеопротерозойський вік оруднення. Місцями вміст рідкоземельних фторкарбонатів досягає 15-20%. Вміст торію в штуфах становить 0,026-0,4%, іноді досягає 7,8%. Подібні прояви мінералізації встановлені на північному-сході від родовища вздовж зони Кальмиуського розлому. За даними [8] це оруднення може бути віднесено до лінійних фторсодержачих рідкоземельних карбонатитів, аналогічних унікальному родовищу Маунтин-Пасс (Каліфорнія).

До цієї формації також відноситься Новополтавське фосфор-рідкометалеве родовище в утвореннях чернігівського комплексу [11] в Західному Приазов'ї. Тут карбонатити кальцит-доломітового складу, щелочні і нефелінові сієніти, а також перидотити і феніти утворюють кулісообразнозалегаючі тіла потужністю до 100 м, прослідковані на протязі кількох кілометрів вздовж зони глибинного Чернігівського розлому, при максимальній загальній потужності 700 м в районі родовища. Почти всі оруднення сконцентровані в карбонатитах у формі апатиту, пірохлору, фергусоніта, гатчеттоліта, циркону, монациту. Лише в окремих пробах відзначено наявність торію на рівні 0,01-0,02%. В пірохлорі і гатчеттоліті торій взагалі не виявлено, навіть монацит містить його в дуже малій кількості.

**Метасоматический генетический тип.** Цей тип торійсодержачого оруднення включає три підтипу: утворення, обумовлені глибинними флюїдами, калієві метасоматити, пов'язані з постгранітизаційними процесами і суттєво натрієві метасоматити, феніти, пов'язані з внедренням щелочних інтрузій.

**III-1.** Підтип образованій, обумовлених глибинними флюїдами, складає 75,7% всіх торієпроявлень цього типу, виділено, головним чином, з маси торієпроявлень, раніше [6] віднесених до магматического (ультраметаморфического), пов'язаного з гранітоїдами, генетическому типу. Підставою до цього послужило те, що ці прояви відрізняються аномально високим торій-урановим відношенням в порівнянні з середніми значеннями для відповідних гранітоїдних комплексів. В ряді випадків уран взагалі не фіксується за даними опробування. Розгляд їх просторового розміщення показав, що звичайно вони приурочені до зон глибинних розломів, особливо Голованевської і Інгулецько-Криворізької шовних зон, або до площин прояви мантийного діапіризма [15], почавшогося в кінці палеопротерозою і мавшого

многоетапное развитие. Такие площади отличаются наличием интрузий щелочных пород, регрессивных или ремобилизованных автохтонных, а также аллохтонных гранитоидов, широкой проявленностью высокотемпературных метасоматических изменений и флюидизатно-эксплозивной деятельности [16, 17]. В связи с тем, что ториевое оруденение, связанное с глубинными флюидизатами, ранее не рассматривалось, остановимся на его характеристике более подробно.

Довольно широко ториепроявления с аномально высоким торий-урановым отношением распространены в пределах южной части Подольского мегаблока, сложенной гранитоидами ремобилизованного бердичевского и регрессивного побужского комплексов и осложненной узлами пересечения зон глубинных долгоживущих разломов – Немировской, Подольской и Хмельникской, а также Чапаевского и Тарасовского региональных разломов. Здесь установлены малые интрузивные тела образований проскуровского щелочного комплекса, проявления фенитизации, скарнирования и флюидизатно-эксплозивной деятельности, ультраосновные породы герцинского возраста [17], а также эпигенетические пегматоидные граниты и калишпатовые метасоматиты, которые некоторые исследователи относят к флюидизатам [18]. В целом метасоматические изменения в породах выражены калишпатизацией, биотитизацией, окварцеванием, альбитизацией, графитизацией.

На этой территории выявлено 91 ториепроявление, в том числе 29 рудопроявлений, из которых 55 (60,4%), в т.ч. 16 рудопроявлений (55,2%) имеют торий-урановое отношение от 50 до 220 (при среднем значении для гранитоидов УЩ 6,37 и аномальном 17,8 [10]). Лишь одному рудопроявлению свойственны черты гидротермального происхождения, а 12 отнесены к ультраметаморфическому (магматическому), связанному с гранитоидами, типу, не имеющему промышленных перспектив, и характеризуют субстрат, по которому развивалось эпигенетическое оруденение других типов. Таким образом, оруденение с аномально высоким торий-урановым отношением определяет металогенический облик этой территории, а сложенные им рудопроявления имеют содержание тория от 0,05 до 0,87% на мощность 0,5-11,7 м при содержании урана 0,0004-0,004% (на Ровском рудопроявлении при содержании тория 2,2% содержание урана не превышает 0,01%). Торийсодержащим минералом в основном является монацит, в меньшей мере циркон, апатит, ксенотим. Оруденение приурочено к эпигенетическим гранитам пегматоидным, реже к чарнокитам побужского комплекса. Наиболее известными из этих ториепроявлений является Сабаровское, Николаевское, Майдан-Голосковское и Ровское [11]. Отсутствие заметных диафорических изменений во вмещающих оруденение породах свидетельствует о высокотемпературном режиме его формирования. В то же время, оно существенно отличается от оруденения в высокотемпературных приразломных калиевых метасоматитах привносом лишь тория, то есть его нельзя рассматривать как непосредственно связанное с постгранитизационными процессами при палингено-метасоматическом гранитообразовании, для которого характерен привнос как урана, так и тория.

Характеризуемая территория определилась как Подольская редкоземельно-ториеносная металлогеническая область, расположенная над западным крылом Гайсинской криптоинтрузии (мантийного диапира), имеющей «шляпу» диаметром около 100 км и залегающей на глубине 18-35 км [17]. Особенностью области является повышенная монацитонность, причем, в отличие от гранитоидов бердичевского и других комплексов УЩ, где аксессуарный монацит образовался одновременно с породообразующими минералами, гранитоиды побужского комплекса характеризуются более сложным его формированием, на что обратили внимание исследователи [19, 20, 21]. Сингенетический, с формированием гнейсов пироксен-плагиоклазовых, мигматитов гранат-пироксеновых и гранитоидов бердичевского комплекса, монацит с изотопным возрастом в диапазоне от 3300 до 2200 млн. лет [11] содержит от 3,55 до 7,4% тория, в то время как в монаците из гранитов пегматоидных и чарнокитов побужского комплекса с возрастом 2100-1830 млн. лет содержание его составляет 11,28-12,9%. При этом древние монациты содержат 0,44-0,78%, а

монациты побужского комплекса - 0,08-0,11%  $U_3O_8$  [21]. Согласно данным [3] в наиболее распространенных монацитах, образованных из гранитной магмы, торий-урановое отношение находится в пределах 10-60. В монацитах из гранитов пегматоидных и чарнокитов побужского комплекса оно достигает значений 70 и даже 193 [21]. Это в какой-то мере поясняет наличие ториепроявлений с аномальным значением этого отношения. Однако содержание урана и тория в породах обусловлено комплексом акцессорных и породообразующих минералов, где, кроме монацита, все остальные характеризуются этим отношением на уровне ниже 1, лишь достигая иногда значений 1-2. Поэтому объяснить высокие значения этого показателя на рудопроявлениях лишь присутствием высокториевого позднего монацита затруднительно. Не исключено присутствие значительного количества тория в безминеральной форме.

При формировании чарнокитов отмечается замещение гиперстена апатитом, фторапатитом и биотитом при одновременном замещении новообразованным монацитом апатита и пироксена и развитием антипертитов. По данным [19, 21] монацит в пегматоидных гранитах ассоциируется с новообразованными биотитом, альбитом и кварцем и вместе с ними образует прожилки, пересекающие пегматоидные граниты. Появлению монацита, альбита и кварца предшествовал катаклаз пород. Новообразованный монацит находится в парагенезисе с фторапатитом и биотитом, обогащенным фтором. Это позволило полагать, что в составе растворов, давших начало образованию монациту, лантаноиды и торий находились в виде соединений, в которых фтор и фосфор играли важную роль. По данным [22], торий в магматическом расплаве способен создавать устойчивые легкоподвижные летучие соединения, а в послеинтрузивных газообразных высокотемпературных растворах он мигрировал, в основном, в форме как комплексных, так и простых фтористых соединений. О потоках мантийных растворов с высокой концентрацией тория упоминается в работе [23], а величина флюидного давления над интрузией могла втрое превышать аналогичный параметр вулканического извержения [18]. На хорошо изученном Азовском месторождении [14] установлено, что рудные участки формировались под влиянием мантийных флюидов, которые вместе с фтором несли лантаноиды и цирконий. При этом первая, наиболее высокотемпературная, волна поступления лантаноидов характеризуется резким преобладанием легких разностей, с которыми обычно связан торий. Отмечена вертикальная геохимическая зональность с ростом отношения содержания лантаноидов к содержанию циркония снизу вверх [8]. Не исключено, что значительное обогащение лантаноидами и торием относительно циркония на Николаевском, Майдан-Голосковском и Ровском участках обусловлено разной активностью этих элементов в высокомиграционноспособных растворах, являющихся производными глубинных флюидов [16].

Аномально высокое торий-урановое отношение характерно для гранитоидов регрессивного гайсинского комплекса, расположенного над криптоинтрузией, и эндебитов архейского гайворонского комплекса, расположенного над её юго-восточным крылом. Для обоих этих комплексов, сформированных по метаморфизованным в условиях гранулитовой фации архейским породам днестровско-бугской и бугской серий характерно очень низкое содержание урана при повышенном содержании тория, а по данным [24] в условиях гранулитовой фации торий выносился из пород более интенсивно, чем уран. Поэтому обогащение торием образований обоих комплексов могло произойти лишь при условии привноса его в более позднее время. По данным [25], в эндебитах установлен новообразованный монацит с изотопным возрастом 2030 млн. лет.

Учитывая особенности геологического строения Подольской металлогенической области и прилегающего района, а также характер накопления тория, возникает представление об определяющей роли в формировании здесь эпигенетического редкоземельно-ториевого оруденения глубинных флюидов или флюидизатов. По данным одних исследователей [17] эндогенное преобразование геологических формаций в земной коре происходит под воздействием метасоматизирующего влияния высокотемпературных

глибинних флюидов, обогаченних некогерентними елементами, и выражено развитием фенитизации, скарнирования, микроклинизации, образованием слюдитов и пегматоидных гранитов. Другие [18] считают, что флюидизитовые породы – это многофазные гидротермальные образования. Поскольку рассмотренное оруденение сформировано в условиях высокотемпературного режима метасоматического преобразования, считаем оправданным рассмотрение его в качестве подтипа метасоматического генетического типа.

В последнее время сформировалось представление о флюидизме как о самостоятельном явлении, по масштабу равнозначном метаморфизму или магматизму, а рудообразующие системы в земной коре являются производными глубинных флюидов, которые трансформировались в ходе взаимодействия с материалом литосферы [18, 26].

**III-2.** Ториепроявления в калиевых метасоматитах, связанных с постгранитизационными процессами составляют 15% всех ториепоявлений метасоматического типа и наиболее широко распространены в пределах Голованевской шовной зоны на пересечении Первомайско-Трактемировского и Алексеевско-Дашевского глубинных разломов. Здесь выявлены небольшие Южное, Лозоватское и Калиновское месторождения [27], вместе с рядом рудопроявлений отнесенные к уран-торий-редкоземельной рудной формации в высокотемпературных приразломных калиевых метасоматитах.

Жилы пегматоидных гранитов мощностью до 10 м слагают пояса, согласно с зонами разломов простирания и крутого падения протяженностью до 12 км и шириной до 500 метров. Калиевый и в меньшей мере магнизиально-железистый метасоматоз наложен в основном на швы бластотектонитов мощностью до 30 м, преимущественно наследующие тела пегматоидных гранитов. Ареалы метасоматитов имеют зональное строение, ширину до первых сотен метров и протягиваются вдоль разломов на несколько километров. Комплексное оруденение приурочено к внутренней зоне метасоматитов небольшой мощности, сложенной микроклином с небольшим количеством новообразованного биотита, и представлено торийсодержащим уранинитом, в меньшей мере – настураном и коффинитом, а также монацитом, циртолитом, торогуммитом, фторапатитом и сульфидами, в основном молибденитом. Отсутствие заметных диафорических изменений во вмещающих оруденение породах свидетельствует, что образование рудоносных метасоматитов происходило в высокотемпературных условиях. Глубина их формирования оценивается от 8 до 10 км, а изотопный возраст – в пределах 2000-1950 млн. лет. Рудоформирующий метасоматоз выражен привнесом в основном урана, что отражено в снижении торий-уранового отношения в небольшом количестве новообразованного монацита по отношению к аксессуарному в пегматоидах, а также снижением его в комплексных рудах по мере роста в них содержания урана от 0,7 до 0,15. Среднее содержание тория в рудах 0,033% при содержании урана 0,05-0,07%.

**III-3.** Ториепроявления в существенно натриевых метасоматитах, связанных с внедрением щелочных интрузий, составляют 9,3% ториепоявлений метасоматического типа. Основная масса их, в том числе все рудопроявления, сосредоточена в восточной части Приазовского мегаблока. Охарактеризованное выше Петрово-Гнутовское месторождение и ряд подобных ему проявлений минерализации среди фенитизированных пород хлебодаровского комплекса по данным [28] находятся в пределах полосы протяженностью 27 и шириной до 11 км, контролируемой зоной Кальмиусского разлома на участке, где он пересекается с зоной Конкского глубинного разлома. Эта полоса характеризуется развитием редкоземельно-флюоритовой с торием минерализации, окварцевания и калишпатизации. Отмечены многочисленные карбонатные и карбонатно-флюоритовые жилы и прожилки с паризитом, сопровождаемые фенитизацией. Торий-редкоземельная минерализация не связана генетически с породами хлебодаровского комплекса, а обусловлена проявлением мезопротерозойской активизации, приведшей к появлению не выведенных на уровень эрозионного среза, щелочных интрузий. Образования хлебодаровского комплекса

характеризуються очень низким содержанием фтора [28], а акцессорная минерализация в них отличается от той, что отмечена на ториепроявлениях. Здесь выявлены 4 рудопроявления с содержанием тория 0,11-0,115% на мощность 0,8-0,9 м при содержании урана 0,015-0,046%.

Другим участком развития подобной минерализации является промежуток между Октябрьським и Кременевским массивами – так называемое Красновское поле жильных редкоземельных проявлений в пределах зоны Конкского разлома. Здесь рядом скважин на глубине вскрыты щелочные породы и выявлена серия флюорит-халцедоновых и карбонатных жил с содержанием лантаноидов до 0,8%, сопровождаемых фенитизацией. Установлены 3 рудопроявления с содержанием тория 0,05-0,16% на мощность 0,7-2,0 м при содержании урана 0,0015-0,046%. Оруденение представлено цирконом, малаконом, торитом, апатитом и сопровождается новообразованными альбитом, карбонатом и графитом. В восточной части этого поля находится небольшое Анадольське редкоземельное месторождение [11], рудная залежь которого мощностью до 3 м сложена флюорит-апатит-ортитовыми прожилками и прослежена на протяжении 1 км. Она сопровождается интенсивной фенитизацией вмещающих пород. В штучках установлено до 0,14% тория при содержании урана 0,02%. На участке месторождения предполагается шток щелочных пород. В пределах самих щелочных массивов отмечены новообразования альбита, эгирина, рибекита, флюорита и карбонатов на участках катаклаза и брекчирования.

**Гидротермальный генетический тип.** В составе этого типа выделены два подтипа: образования, связанные с тектоно-термальной активизацией (ТТА) в земной коре, и натрий-цирконий-фосфорные метасоматиты зон разломов, образование которых по последним данным [29, 30, 31] связывается с глубинными источниками. Ториепроявления первого подтипа встречены на всей территории щита, а второго ограничены пределами Ингульского мегаблока и Ингулецко-Криворожской шовной зоны. Это обусловлено ограниченным развитием оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах [31], ранним высокотемпературным минеральным типом которой являются натрий-цирконий-фосфорные метасоматиты.

Согласно данным [32], в переносе тория в высокотемпературных гидротермальных растворах основную роль играли галогены, особенно фтор, и CO<sub>2</sub>. Они обуславливали возникновение устойчивых и легкоподвижных соединений как простых фторидных, так и комплексных, особенно карбонатных. В гидротермальных ассоциациях развита лишь одна собственно ториевая минеральная форма – торит (ферриторит) и значительно шире распространено включение тория в состав других минералов, особенно лантаноидов, циркония и ниобия. Торий может выщелачиваться из монацита и ксенотима при их метасоматическом замещении гидротермальными карбонатами и фторкарбонатами с образованием бастнезита, паризита, иттрийфлюорита. Извлеченный торий дает вторичные концентрации в форме торита и ферриторита.

**IV-1 Оруденение в образованиях, связанных с тектоно-термальной активизацией в земной коре** слагает 75% ториепроявлений гидротермального типа. Оно наиболее изучено в пределах Пержанского рудного узла на пересечении Суцано-Пержанской зоны глубинного разлома с Центральным региональным разломом в северной части Волынского мегаблока, охарактеризованного в работах [8, 11, 33]. Здесь апограниты пержанского мезопротерозойского комплекса вмещают редкометальную и полиметальную минерализацию, на фоне которой разведано Пержанское бериллиевое месторождение [33]. В его пределах ториевое оруденение сосредоточено не в залежах бериллиевых руд, а образует самостоятельные, согласные с ними зоны. Минералого-петрографическими исследованиями установлено более позднее образование радиоактивных минералов относительно бериллиевых. Определения изотопного возраста ториевого оруденения показали формирование его в диапазоне 450-210 млн. лет. Встреченное здесь же урановое гидротермальное оруденение имеет возраст около 1000 млн. лет. Таким образом, в пределах рудного узла фиксируется многоэтапный рудный процесс: редкометальное оруденение готского, урановое позднегерциньского и ториевое герциньского времени. Четкого

телескопирования оруденения разных этапов не отмечается. Ториевое оруденение, в отличие от оруденения предыдущих этапов, наложено не только на пержанские апограниты, но и на вулканогенно-осадочные образования Белокоровичской структуры. В отдельных пересечениях по скважинам содержание тория достигает 5% на мощность 0,4 м. В целом мощность интервалов с содержанием тория 0,1-0,2% не превышает 1,1 м, а с содержанием 0,05-0,1% – 2,4 м. Оруденение сложено торитом, ферриторитом, ураноторитом, оранжитом; присутствуют циртолит, циркон, малакон, настуран, сульфиды, а в пределах Белокоровичской структуры и торийсодержащий твёрдый битум.

Значительно менее изучено оруденение этого подтипа в северной части неоархейского Токовского гранитного массива, осложненного узлом пересечения крупных разломов, в пределах Днепровского мегаблока. Здесь урановое и ториевое оруденение контролируется локальными разломами. По тектонизированным гранитам развиты гидротермальные новообразования: хлорит, гематит, альбит, вплоть до образования альбититов. Содержание тория в рудопроявлениях колеблется от 0,055 до 0,094% на мощность 0,6-0,8 м. Урановое оруденение датировано в диапазоне 1680-570 млн. лет, а ториевое – 530-370 млн. лет. Оруденение представлено монацитом, цирконом, апатитом, ортитом и окислами урана.

**IV-2.** Ториепроявления в натрий-цирконий-фосфорных метасоматитах зон разломов, составляет около 25% ториепроявлений гидротермального типа. Оруденение этого подтипа наиболее развито в северной части Ингульского мегаблока, где оно в основном контролируется зоной Кировоградского глубинного разлома в экзоконтакте Корсунь-Новомиргородского плутона анортозит-рапакивигранитной формации. Здесь выявлены несколько рудопроявлений, из которых наиболее изучено Тимошевское. В его пределах натрий-цирконий-фосфорные метасоматиты, несущие редкоземельно-иттрий-урано-ториевое оруденение, развиты как по мигматитам кировоградского комплекса, так и по рапакивигоподобным гранитам. Они образуют небольшие залежи, содержащие до 0,15% иттрия, 0,03% лантана, 6% фосфора, а в отдельных штуфах количество апатита достигает 70%. Содержание тория не превышает 0,05% на мощность 3 м при содержании урана 0,04%. Оруденение представлено торитом, фторапатитом, цирконом, монацитом, настураном и коффинитом. Подобные ториепроявления встречены и в северной части Новоукраинского гранитного плутона вблизи контакта его с Корсунь-Новомиргородским плутоном, а также на глубоких горизонтах месторождений урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах (Центрального, Севериновского, Мичуринского, Ватутинского, Желтореченского). В месторождениях они встречаются обычно на флангах или на продолжении по простиранию урановорудных залежей и имеют содержание тория на уровне первых сотых долей процента. Значительные залежи подобных руд выявлены лишь в пределах отработанного Желтореченского месторождения (Ингулеcko-Криворожская шовная зона), где руды, кроме перечисленных элементов, содержат скандий, концентрирующийся в эгирине.

**Терригенно-кластогенный генетический тип.** В этом типе выделены осадочный терригенный метаморфизованный и осадочный терригенный подтипы. Оба они представлены погребенными, в основном монацитовыми, россыпями. Ториепроявления первого подтипа приурочены к палеопротерозойским смятым в складки и метаморфизованным базальным образованиям скелеватской свиты криворожской серии, а второго – к нижней части разреза осадков венда, плащеобразно перекрывающих фундамент юго-западного склона щита.

**V-1** Ториепроявления осадочного терригенного метаморфизованного подтипа слагают 38,2% всех ториепроявлений этого типа и сосредоточены в пределах Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны, являющейся частью Ингулеcko-Криворожской шовной зоны. Наиболее изученным объектом здесь является небольшое урано-ториевое Николо-Козельское месторождение в замковой части Лихмановской синклинали [27]. Оруденение локализовано в пластах конгломератов мощностью от 0,3 до 3,5 м и протяженностью до 2 км, сложенных кварцевой галькой величиной 2-5 см, составляющей 65% породы.

**V-2.** Ториепроявления осадочного терригенного подтипа составляют 61,8% всех ториепроявлений терригенно-кластогенного типа. Они тяготеют к Подольской, Мироновско-Тальновской и Звиздаль-Залеского зонам разломов, что обусловлено формированием их в

пределах эрозионно-тектонических депрессий в кристаллическом фундаменте. Эти депрессии характеризуются повышенными мощностями осадочного чехла и развитием грубозернистых фаций в базальном слое, к которым и приурочено оруденение. Более изучено оно в линейных депрессиях Подольской зоны, где, сосредоточены все рудопроявления этого подтипа. Содержание тория в них колеблется от 0,05 до 0,1% на мощность 2,5-4,3 м. Оруденение представлено, в основном, монацитом, в значительно меньшей мере цирконом, ксенотимом и циртолитом. За пределами этой зоны содержание тория в базальном слое венда не превышает 0,02%.

### Заклучение

Соотношение количества рудопроявлений и проявлений минерализации различных генетических типов (подтипов) имеет металлогеническое значение и характеризует способность рудного процесса к образованию масштабных концентраций рудогенных элементов. Его можно выразить коэффициентом интенсивности рудообразования КИР [6]. Среднее его значение для ториевого оруденения в докембрийских образованиях УЩ составило 0,154 (табл. 2, 3).

**Таблица 3.** Величины коэффициента интенсивности рудообразования для ториевого оруденения различных генетических подтипов в докембрийских породах Украинского щита.

Индекс генетического подтипа	Значения коэффициента интенсивности рудообразования (КИР)						
	Вольнский мегаблок	Подольский мегаблок	Белоцерковский мегаблок и Голованевская шовная зона	Ингульский мегаблок и Ингулецко-Криворожская шовная зона	Приднепровский мегаблок	Приазовский мегаблок и Павлоградская шовная зона	Украинский щит
I-1	не опр.	0,140	0,032	0,030	не опр.	0,036	0,041
I-2	не опр.	0,210	0,077	0,086	0,100	не опр.	0,080
I-3	0,100	0,214	0,030	0,086	0,071	0,167	0,093
II-1	не опр.	-	-	не опр.	не опр.	0,500	0,428
II-2	-	-	-	-	-	0,333	0,333
III-1	-	0,432	0,205	0,222	0,200	0,235	0,264
III-2	не опр.	не опр.	0,174	не опр.	-	не опр.	0,087
III-3	-	-	-	не опр.	не опр.	0,500	0,348
IV-1	1,110	0,500	0,636	0,750	0,556	0,900	0,727
IV-2	-	-	-	0,238	-	-	0,238
V-1	-	-	не опр.	0,176	-	-	0,167
V-2	-	0,364	0,056	-	-	-	0,172
В целом	0,149	0,270	0,109	0,105	0,167	0,243	0,154

Наибольшим его значением (0,727) выделяется гидротермальное оруденение, связанное с ТТА в земной коре. На втором месте по этому показателю (0,438) оказалось оруденение в щелочных интрузиях габбро-сиенитовой формации. Третье место (0,348) заняли оруденения в существенно натриевых метасоматитах, связанных с внедрением щелочных интрузий, четвертое (0,333) – оруденение в образованиях щелочной ультраосновной формации, представленное линейными карбонатитами. Существенно повышенным значением КИР (0,264) характеризуется оруденение, представленное глубинными флюидизатами. Заметное повышение этого показателя (0,238) относительно среднего по щиту свойственно гидротермальному оруденению в натрий-цирконий-фосфорных метасоматитах зон разломов и совсем незначительное – оруденению в неметаморфизованных (0,172) и метаморфизованных (0,167) россыпях. Низкие значения КИР имеет оруденение в калиевых метасоматитах, связанных с постгранитизационными процессами (0,087) и, особенно, всего ультраметаморфического (магматического), связанного с гранитоидами, генетического типа (0,057).

Таким образом, наиболее продуктивным в отношении формирования месторождений торийсодержащих руд можно считать оруденения гидротермального, связанного с ТТА в земной коре генетического подтипа и всё оруденение, обусловленное внедрением щелочных

интрузий. Несколько ниже оцениваются перспективы оруденения, обусловленного глубинными флюидами, хотя в пределах Подольского мегаблока его КИР имеет значение 0,432. В урановых месторождениях в приразломных натриевых метасоматитах комплексное оруденение в натрий-цирконий-фосфорных метасоматитах имеет локальный характер и не связано непосредственно с промышленными залежами урановых руд. Поэтому о попутном извлечении тория здесь речь не идет. Россыпи обоих подтипов являются глубоко погребенными и имеют ограниченные размеры при низком качестве руд. Всё ториевое оруденение ультраметаморфического (магматического), связанного с гранитоидами, генетического типа не имеет промышленных перспектив. При условии отработки небольших месторождений уран-торий-редкоземельной формации в высокотемпературных приразломных калиевых метасоматитах с бедными по содержанию урана, но хорошо обогащаемыми рудами в пределах Голованевской шовной зоны возможно попутное извлечение тория, чему способствует его минеральная форма.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Котова В.М., Скороваров Д.И.* Месторождения тория СНГ и их перспективность (генетические типы месторождений). // Доклады совещания технического комитета МАГАТЭ. – Киев. 1995. – С. 87-91.
2. *Каждан А.Б., Соловьев Н.Н.* Поиски и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов. – Москва: Недра. – 1982. – 280 с.
3. *Каплан Г.Е., Успенская Т.А., Чирков И.В.* Торий, его сырьевые ресурсы, химия и технология. – Москва. – 1960. – 224 с.
4. *Невский В.А.* Геология постмагматических ториево-редкометалльных месторождений. – Москва: Атомиздат. 1972. – 407 с.
5. *Чирков И.В.* Ториеносные рудные формации СССР // Мат-лы по геологии урановых месторождений. Вып. 40 – Москва. – 1975. – С. 46-54.
6. *Анисимов В.А., Кузьмин А.В., Макивчук О.Ф. и др.* Ториеносность докембрийских пород Украинского щита и его склонов // Геологический журнал. – 2007. – №3. – С. 51-58.
7. *Кулиш Е.А., Комов И.П., Яценко В.Г. и др.* Стратегические минеральные ресурсы Украины для ядерной энергетики. К.: Логос, 2010. – 286 с.
8. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита. Донецк: Изд. Вебер. 2007. – 220 с.
9. *Есипчук К.Е.* Петролого-геохимические основы формационного анализа гранитоидов докембрия. Киев: Наукова думка. 1988. – 263 с.
10. *Кузьмин А.В., Ярошук М.А.* Распределение тория в кристаллических породах Украинского щита // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України. 2015. Вип 24. – С. 24-43.
11. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые. Киев – Львов: Изд. Центр Европы. 2005. – 739 с.
12. *Мельников В.С., Возняк Д.К. и др.* Азовское цирконий-редкоземельное месторождение: минералогические и геохимические особенности. // Минералогический журнал №1. 2000. – С. 42-62.
13. *Стрекозов С.Н., Васильченко В.В. и др.* Геологическое строение и характер оруденения Азовского месторождения. // Мінеральні ресурси України. №3. 1998. – С. 6-9.
14. *Шеремет Е.М., Седова Е.Т.* Генетические аспекты редкометалльно-редкоземельного оруденения южно-кальчикского и октябрьского комплексов Приазовья (Украинский щит). // Сквозные рудоконцентрирующие структуры. Москва: Наука. 1989. – С. 169-176.
15. *Оровецкий Ю.П.* Мантийный диапиризм. Киев: Наукова думка. 1990. – 172 с.

16. *Лазаренко Е.Е.* Термобарохимические эксплозивно-гидротермальные процессы в породах центральной части Украинского щита. // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. Львов. 1983. – 27 с.
17. *Яценко Г.М., Гурский Я.С. и др.* Алмазные формации и структура юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Киев: УкрГГРИ. 2002. – 331 с.
18. *Дерябин Н.И.* Флюидизиты докембрия. Киев. ИГ НАН Украины. 1997. – 172 с.
19. *Слензак О.И.* Петрогенезис чарнокітового комплексу Придністровської частини Українського щита. АН УРСР. Київ. 1958. – 48 с.
20. *Щербак Н.П., Алексеева К.Н., Гольденфельд И.В. и др.* Возрастные взаимоотношения архейских гранитоидов бугской и подольской групп. // Труды X сессии Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций. Москва: Изд. АН СССР. 1962. Ленинград. – С. 85-93.
21. *Беспалько Н.А., Донской А.Н., Елисеєва Г.Д. и др.* Акцессорные минералы Украинского щита. Киев: Наукова думка. 1976. – 260 с.
22. *Туровский С.Д., Бокинбаев К.Д., Громов А.К.* К геохимии тория в процессах кристаллизационной и эманационной дифференциации. // Радиоактивные элементы в горных породах. Часть I. Тезисы докладов всесоюзного совещания в г. Новосибирске. Новосибирск. 1972. – С. 154-155.
23. *Гладких В.С., Осокин Е.Д., Лебедев-Зиновьев А.А.* Распределение урана и тория в эффузивных и интрузивных сериях щелочных пород. // Радиоактивные элементы в горных породах. Часть I. Тезисы докладов всесоюзного совещания в г. Новосибирске. Новосибирск. 1972. – С. 98-99.
24. *Титов В.К., Билибина Т.В., Кочкин Г.Б.* Уран и торий в процессах регионального метаморфизма. // Радиоактивные элементы в горных породах. Материалы Первого всесоюзного радиогеохимического совещания. Наука. Сибирское отделение, Новосибирск 1975. – С. 151-154.
25. *Лесная И.М., Газенко В.А., Шумлянський Л.В.* О возрасте чарнокитоидов Гайворонского блока (Днестровско-Бугский мегаблок Украинского щита). // Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы. Тезисы докладов. Киев: Укр.ГГРИ. 2010. – С. 126-127.
26. *Иванкин П.Ф., Назарова Н.И.* Глубинная флюидизация земной коры и её роль в петрогенезисе соли- и нефтеобразования. Москва. 2001. – 208 с.
27. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Отв. ред. *Белевцев Я.Н., Коваль В.Б.* – К.: Наук. думка, 1995. – 305 с.
28. *Есипчук К.Е., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др.* Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. Киев: Наукова думка. 1990. – 235 с.
29. *Казанский В.И.* Мантийно-коровые рудообразующие системы Украинского и Балтийского щитов: Кировоградский и Печенгский рудные районы. // Геология рудных месторождений. №6. 1997. – С. 502-519.
30. *Тарасов Н.Н.* Геотектоническая позиция и структура Новоукраинского урановорудного поля (Украинский щит). // Геология рудных месторождений. № 4. 2004. – С. 275-291.
31. *Кузьмин А.В.* Генетические особенности оруденения урановой формации в приразломных натриевых метасоматитах фундамента Украинского щита. // Збірник наукових праць Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України. Вип 23. – С. 186-198.
32. *Туровский С.Д., Бакиров Ш.А.* К геохимии тория в гидротермальном процессе // Радиоактивные элементы в горных породах. Материалы Первого всесоюзного радиогеохимического совещания Наука. Сибирское отделение. Новосибирск., 1975. – С. 166-171.
33. *Галецкий Л.С.* Геохимическая характеристика пород пержанского комплекса Сушано-Пержанской зоны. // Геохимия. №3. 1974. – С. 24-30.

## REFERENCES

1. V. Kotova., D Skorovarov Mestorojdeniya toriya SNG i ih perspektivnost' (geneticheskie tipy mestorojdeniy) [Deposits of thorium in the CIS and their prospects (genetic types of deposits)] // Doklady soveschaniya tehničeskogo komiteta MAGATE'. – Kiev. 1995. – S. 87-91. [in Russian]
2. A. Kajdan, N Solov'ev. Poiski i razvedka mestorojdeniy redkih i radioaktivnyh metallov [Prospecting and exploration of rare and radioactive metals]. – Moskva: Nedra. – 1982. – 280 s. [in Russian]
3. G Kaplan, T. Uspenskaya, I. Chirkov Toriy, ego syr'evy'e resursy, himiya i tehnologiya [Thorium and its raw materials, chemistry and technology]. – Moskva. – 1960. – 224 s. [in Russian]
4. V. Nevskiy. Geologiya postmagmaticheskikh torievo-redkometal'nyh mestorojdeniy [Geology of the postmagmatic thorium-rare-metal deposits]. – Moskva: Atomizdat. 1972. – 407 s. [in Russian]
5. I. Chirkov. Torienosnye rudnye formacii SSSR [Thorium -bearing ore formations of the USSR] // Matly' po geologii uranovyh mestorojdeniy. Vyp. 40 – Moskva. – 1975. – S. 46-54. [in Russian]
6. V. Anisimov, A. Kuz'min, O. Makivchuk i dr. Torienosnost' dokembrijskih porod Ukrainskogo schita i ego sklonov [Thorium bearing in the Precambrian rocks of the Ukrainian Shield and its slopes]// Geologicheskij jurnal. – 2007. – №3. – S. 51-58. [in Russian]
7. E. Kulish, I. Komov, V. Yacenko i dr. Strategicheskie mineral'nye resursy Ukrainy dlya yadernoy energetiki. [Strategic mineral resources for nuclear power of Ukraine] K.: Logos, 2010. – 286 s. [in Russian]
8. Prognozirovanie rudoproyavleniy redkih elementov Ukrainskogo schita [Predicting of rare elements occurrences in the Ukrainian shield]. Doneck: Izd. Veber. 2007. – 220 s. [in Russian]
9. K. Esipchuk Petrologo-geohimicheskie osnovy formacionnogo analiza granitoidov dokembriya [Petrological and geochemical bases of formation analysis of Precambrian granites]. – Kiev: Naukova dumka. – 1988. – 263 s. [in Russian]
10. A. Kuz'min., M. Yaroschuk. Raspredelenie toriya v kristallicheskikh porodah Ukrainskogo schita [The thorium distribution in crystalline rocks of the Ukrainian shield] // Zbirnik naukovih prac' Institut geohimii` navkolishn'ogo seredovischa NAN Ukraïni. Vyp 24. 2015. – S. [in Russian]
11. Metallicheskie i nemetallicheskie poleznye iskopaemye Ukrainy [Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine]. Tom 1. Metallicheskie poleznye iskopaemye. Kiev – L'vov: Izd. Centr Evropy'. 2005. – 739 s. [in Russian]
12. V. Mel'nikov, D. Voznyak i dr. Azovskoe cirkoniy-redkozemel'noe mestorojdenie: mineralogicheskie i geohimicheskie osobennosti [Azov zirconium and rare earth deposit: mineralogical and geochemical features]. // Mineralogicheskij jurnal №1. 2000. – S. 42-62. [in Russian]
13. S. Strekozov, V. Vasil'chenko i dr. Geologicheskoe stroenie i harakter orudneniya Azovskogo mestorojdeniya [Geologic structure and nature of the mineralization of the Azov deposit.]. // Mi'neral'ni resursy Ukrainy. – №3. 1998. – S. 6-9. [in Russian]
14. E. Sheremet, E. Sedova Geneticheskie aspekty redkometal'no-redkozemel'nogo orudneniya yujno-kal'chikskogo i oktyabr'skogo kompleksov Priazov'ya (Ukrainskiy sch'it) [Genetic aspects of rare-metal and rare-earth mineralizations of Yuzhno-kalchikskoe and Octuabrskoe complexes of Near-Azov (Ukrainian shield)]. // Skvoznye rudokoncentriruyusch'ie struktury. – Moskva: Nauka. – 1989. – S. 169-176. [in Russian]
15. Y. Oroveckiy. Mantiyny'y diapirizm [Mantle diapirism]. Kiev: Naukova dumka. – 1990. – 172 s. [in Russian]
16. E. Lazarenko Termobarohimicheskie eksplozivno-gidrotermal'nye processy v porodah central'noy chasti Ukrainskogo sch'ita [Termobarochemical explosive-hydrothermal processes in the rocks of the central part of the Ukrainian shield]. // Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. – L'vov. 1983. – 27 s. [in Russian]

17. G. Yacenko, Y. Gurskiy i dr. Almazny'e formacii i struktura yugo-zapadnoy okrainy Vostochno-Evropeyskoy platformy [Diamond formation and structure of the south-western margin of the East European platform]. – Kiev: UkrGGRI. 2002. – 331 s. [in Russian]
18. N. Deryabin Flyuidizity' dokembriya [Fluidizities of Precambrian]. Kiev. IG NAN Ukrainy'. 1997. – 172 s. [in Russian]
19. O. Slenzak Petrogenезis charnokitovogo kompleksu Pridni'strovskoi chastini Ukrains'kogo sch'ita [Petrogenesis of charnockite complex of Near-Dnistro part of Ukrainian shield]. AN URSR. Kii'v. 1958. – 48 s. [in Ukrainian]
20. N. Scherbak, K. Alekseeva, I. Gol'denfel'd i dr. Vozrastnye vzaimootnosheniya arheyskikh granitoidov bugskoy i podol'skoy grupp [Age relationships of Bug and Podolsky Archean granitoid groups]. // Trudy X sessii Komissii po opredeleniyu absolyutnogo vozrasta geologicheskikh formaciy. Moskva: Izd. AN SSSR. 1962. Leningrad. – S. 85-93. [in Russian]
21. N. Bepal'ko, A. Donskoy, G. Eliseeva. i dr. Akcessornye mineraly Ukrainskogo sch'ita [Accessory minerals of the Ukrainian shield]. Kiev: Naukova dumka. 1976. – 260 s. [in Russian]
22. S. Turovskiy, K. Bokinbaev, A. Gromov K geohimii toriya v processah kristallizacionnoy i emanacionnoy differenciacii. // Radioaktivnye elementy' v gornyh porodah [For thorium geochemistry in the processes of crystallization and emanation differentiations]. Chast' I. Tezisy dokladov vsesoyuznogo soveschaniya v g. Novosibirsk. Novosibirsk. 1972. – S. 154-155. [in Russian]
23. V. Gladkih, E. Osokin, A. Lebedev-Zinov'ev. Raspreделение urana i toriya v effuzivnyh i intruzivnyh seriyah schelochnyh porod [Uranium and thorium distributions in volcanic and intrusive series of alkaline rocks]. // Radioaktivnye elementy v gornyh porodah. Chast' I. // Tezisy dokladov vsesoyuznogo soveschaniya v g. Novosibirsk. Novosibirsk. 1972. – S. 98-99. [in Russian]
24. V. Titov., T. Bilibina., G. Kochkin Uran i toriy v processah regional'nogo metamorfizma [Uranium and thorium in the regional metamorphism processes]. // Radioaktivnye elementy v gornyh porodah. Materialy Pervogo vsesoyuznogo radiogeohimicheskogo soveschaniya. Nauka. Sibirskoe otdelenie, Novosibirsk 1975. – S. 151-154. [in Russian]
25. I. Lesnaya, V. Gazenko, L. Shumlyanskiy O vozraste charnokitoidov Gayvoronskogo bloka (Dnestrovsko-Bugskiy megablok Ukrainskogo sch'ita) [About age of charnockite species of Gaivoronsky blok (the Dniester and the Bug megabloks of Ukrainian shield)]. // Stratigrafiya, geohronologiya i korrelyaciya nijnedokembriyskikh porodnyh kompleksov fundamenta Vostochno-Evropeyskoy platformy'. Tezisy' dokladov. Kiev. Ukr.GGRI. 2010. – S. 126-127. [in Russian]
26. P. Ivankin, N. Nazarova. Glubinnaya flyuidizaciya zemnoy kory i ee rol' v petrogenезise sole-i nefteobrazovaniya [Deep fluidization of the earth's crust and its role in the genesis of salt-and oil-formations.]. Moskva. 2001. – 208 s. [in Russian]
27. Geneticheskie tipy i zakonomernosti razmescheniya uranovyh mestorojdeniy Ukrainy [Genetic types and regularities of location uranium of deposits in Ukraine] / Otv. red. Y. Belevcev, V. Koval' - K.: Nauk. dumka, 1995. – 305 s. [in Russian]
28. K. Esipchuk, E. Sheremet, O. Zinchenko i dr. Petrologiya, geohimiya i rudonosnost' intruzivnyh granitoidov Ukrainskogo sch'ita [Petrology, geochemistry and ore-bearing of intrusive granitoids in Ukrainian shield]. Kiev: Naukova dumka. 1990. – 235 s. [in Russian]
29. V. Kazanskiy Mantiyno-korovye rudoobrazuyusch'ie sistemy' Ukrainskogo i Baltiyskogo sch'itov: Kirovogradskiy i Pechengskiy rudnye rayony [Mantle and crust ore-forming systems of Ukrainian and Baltic shields: Kirovograd and Pechenga ore districts]. // Geologiya rudnyh mestorojdeniy. №6. 1997. – S. 502-519. [in Russian]
30. N. Tarasov. Geotektonicheskaya poziciya i struktura Novoukrainskogo uranovorudnogo polya (Ukrainskiy sch'it) [Geotectonic position and structure of the Novoukrainsky uranium ore field (Ukrainian shield)]. // Geologiya rudnyh mestorojdeniy. № 4. 2004. – S. 275-291. [in Russian]

31. A. Kuz'min Geneticheskie osobenosti orudneniya uranovoy formacii v prirazlomnyh natrievykh metasomatitah fundamenta Ukrainskogo sch'ita [Genetic characteristics of uranium mineralization formation in the near-fault sodium metasomatic rocks of the Ukrainian Shield foundation]. // Zbirnik naukovih prac' Institut geohimi'i navkolishn'ogo seredovischa NAN Ukraini. Vip 23. - S. 186-198. [in Russian]
32. S. Turovskiy, S. Bakirov. K geohimii toriya v gidrotermal'nom processe [For thorium geochemistry in the hydrothermal process] // Radioaktivnye elementy v gornyh porodah. Materialy Pervogo vsesoyuznogo radiogeohimicheskogo soveschaniya Nauka. Sibirskoe otделение. Novosibirsk., 1975. – S. 166-171. [in Russian]
33. L. Galeckiy Geohimicheskaya harakteristika porod perzhanskogo kompleksa Susch'ano-Perzhanskoy zony' [The geochemical characteristics of the rocks of Perzhanskiy complex of Suschano-Perzhanskaya zone]. // Geohimiya. №3. 1974. - S. 24-30. [in Russian]

## ГЕНЕТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ТОРІЄВОГО ЗРУДЕНІННЯ В ДОКЕМБРІЙСЬКИХ УТВОРЕННЯХ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

**Кузьмін А. В., Ярощук М. О.**

**Кузьмін А. В.** ст. н. с. ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

**Ярощук М. А.** докт. геол.-мін. н., пр. н. с. ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», marina\_yaroshchuk@meta.ua

*Розглянуто існуючі на території країн СНД класифікації торієвого зруденіння. Запропонована класифікація його на рівні генетичних типів, підтипів і торійвміщуючих рудних формацій для докембрійських утворень Українського щита. Виділено 5 типів торієвого зруденіння: ультраметаморфічний (магматичний), пов'язаний із гранітоїдами; магматичний, пов'язаний з лужними інтрузіями; метасоматичний; гідротермальний і теригенно-кластогенний. З використанням коефіцієнта інтенсивності рудоутворення намічені промислові перспективи виділених генетичних типів і підтипів у межах мегаструктур (блоків, міжблокових шовних зон) Українського щита.*

**Ключові слова:** генетичні класифікації; типи комплексних руд торію; промислові перспективи руд торію; торійвмісні рудні формації; коефіцієнт інтенсивності рудоутворення.

## GENETIC CLASSIFICATION OF THORIUM MINERALIZATION IN THE FORMATIONS OF UKRAINIAN SHIELD.

**A. Kuz'min, M. Yaroshchuk**

**A. Kuz'min**, Senior Research SI «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine»

**M. Yaroshchuk**, D.Sc. (Geol.-Min.), Principal Researcher SI «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine»  
marina\_yaroshchuk@meta.ua

*The classifications of thorium mineralization which exist on the territory of the Union of Independent States are considered. Classification of thorium mineralization of Precambrian rocks of Ukrainian shield is offered. Five types of thorium mineralization are identified. They are: ultrametamorphic (magmatic) thorium mineralization which associates with granitoids; magmatic mineralization which associates with alkaline intrusions; metasomatic mineralization; hydrothermal one and terrigenous-clastogenic mineralization. Industrial prospects of identified genetic types are defined using the mineralization intensity factor.*

**Key words:** genetic classification, complex ores of thorium, industrial prospects of thorium ores, thorium ore formations, intensity factor of mineralization.