

УДК 553.495(597)  
DOI: 10.52349/0869-7892\_2023\_93\_100-106

Л. Б. Макарьев, Ю. Б. Миронов, В. З. Фукс (ВСЕГЕИ),  
Май Чонг Ту (GDGMV)

## О НОВОМ ТИПЕ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТЬЕН АН (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ)

В статье приведены сведения по геологии, структурной позиции, ураноносности графитсодержащих сланцев месторождения Тьен Ан. Определены поисковые критерии и признаки уранового оруденения. Сделаны выводы о перспективах промышленного оруденения прогнозируемого геолого-промышленного типа.

*Ключевые слова:* Вьетнам, ураноносность, графитсодержащие сланцы, перспективы промышленного оруденения.

L. B. Makariev, Yu. B. Mironov, V. Z. Fuks (VSEGEI),  
Mai Trọng Tú (GDGMV)

## ABOUT THE NEW TYPE OF URANIUM MINERALIZATION AT THE TIEN AN DEPOSIT, CENTRAL VIETNAM

The paper provides information on geology, structural position, uranium potential of graphite-bearing schist of the Tien An deposit. Exploration criteria and indicators for uranium mineralization are determined. Conclusions are drawn about prospects of economic mineralization of the predicted minable type.

*Keywords:* Vietnam, uranium potential, graphite-bearing schist, economic prospects.

**Для цитирования:** Макарьев Л. Б. О новом типе уранового оруденения на месторождении Тьен Ан (Центральный Вьетнам) / Л. Б. Макарьев, Ю. Б. Миронов, В. З. Фукс, Май Чонг Ту // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 93. – С. 100–106. DOI: 10.52349/0869-7892\_2023\_93\_100-106

Полученная информация является результатом совместных научно-исследовательских работ Вьетнамского института геологии и минеральных ресурсов (GDGMV) и ВСЕГЕИ по изучению ураноносности территории Вьетнама, выполнявшихся в 2016 г. на ряде перспективных объектов. Одним из них являлась площадь Куанг Нам с известным уран-графитовым месторождением Тьен Ан и серией урановых проявлений, локализованных в сложнодислоцированных и гранитизированных графитсодержащих кристаллических сланцах венд-кембрийского возраста (рис. 1). Отрывочные и достаточно противоречивые сведения по геологии и ураноносности этой площади ранее приводились в публикациях ВСЕГЕИ и обобщающих изданиях вьетнамских геологических организаций [1–3].

Площадь Куанг Нам (3000 км<sup>2</sup>) расположена в тектоническом блоке, занимающим северную часть Индосинийского древнего массива Центрального Вьетнама. Блок хорошо выражен в геофизических полях. В гравитационном поле ему соответствует широтная линейная аномалия с высокими значениями поля  $\Delta g$  относительно северных и южных структур и растянутым

градиентом с понижением до 50 мГал. В магнитном поле отчетливо проявлены контрастные градиенты, соответствующие протяженным широтным надвиговым зонам, и линейные нарушения структуры магнитного поля, фиксирующие разломы сдвигового типа северо-западной ориентировки.

Интенсивные тектонические субгоризонтальные движения сдвигово-надвигового типа определили широтное развитие пликтивных и разрывных дислокаций, дискордантно ориентированных к субмеридиональным структурам древних толщ Индосинийского массива.

Большую часть площади занимают сланцевые комплексы средней и верхней подсвет венд-нижнекембрийской свиты Кхам Дук. Средняя (рудовмещающая) подсвета сложена высокоглиноземистыми кварц-силлиманитовыми, кварц-полевошпат-силлиманитовыми с кианитом и гранатом сланцами, графитсодержащими сланцами с линзами графита и редкими прослоями флогопит- и форстеритсодержащих мраморов. Эти породы образуют узкие, ограниченные надвиговыми разломами, брахиантиклинальные складки, на крыльях которых распространены

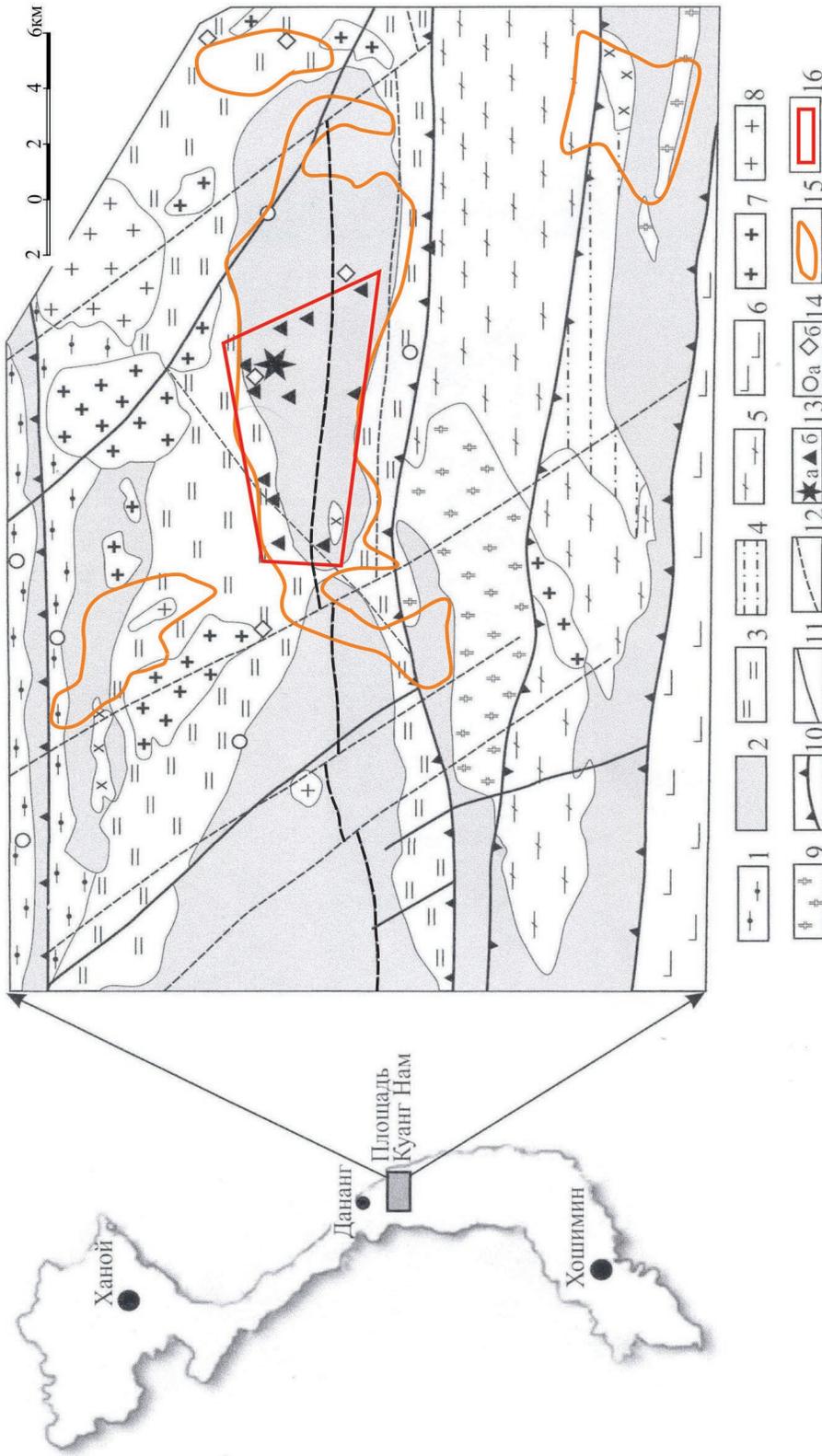


Рис. 1. Схематическая геологическая карта площади Куанг Нам с данными по металлогении и радиометрии

1-3 – свита Кхам Дук (PR<sub>2-C</sub>); 1 – основание разреза: амфиболиты, гранат-амфиболовые и кумингтонитовые сланцы, биотитовые и амфибол-биотитовые гнейсы, кварц-биотит-силлиманитовые и кварц-двусплюсидные сланцы; 2 – средняя часть разреза (рудомещающая): высокоглиноземистые кварц-полевошпат-силлиманитовые с кинанитом и гранатом сланцы, графитосодержащие сланцы с лизинами графита; 3 – верхняя часть разреза: близкие по составу, но безграфитовые сланцы; 4 – кварц-полевошпат-серпичитовые сланцы, кварциты свиты Дак Лонг (P<sub>2-T1</sub>); 5 – мигматит-граниты, мигматит-гранитоидные комплексы Чу Лай (PR<sub>2-C</sub>); 6 – амфиболит-гнейсово-кристаллосланцевые образования комплекса Нгок Линь (PR); 7 – биотитовые и двусплюсидные граниты и граносиениты комплексов Хай Ван и Ба На (P<sub>2-T1</sub>); 8 – диориты, гранодиориты, биотит-роговообманковые граниты комплекса Бен Гианг – Кье Сон (P<sub>2-3</sub>); 9 – Диориты, гранодиориты, граниты комплекса Дьен Бинь – Ча Бонг (O<sub>2-S</sub>); 10 – крупные надвиговые швы; 11 – диагональные разломы сдвигового типа; 12 – разрывные структуры по данным интерпретации карт магнитного поля; 13 – уран-графитовое месторождение Тьен Ан (а), проявления и пункты минерализации урана (б); 14 – проявления золота (а), месторождения графита (б); 15 – интенсивные радиометрические ореолы по данным аэrorадиометрической съемки; 16 – участок месторождения Тьен Ан.

близкие по составу, но безграфитовые сланцы верхней части разреза. В пределах площади известны мелкие месторождения золота жильной золото-кварцевой формации, локализованные в зонах дробления среди кристаллических сланцев свиты Кхам Дук.

Кристаллические сланцы средней и верхней частей разреза прорваны изометричными в плане массивами высокорadioактивных грейзенизированных биотитовых, двуслюдяных гранитов и граносиенитов пермо-триасового возраста комплексов Хай Ван, Ба На и дайками лампрофиров, а также малыми интрузиями гранитогнейсов силур-девонского комплекса Дай Лок. Граниты характеризуются повышенной щелочностью с преобладанием калия и хорошо выраженной специализацией на уран. Фоновые содержания урана составляют 4–8 и до 20–26 г/т в наиболее кислых разностях с увеличением концентрации тория до 37 г/т. К южной системе надвигов приурочены крупные массивы ультраметаморфических гранитов: мигматит-граниты и мигматит-гранитогнейсы позднего протерозоя.

Рудоносная зона (12 × 6 км) с линзами обогащенных графитом сланцев протягивается в широтном направлении, вмещает уран-графитовое месторождение Тьен Ан, проявление Тьен Хеп и группу радиогеохимических аномалий с содержаниями урана от 26 до 560 г/т, тория от 10 до 210 г/т.

Ранее на этом месторождении силами вьетнамской стороны проведены поисково-оценочные работы с бурением скважин (глубиной до 140 м) и проходкой горных выработок. В результате выявлено несколько рудных тел мощностью 1,5–3,5 м, протяженностью до 300 м с содержанием урана от 0,012 до 0,03% в центральных и периферических частях линз графитосодержащих сланцев. Природа радиоактивности рудных залежей урановая. Содержание графита в рудоносной зоне составляет 75–90% объема породы. Запасы графита на месторождении категории С<sub>2</sub> составляют 169,5 тыс. т; запасы урана категории С<sub>2</sub> при среднем содержании 0,02% составили 78 т, ресурсы урана категории Р<sub>1</sub> оценены в 180 т, категории Р<sub>3</sub> – 32 800 т.

В рудных телах на месторождении Тьен Ан урану сопутствуют аномально высокие концентрации ряда рудных элементов, в целом отражающие геохимический тип рудовмещающих графитоносных тощ средней части свиты Кхам Дук (таблица).

Урановая минерализация представлена отени-том, ураноцирцитом, франсвиллитом, гидронасту-

раном и урансодержащими железокислыми соединениями. В составе руд присутствуют графит, кварц, слюды, полевой шпат, пирит, хлорит, эпидот, серицит, лимонит, реже турмалин. В повышенных концентрациях в породах коренных выходов, совместно с графитом и ураном, находятся Ва, V, Мо, Си, Pb, Be; в донных осадках к ним присоединяются Y, Yb, Ag, Au, As. По мнению вьетнамских геологов, генезис уранового оруденения осадочно-метаморфогенный [3] при образовании осадочных пород с урансодержащим органическим веществом и последующим метаморфизмом.

Детальные наблюдения в процессе полевых работ позволили уточнить и несколько иначе трактовать условия формирования и генетическую природу уранового оруденения месторождения Тьен Ан.

С поверхности установлено несколько горизонтов высокоуглеродистых графитовых сланцев, содержащих прослойки чистого графита мощностью от 0,1–0,5 до 1 м. Видимая мощность всей пачки сланцев свиты Кхам Дук превышает несколько десятков метров. Повышенная радиоактивность, приуроченная к графитовым сланцам, также фиксируется в окружающих графитосодержащих и безграфитовых слюдисто-кварц-полевошпатовых сланцах и в жильных телах гранитов и пегматитов на участках осложнения разреза складчатостью, послойными и секущими разрывными дислокациями.

Ураноносный «графитовый горизонт» сложен слюдисто-кварц-полевошпат-графитовыми сланцами с мусковитом и биотитом, включающими линзы мономинерального графита. Радиоактивность графитового горизонта – от 140 до 250 мкР/ч при содержаниях урана 203,7–210 ppm, тория – 33–38 ppm. В выветрелых породах непосредственно над графитовым горизонтом радиоактивность повышается до 400 мкР/ч. В наиболее активной зоне среди графитосодержащих сланцев с прослоями и линзами мономинерального графита, линзовидно-прожилковыми обособлениями кварца и развитием наложенной серицитизации (гидросерицитизации) по плоскостям сланцеватости радиоактивность – до 770 мкР/ч, содержание урана – до 922 ppm, тория – 61 ppm (рис. 2). Следует отметить, что максимальные радиоактивность и концентрация урана тяготеют к контакту графитового горизонта и безграфитовых сланцев.

При строительстве дороги экскаватором вскрыт на вертикальную мощность более 10 м сланцевый комплекс средней части свиты Кхам Дук (рис. 3). Характерная особенность разреза – высокая насыщенность сланцев жильными субпластовыми

Таблица

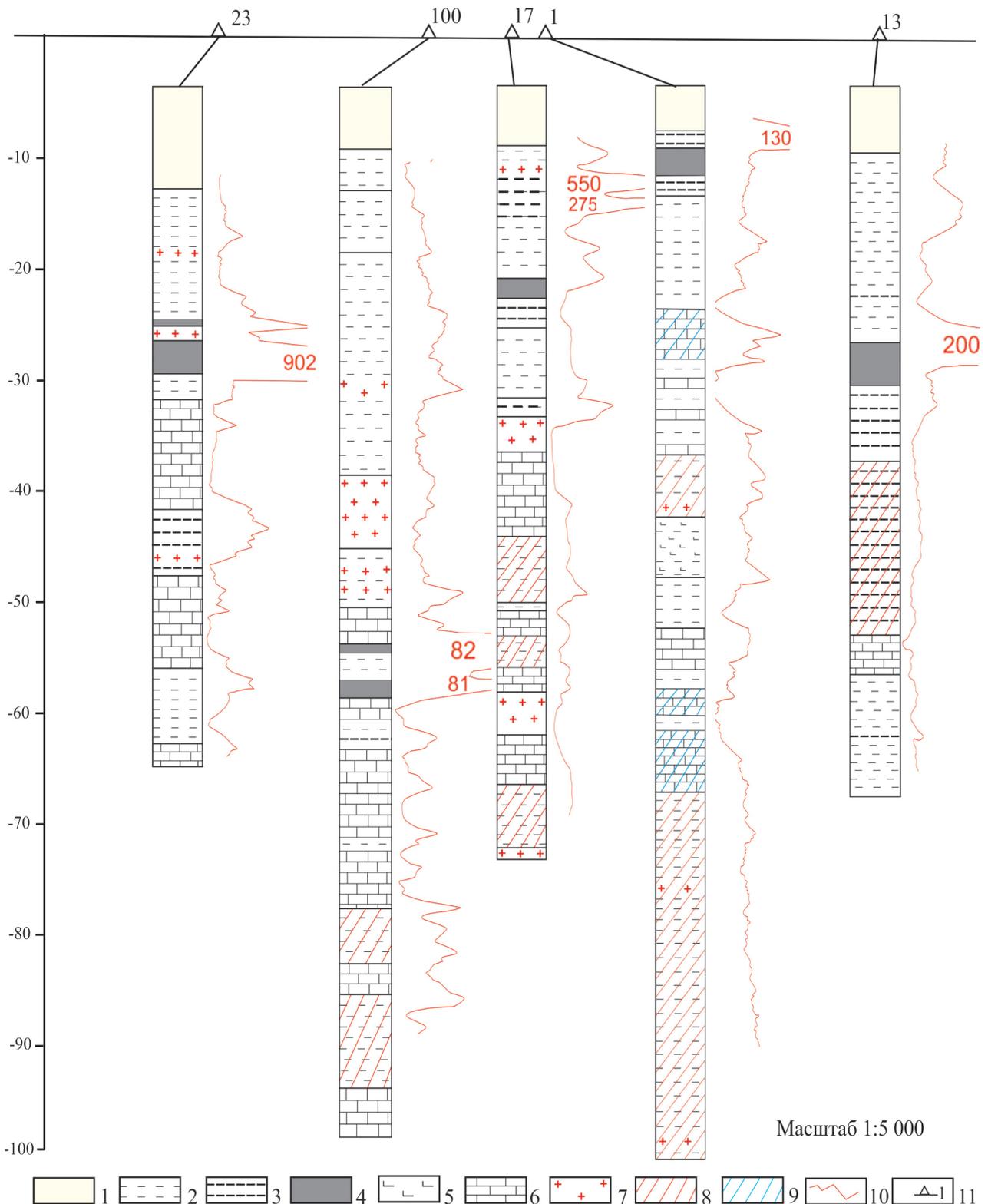
Номер пробы	Наименование породы	Элементы, г/т								
		V	Cr	Ni	Sc	Ce	Mo	Th	U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
4501/1	Мономинеральный графит	320	78	320	15	200	300	12,5	566	0,45
4501/2		280	120	270	17	150	270	21,2	972	0,87
4501/3	Графитосодержащий сланец	480	240	160	26	130	76	13,3	179	0,34



Рис. 2. Характер залегания графитонесущих пород с данными гамма-спектрометрии. Максимальная радиоактивность показана в точках измерения, в марке – содержания U и Th в ppm



Рис. 3. Тектонически нарушенные сланцы свиты Кхам Дук, прорванные крупными межслойными телами грейзенизированных гранитов и обособленными пегматитами



**Рис. 4. Колонки скважин по поисковому профилю месторождение уран-графитовых руд Тьен Ан**

1 – современные почвенные и аллювиальные отложения; 2 – сланцы (гнейсы) кварц-полевошпатовые, кварц-полевошпат-слюдистые, часто с силлиманитом и гранатом; 3 – графитосодержащие сланцы; 4 – графитовая порода; 5 – амфиболиты; 6 – мраморы; 7 – граниты, пегматитовые породы; 8 – мигматизированные породы; 9 – участки с карнированными мраморами; 10 – кривая гамма-каротажа со значениями максимальной интенсивности в мкР/ч; 11 – положение скважин по линии разреза и их номера

и секущими телами гранитов и пегматитов (до 50% разреза), в которых отчетливо проявлены ранние постмагматические полевошпатовые и грейзеновые, а также поздние серицит-гидрослюдистые изменения по вмещающим породам.

Во вскрытом обнажении граниты находятся в равном соотношении с породами рамы.

Сланцы характеризуются существенно слюдястым составом (с кварцем, полевым шпатом), местами содержат графит и включают будинообразные линзы и прожилки кварца. Складчатость в сланцах сопровождается их микрогфрировкой. Биотитовые и лейкократовые существенно калиевые граниты пермо-триасового возраста комплекса Хай Ван развиваются в виде сближенных линз и ветвящихся тел мощностью до 3–5 м. Граниты среднезернистые, крупнозернистые и грубозернистые пегматоидные. Пегматиты и кварцевые жилы образуют обособления среди грубозернистых гранитов; аплитовидные граниты – в виде секущих тел. Граниты и пегматиты повсеместно грейзенизированы, содержат скопления турмалина и крупнолейстового мусковита. По контактам гранитов и сланцев отмечается наложенная биотитизация и мусковитизация. Отчетливо проявлена пологая постгранитная тектоника: граниты дробленые, местами интенсивно рассланцованные, милонитизированные, маломощные жилы будинированы.

В гранитах и пегматитах с фоновой радиоактивностью около 50 мкР/ч содержание урана составляет 17 ppm, тория – 53,4 ppm; на аномальных участках с радиоактивностью до 100 мкР/ч содержание урана повышается до 136 ppm, тория – 54,2 ppm, калия – 9,8%; в сланцах содержания урана – 10 ppm, тория – 20 ppm.

На проявлении урана Тьен Хеп, расположенном в этой же рудоносной зоне, отмечены следующие особенности. Внутри горизонта мономинеральных графитов и по контакту графитовых и слюдино-кварцевых сланцев размещаются согласно напластованию пород жильные тела пегматоидного облика турмалин-кварц-полевошпатового состава мощностью от 0,1–0,2 до 0,6–1 м, приуроченные к пологой межпластовой зоне смятия, дробления и рассланцевания. Графитовые сланцы деформированы и рассланцованы; пегматоидные граниты катаклазированы. В сланцах отмечается новообразование мелко-тонкочешуйчатой серицитизации (гидрослюдизации).

Радиоактивность безграфитовых сланцев составляет 20–30 мкР/ч, содержание урана – 13,4 ppm, тория – 34,7 ppm; радиоактивность пегматоидных пород – 38–53 мкР/ч при содержании урана от 25,1 до 42,8 ppm, тория – от 29,4 до 38,5 ppm; радиоактивность черных графитовых сланцев достигает 72 мкР/ч, содержание урана 59,6 ppm, тория до 39,5 ppm, калия 9,8%.

Отмеченные особенности продуктивной на уран интенсивно гранитизированной толщи графитовых сланцев нашли подтверждение при работе с сокращенным керном скважин, пробу-

ренным по поисковому профилю на месторождении Тьен Ан (рис. 4).

Разрез рудоносной толщи по скважинам представлен переслаиванием мигматизированных кварц-полевошпат-биотитовых и двуслюдяных сланцев с гранатом и силлиманитом, реже роговой обманкой, близких по составу графитосодержащих сланцев с горизонтами мономинеральных графитов и скарнированных телами биотитовых и лейкократовых гранитов и пегматитов мощностью 1–4 м. Граниты грейзенизированы с гнездами мусковита и вкрапленностью турмалина, пегматоидные жилы альбитизированы, по зонам дробления серицитизированы (гидрослюдизированы). Сланцы на контактах с гранитами биотитизированы, по зонам трещиноватости развиты хлорит, серицит и гидрослюды. Все породы в разной степени тектонически нарушены. По контактам с гранитами сланцы дробленые, кливажированные, наблюдаются зоны милонитов.

По данным гамма-каротажа, активность графитовых горизонтов достигает 500–900 мкР/ч при содержании урана 0,006–0,011%.

**Выводы.** Отмеченные особенности, а именно широкое развитие гранитных жильных инъекций, появление среди них пегматитовых и аплитовых фаз, площадное (объемное) проявление грейзенизации при более локальном проявлении хлоритовых и серицит-гидрослюдистых изменений, позволяют предполагать:

- непосредственную близость магматического очага и возможное положение площади месторождения и всей толщи графитосодержащих сланцев в надынтрузивной зоне скрытого гранитного массива;

- значительные преобразования всей осадочной толщи, включая графитовые сланцы, обусловленные воздействием магматических, постмагматических и наиболее поздних гидротермальных процессов.

Установленные факты свидетельствуют, что урановое оруденение участков Тьен Ан и Тьен Хеп, считавшееся ранее осадочно-метаморфогенным, имеет более сложный генезис и было окончательно сформировано в постмагматические (постгранитные) стадии тектонического и гидротермально-метасоматического преобразования специализированной на уран и гранитизированной углеродистой толщи свиты Кхам Дук. На наличие гидротермальных процессов указывают высокие и аномальные содержания ряда рудных элементов, полученные по результатам лабораторных определений во ВСЕГЕИ проб из рудных интервалов графитовых горизонтов месторождения Тьен Ан (в ppm): Mo – 270–300, Ni – 160–320, Sc – 15–26, Y – 44–120 и др.

Это предположение открывает дополнительные возможности выявления урановорудных концентраций жильного типа не только в самих графитовых сланцах, но и в экзо- и эндоконтактовых

и надынрузивных зонах внедрившихся в них высокоразоактивных гранитов.

Локальный прогноз позволяет достаточно высоко оценить потенциальные возможности обнаружения здесь новых урановорудных объектов с промышленными параметрами. Ожидаемые типы оруденения: урановый в зонах дробления графитоносных кристаллических сланцев и в экзоконтактах высокоразоактивных гранитов с углеродистыми сланцами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов Ю. Б., Бузовкин С. В., Кулев-Негруца А. Д. Урановый потенциал Социалистической республики Вьетнам // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М. : ВИМС, 2010. – Вып. 155.

2. Geology and Earth Resources of Vietnam / Tran Van Tri, Vu Khuc. – Hanoi : Publishing House for Science and Technology, 2011. – 645 p.

3. Vietnam Mineral and Geological Resource // Bao Cong Thuong. – Hanoi : Vien Khoa hoc Dia chat va khoang san, 2011.

#### REFERENCES

1. Mironov Yu. B., Buzovkin S. V., Kulev-Negrutsa A. D. Uranovyy potentsial Sotsialisticheskoy respubliki V'etnam. Materialy po geologii mestorozhdeniy urana, redkikh i redkozemel'nykh metallov. Moscow, 2010, iss. 155.

2. Geology and Earth Resources of Vietnam. Eds.: Tran Van Tri, Vu Khuc. Hanoi, Publishing House for Science and Technology, 2011, 645 p.

3. Vietnam Mineral and Geological Resource. Bao Cong Thuong. Hanoi, Vien Khoa hoc Dia chat va khoang san, 2011.

---

*Макарьев Леонид Борисович* – канд. геол.-минерал. наук, вед. специалист, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <Leonid\_Makariev@vsegei.ru>  
*Миронов Юрий Борисович* – доктор геол.-минерал. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <Yuri\_Mironov@vsegei.ru>  
*Фукс Владимир Зиновьевич* – вед. специалист, ВСЕГЕИ<sup>1</sup>. <Vladimir\_Fuks@vsegei.ru>  
*Май Чонг Ту* – зам. гл. геолога, GDGMV<sup>2</sup>. <tumaitrong@gmail.com>

*Makarev Leonid Borisovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Expert, VSEGEI<sup>1</sup>. <Leonid\_Makariev@vsegei.ru>

*Mironov Yuriy Borisovich* – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department, VSEGEI<sup>1</sup>. <Yuri\_Mironov@vsegei.ru>

*Fuks Vladimir Zinov'evich* – Leading Expert, VSEGEI<sup>1</sup>. <Vladimir\_Fuks@vsegei.ru>

*Mai Trong Tú* – Deputy Chief Geologist, GDGMV<sup>2</sup>. <tumaitrong@gmail.com>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106.

<sup>2</sup> Главное управление геологии и полезных ископаемых Вьетнама (GDGMV). Ул. Фам Нгу Лао, 6, Хоанкьем, Ханой, Вьетнам.

General Department of Geology and Minerals of Vietnam (GDGMV). 6 Ul. Pham Ngu Lao, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam.