

## Краснокаменский тип урановых месторождений как важнейший резерв промышленного уранового оруденения Стрельцовского рудного узла

На основе значительного объема изотопно-геохронологических и петролого-геохимических исследований определен возраст позднемезозойских геологических образований Тулукуевской кальдеры, указаны конкретные различия между стрельцовским и краснокаменским типами урановых месторождений. Даны некоторые рекомендации по вопросам прогнозирования и поисков урановых месторождений краснокаменского типа.

Ключевые слова: *краснокаменский тип, источники, возраст, магматизм, риолиты, рекомендации.*

G. A. SHATKOV (VSEGEI)

## Krasnokamensk type of uranium deposits as an important reserve of economic uranium mineralization in the Streltsovsky ore cluster

Age of Late Mesozoic geological formations of the Tulukuevsky Caldera has been determined and specific differences between the Streltsovsky and Krasnokamensk types of uranium deposits have been described based on the vast body of isotope-geochronological and petrological-geochemical studies. Some recommendations on forecasting and prospecting of Krasnokamensk-type uranium deposits are given.

Keywords: *Krasnokamensk, type, sources, age, magmatism, rhyolite, recommendations.*

**Введение.** Стрельцовское урановое месторождение, локализованное в стратифицированных вулканогенных образованиях, открыто в мае 1963 г. Через два месяца на западной окраине будущей Тулукуевской кальдеры В. М. Кузнецов, участвовавший в составе отряда ВСЕГЕИ в создании Геологической карты масштаба 1 : 25 000, обнаружил интенсивную урановую аномалию с вторичной минерализацией в гранит-порфирах, которые прорывали фельзиты стрельцовского типа. Работами 324-й партии Сосновской экспедиции аномалия в дальнейшем превратилась в месторождение Красный Камень. Поэтому можно констатировать, что в 1963 г. намечались две разновидности месторождений стрельцовского типа. В результате геологоразведочных работ Стрельцовское месторождение стало уникальным (запасы 40 тыс. т с богатыми рудами), а Краснокаменское месторождение оценено в 1–2 тыс. т с рядовыми рудами. Первый, **стрельцовский** тип месторождений, находящийся в пределах Тулукуевской кальдеры, получил максимальное развитие (запасы более 200 тыс. т). Месторождения **краснокаменского** типа (рис. 1), приуроченные к дайкам, штокам и неккам (Пятилетнее, Юго-Западное), оказались мелкими и неудобными для эксплуатации. Возможно, поэтому обширные поля, сложенные субвулканическими телами гранит-порфиров, граносиенитов и растекшимися куполами санидин-морионовых риолитов, почти не разведывались и в дальнейшем частично были перекрыты отва-

лами «пустых» пород из гигантского Тулукуевского карьера. В 1979 г. в скважине, пробуренной вблизи Краснокаменского карьера, была обнаружена богатая урановая руда, которая в результате детальной разведки превратилась в крупное Аргунское месторождение с запасами более 37,5 тыс. т (со значительной долей богатых руд) [10]. Оно локализуется в блоках метаморфических пород (битуминозные доломиты), прорванных субвулканическими интрузивами граносиенитов, сиенито-диоритов и гранит-порфиров (рис. 1).

Геологоразведочные работы в новом тысячелетии не привели к открытию новых месторождений урана. Правда, они были ориентированы главным образом на выявление месторождений стрельцовского типа, в особенности в породах фундамента Тулукуевской кальдеры. На низкую эффективность геологоразведочных работ повлияла еще и недостаточная изученность геологического строения и истории формирования Стрельцовского рудного узла.

**Содержание исследований.** Работы ВСЕГЕИ на территории Стрельцовского рудного узла проводились с 2008 по 2014 г. при содействии главного геолога ППГХО С. И. Шукина, применялись современные изотопно-геохронологические и петролого-геохимические исследования (рис. 2).

Формирование Тулукуевской вулканической депрессии происходило в два этапа: условно раннемезозойский ( $J_{2-3}$ ) и позднемезозойский ( $J_3-K_1$ ).

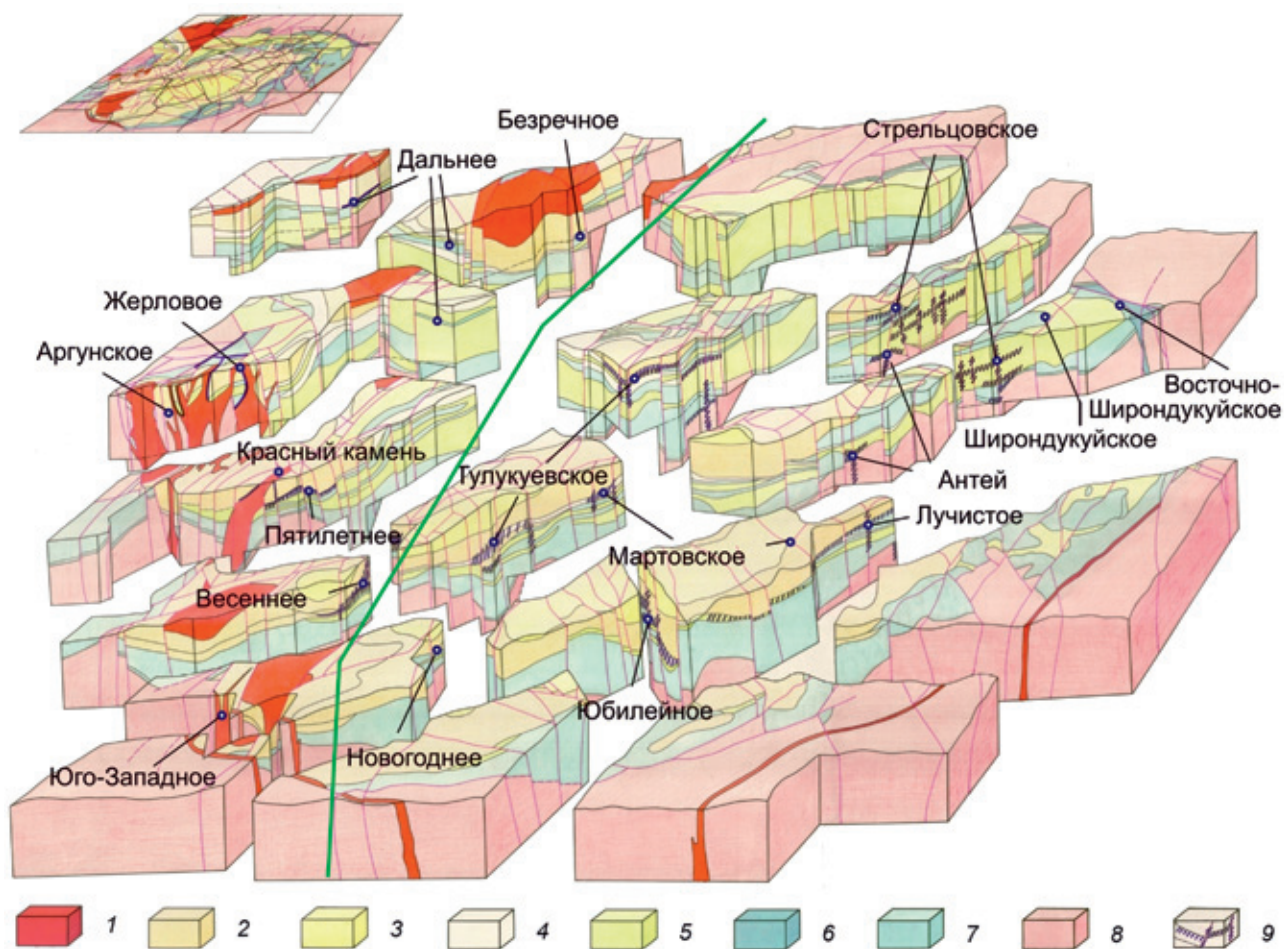


Рис. 1. Объемная модель размещения месторождений (главных рудных залежей) Стрельцовского рудного узла. Линия разделяет два типа размещения урановых месторождений – краснокаменский на западе и стрельцовский на востоке  
 1 – дайки и экструзии гранит-порфиров, риолитов; 2, 3 – литоидные игнимбриты (2 – покров II, 3 – покров I); 4 – горизонты туфогенно-осадочных пород; 5 – покровы трахидацитов; 6 – щелочные оливиновые базальты; 7 – покровы субщелочных базальтов и андезибазальтов; 8 – гранитоидный фундамент кальдеры; 9 – рудные залежи

С ранним этапом связано формирование толщи (мощность до 700 м), сложенной потоками андезибазальтов и трахидацитов. На контактах местами развиты лавовые брекчии и терригенные образования. По уточненным данным [19], формирование нижнего яруса происходило в период от 170–165 до 155–150 млн лет.

Поздний этап совпадает с эволюцией магматического очага риолитов. Обоснованы три фазы формирования этого очага, которые были связаны с самостоятельными вулканическими аппаратами (рис. 3):

- *первая фаза* (извержение игнимбритов) – 143–140 млн лет;
- *вторая фаза* (формирование растёкшихся куполов санидин-морионовых невадитовых риолитов, внедрение малых интрузий и даек) – 137 – 135 млн лет;
- *третья фаза* – внедрение экструзивных тел цезиеносных перлитов) – 128–127 млн лет [19].

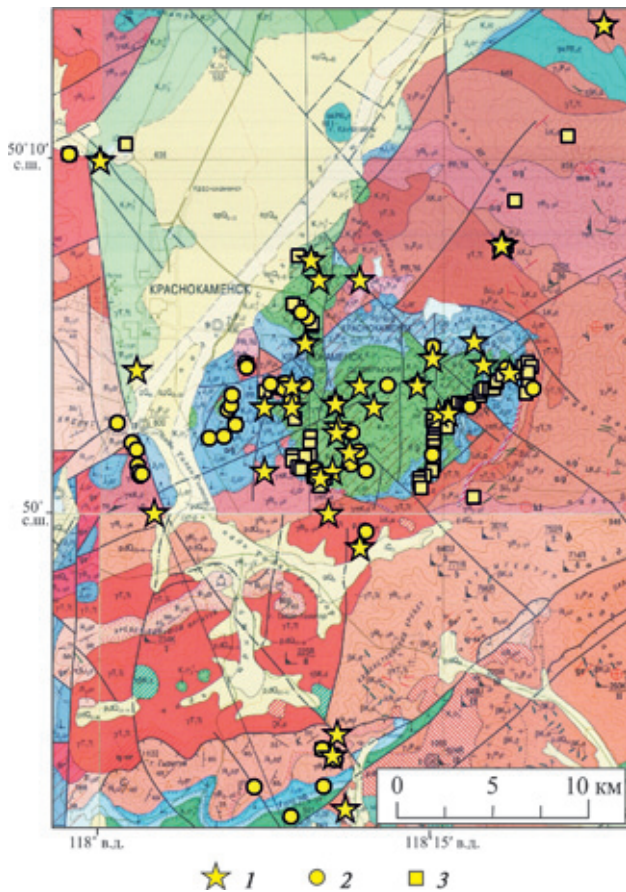
В отличие от господствующей концепции о принадлежности всех урановых месторождений к одному циклу рудообразования автор утверждает, что рудообразование развивалось в соответствии с фазами эволюции очага риолитов. Возраст уранового оруденения в разных частях структуры

может существенно отличаться, и это необходимо учитывать.

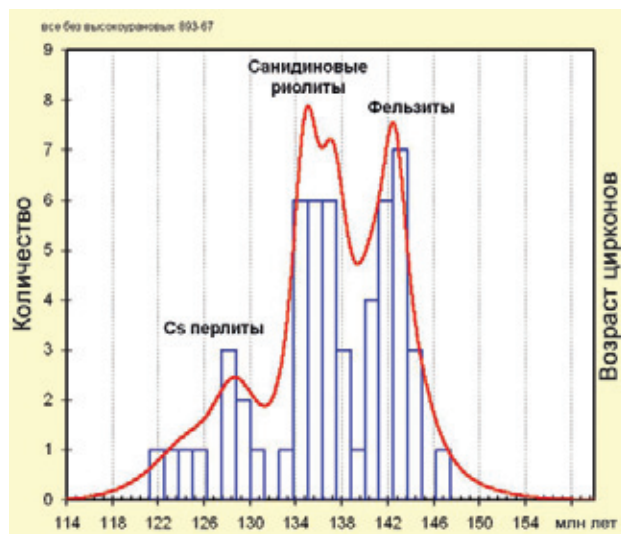
Известно, что условия локализации уранового оруденения [4, 8] в восточной антей-стрельцовской и западной краснокаменско-аргунской частях Стрельцовского рудного узла разные как по возрасту, так и по форме структурного контроля.

В восточной части рудного узла, к востоку от Меридионального разлома, урановое оруденение контролируется разрывными нарушениями, литологическими и метасоматическими контактами пород.

В западной части Стрельцовского рудного узла важную рудолокализирующую роль играют конкретные магматические структуры (дайки, штоки, трубки взрыва), однако их структурно-генетическая роль почему-то не рассматривается. В частности, это касается перспектив выявления «слепого» уранового оруденения в глубоких частях Краснокаменского штока и других штоков и даек гранит-порфиров и граносиенит-порфиров в западной половине (?) Стрельцовского рудного узла, например, в связи с фрагментами кольцевой дайки на южном, восточном и северо-восточном её флангах.



**Рис. 2.** Схема отбора проб и выполненных исследований  
 1 – выполнены изотопные (SHRIMP, Re-Os), геохимические (ICP, ионметрия и др.) и силикатные анализы; 2 – выполнены геохимические (ICP, ионметрия и др.) и химические (силикатный, ПКЭА) анализы; 3 – анализы не выполнялись (образцы, пробы, шлифы)



**Рис. 3.** Сводная кривая изотопных возрастов риолитов верхнего яруса Тулукуевской кальдеры

**Источники урана.** В отличие от существующих представлений о мобилизации урана из гранитов фундамента [1, 5], по результатам проведенного автором исследования, главным источником урана является специализированный магматический очаг риолитов с содержанием U 18–20 и Th 55–60 г/т [18].

Первый, вероятно, главный источник урана на месторождениях стрельцовского типа – это интенсивный вынос урана, связанный с микрокристаллизацией игнимбритов [6, 15].

Объем выноса урана при фельзитизации гигантского покрова игнимбритов весьма значителен. Можно предположить, что из 1 км<sup>3</sup> игнимбритов выносилось до 25 тыс. т урана [15]. Оценка его общего объема не менее 50 км<sup>3</sup>. Необходимо подчеркнуть, что игнимбриты заполнили прогиб, образовавшийся в связи с проседанием бывшей дневной поверхности Тулукуевской кальдеры. За пределами Стрельцовского рудного узла реликты первоначального покрова фельзитов не обнаружены. Можно предположить, что проседание поверхности фундамента было весьма значительным и основная масса игнимбритов всегда находилась в контуре кальдеры.

Извержение игнимбритов происходило в районе западной окраины магматического очага, а прогибание поверхности рельефа и кальдерообразование, вероятно, более четко зависели от формы магматического очага, что подчеркивается контуром кольцевой дайки. Отметим, что в фундаменте кальдеры молодые интрузивные образования не встречены, однако кольцевая дайка фрагментарно продолжается вблизи восточного и северо-восточного обрамления кальдеры.

По комплексу признаков можно утверждать, что микрокристаллизация игнимбритов, а также риолитов второй и третьей фаз происходила в «высококислородной» среде, что неизбежно способствовало переходу урана в шестивалентную форму с образованием устойчивого катиона уранила (UO<sub>2</sub><sup>2+</sup>) [7]. В этой форме он способен к дальней миграции как по вертикали, так и по латерали. Наиболее устойчиво комплексное соединение уранила с гидрокарбонатом (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>-1</sup> [9, 12]. В целом миграционноспособный уран, который высвобождался при фельзитизации вулканических стекол (игнимбритов), «не ушел в океан», не осел в мелких рудопроявлениях и геохимических ореолах вокруг Стрельцовской кальдеры, а имел возможность все время участвовать в процессах миграции и концентрации в связи с эволюцией «стрельцовской горячей точки».

Второй существенный источник урана связан с процессами кристаллизационной дифференциации риолитового расплава и сосредоточением урана в остаточном флюиде [16]. На поздней стадии кристаллизации наблюдаются интенсивный привнос щелочей и преобразование санидин-морионовых риолитов в анортотклазиты с резко пониженным содержанием урана и тория.

Обоснованы выдающаяся роль глубинного базальтового плюма как источника фтороносных флюидов, а также гипотеза относительно участия кислородных термальных вод в магматической дифференциации в очаге риолитов [17, 21, 22].

**Геохимические признаки рудоносности экстрезивных и субвулканических образований.** Характерной особенностью месторождений Стрельцовского рудного узла являются пространственно-временная

и в особых случаях генетическая связь уранового оруденения с фтором и флюоритом [2]. Существуют две тенденции — дальняя регионально-глубинная и локальная, в том числе генетическая. Региональная выражается в том, что территории, специализированные на флюорит, нередко сопряжены с областями, зонами, где могут формироваться урановые месторождения [11, 13]. Локальная тенденция конкретно проявлена в специализации флюорита на уран и элементы-спутники урана во флюоритах [23].

Конкретно показано, что флюориты, находящиеся в урановых рудах, обладают особенностями строения спайдер-диаграмм РЗЭ, которые зависят от содержания во флюоритах урана [20, 21].

Характерной особенностью Краснокаменского месторождения, локализованного в гранит-порфирах (рис. 2), является наличие в них высоко-радиоактивных цирконов, содержащих кристаллы уранинита и редкоземельных элементов [22].

Предварительное изучение Краснокаменского штока и одноименного месторождения показывает, что в них наблюдаются две разновидности цирконов [14].

Нормированная к хондриту модель распределения редкоземельных элементов в цирконах рудоносных риолитов и гранитов характеризуется двумя типами распределения:

— магматический тип, хорошо выражены положительная  $Se$  ( $Se^n/Se^* 39-8$ ) аномалия и отрицательная очень глубокая аномалия  $Eu^n/Eu^* 0,024-0,003$ . Наиболее часто наблюдаются в центральных частях кристаллов;

— гидротермальный тип, характеризуется резко повышенным содержанием легких редкоземельных элементов, отсутствием либо очень слабой  $Se$  аномалии, глубокой  $Eu$  аномалии  $Eu^n/Eu^* 0,009-0,002$ , низким отношением  $Sm^n/La^n (< 10)$ ,  $Ce^n/Se^* (< 5)$ , высоким содержанием РЗЭ (среднее значение по пробам 2768–9255 г/т). Исследования цирконов будут продолжены.

**Некоторые особенности месторождений краснокаменского типа.** В отличие от месторождений урана, локализованных в стратифицированных образованиях Тулукуевской кальдеры, на Краснокаменском (рис. 4), Аргунском (рис. 5), Жерловом, Пятилетнем и других месторождениях рудоформирующие процессы развивались в вулканических и субвулканических постройках, возраст которых 135 млн лет и, возможно, моложе. Это явление можно рассматривать как признак более позднего рудообразования (постмагматического по отношению к вмещающим породам).

**Месторождение Аргунское** (рис. 5). Урановые руды локализуются в сиенитах, риолитах и доломитизированных известняках. Характерной особенностью богатых руд Аргунского месторождения является обилие молибдатов уранила в поздних крупнокристаллических флюоритах [23]. Отмечаются также почковидные агрегаты уранинита с вкрапленностью кристаллов галенита.

Состав элементов-спутников урановых руд — Pb, Zn, As, Sb, Cu, Ag, в том числе самородное серебро. Для урановых руд, локализованных в доломитах и сиенит-порфирах, характерно повышенное содержание Mo, Sb, Tl.

**Месторождение Жерловое** (рис. 5). Кроме урана в нем отмечаются богатые молибденовые руды

с содержанием 1,8 %. Они представлены молибденитом и иордизитом. Содержание молибдена от 0,05 до 2,2 %. Содержание флюорита от первых до 50 %, среднее содержание 12,6 %. Преобладает темно-фиолетовый флюорит.

**Резервы Стрельцовского рудного узла.** На сегодня актуальна проблема выявления кондиционных богатых рудных залежей в пределах Стрельцовского рудного узла и его окрестностях.

В 70–80-е и частично в 90-е годы 324-я экспедиция и другие производственные организации предприняли попытку существенно расширить контуры Стрельцовского рудного узла в основном за счет западных и юго-западных флангов Тулукуевской ВТС. Было выявлено значительное количество проявлений и оценены масштабы Цаган-Торомского месторождения, которое отнесено к категории мелких с бедными урановыми рудами.

В 2010–2012 гг. искали богатое промышленное оруденение в предполагаемых разломах на флангах Антей-Стрельцовской рудной зоны и на северном фланге Меридионального разлома в районе месторождения Безречное.

Оруденение месторождения Безречное тяготеет к зонам дробления, находящимся в кровле покрова игнимбритов. Роль экранирующей поверхности играют лавы морион-сандиновых риолитов, в которых отмечаются небольшие ураноносные трещинные зоны. Рудная залежь прижата к глубинному Меридиональному разлому. На данном его отрезке это крупный взброс, проходящий по контакту гнейсовидных гранитов с практически полным разрезом вулканитов Тулукуевской кальдеры. Промышленное оруденение представляет собой лентообразные штокверки в верхней части покрова фельзитов.

На современных разрезах месторождения Безречное (2007, 2013 гг.) почему-то исчезла дайка сиенит-порфира [4]. Если она действительно существует, то вопрос о генезисе этого месторождения требует дополнительного рассмотрения. При этом можно отметить, что месторождение Безречное находится на окраине обширного купола санидин-морионовых риолитов с возрастом 135 млн лет, в которых встречаются «гидротермальные» цирконы с очень высоким содержанием урана. Наверное, мало изучены состав и структура фундамента.

Заметным резервом могут оказаться высоко-радиоактивные перлиты в районе месторождения Юго-Западное. Их возраст 127–128 млн лет, они отличаются очень высоким содержанием цезия (0,2 %). Происхождение высоких концентраций цезия остаётся неясным.

Возможный резерв Стрельцовского рудного узла — урановые концентрации, предположительно приуроченные к апикальным частям остаточного риолитового очага. Палеовулканологические реконструкции Тулукуевской кальдеры, в частности соотношение ее диаметра (12 км) и амплитуды проседания довулканогенного фундамента (400–500 м), и мощность покровов игнимбритов позволяют предполагать, что апикальная часть риолитового очага, из которого происходило извержение игнимбритов (фельзитов), находилась на глубине 3–4 км. В связи с интрузивными процессами второй и третьей фаз вулканизма апикальные части этой глубины могла сократиться и ещё более приблизиться к современ-

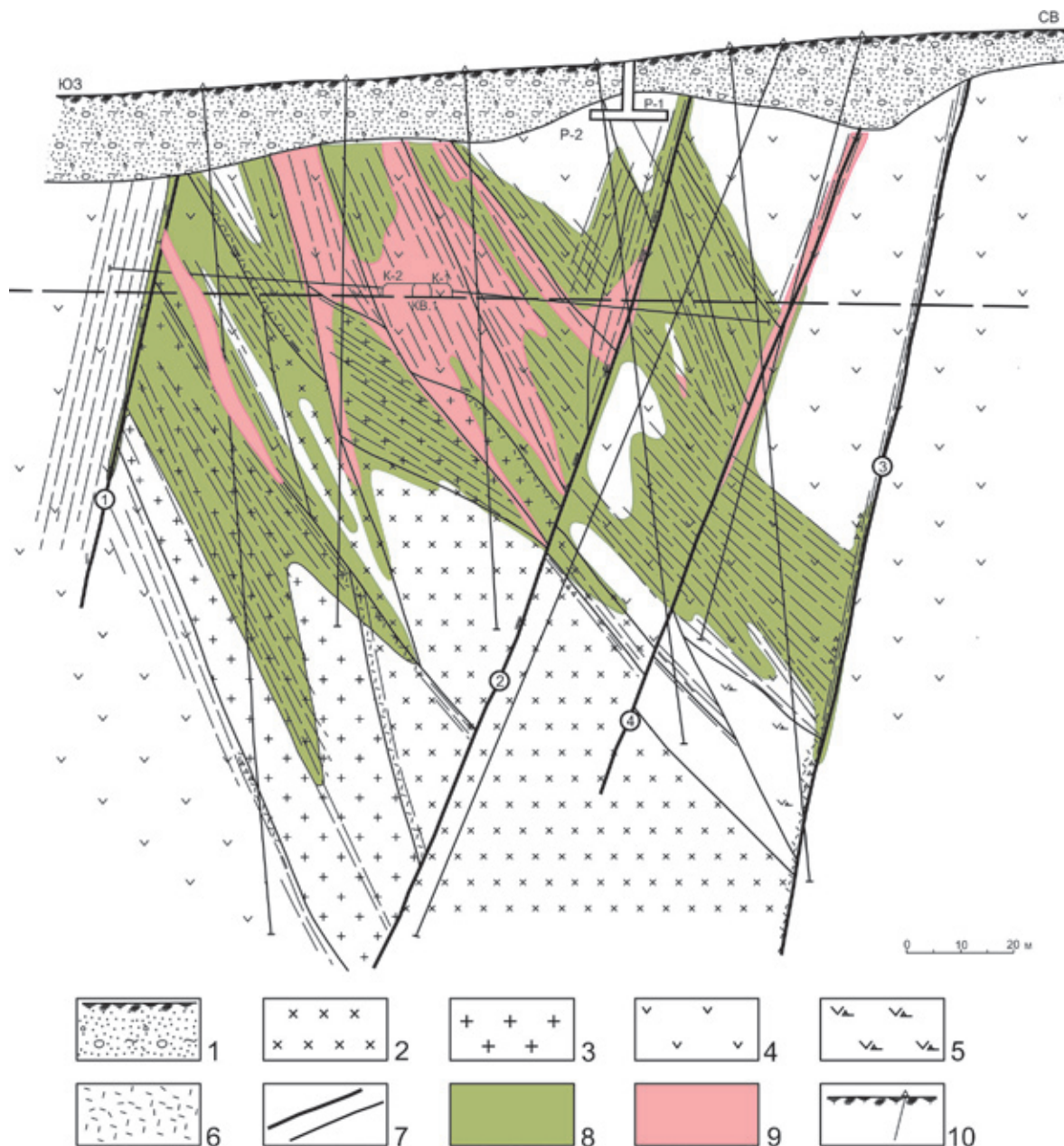


Рис. 4. Геологический разрез по линии 8 Краснокаменского месторождения. Рудоносные зоны 1 и 2

1 – четвертичные образования; 2 – граносиенит-порфиры; 3 – гранит-порфиры; 4 – микрофельзиты; 5 – лавовые брекчии фельзитов; 6 – зоны интенсивного дробления; 7 – разломы; 8 – контуры рудных тел с забалансовым оруденением; 9 – контуры рудных тел с балансовым оруденением; 10 – проекции скважин

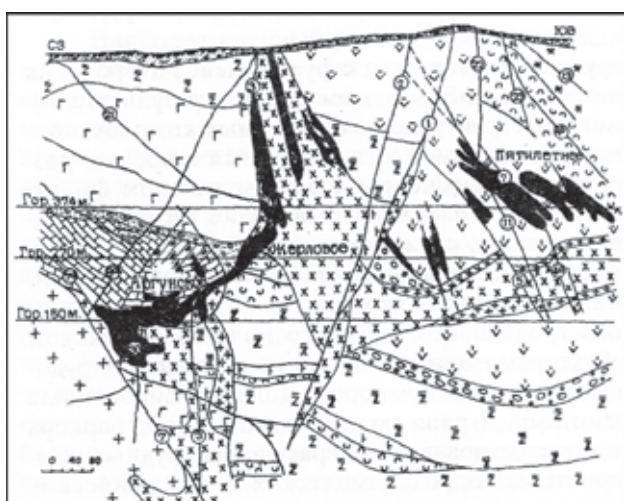


Рис. 5. Геологический разрез по разведочной линии 52 месторождений Аргунское, Жерловое, Пятилетнее [4]

ной поверхности. Результаты глубинного сейсмондирования в сочетании с другими методами глубинной геофизики (по профилю СБ-1), возможно, дадут дополнительную информацию в отношении геологической структуры и состояния вещества под Тулукуевской кальдерой [23].

**Закключение.** При изучении Стрельцовского рудного узла и других месторождений стрельцовского типа (Каменушинское и Туманное на Дальнем Востоке [3], Дорнотское в Монголии, Сианшань в Китае) обоснованы главные источники урана для месторождений [24]:

– вынос урана при фельзитизации гигантского покрова игнимбриитов;

– накопление урана в риолитовом очаге в связи с кристаллизационной дифференциацией и выносом щелочей из остаточного расплава [16, 17].

**Главная предпосылка для формирования месторождений стрельцовского и краснокаменского типов – уникальный специализированный на уран очаг риолитов с параметрами U 15–20 и Th 40–60 ppm. Насыщение риолитового очага свободным кислородом и анионами фтора в ассоциации с щелочами, кремнеземом и водой. Предполагается, что в этой обстановке уран должен находиться в шестивалентной форме в виде уранила (UO<sub>2</sub><sup>+2</sup>).**

Миграция урана возможна в виде комплексных соединений: уранил-фторида, уранил-гидрокарбоната и др. [9]. Руды преимущественно колломорфные, связанные с мельничковит-пиритом, гематитом, магнезитом и флюоритом [8, 12, 21, 22].

Ориентирами для прогнозирования таких месторождений, как Аргунское, Жерловое, Красный Камень и др., являются интрузии гранит-порфиров и граносиенитов второй стадии эволюции риолитового очага с возрастом 135–137 млн лет [19]. Для стрельцовского типа основным поисковым признаком является наличие разрывных нарушений и экранов-восстановителей.

Для эффективной и оптимально достоверной оценки перспектив на оба типа оруденения необходимо и целесообразно существенно детализировать стратиграфию Тулукуевской кальдеры, изучить геологию фундамента и обрамления высокоточными изотопно-геохимическими методами (SIMS SHRIMP по цирконам).

Остаётся до конца не решённой проблема прямого определения изотопного возраста урановых руд. Впервые необходимость определения абсолютного возраста оруденения выдвинута проф. Л. В. Комлевым в 1965 г., когда он высказал предположение о полихронности процессов рудообразования Стрельцовского уранового месторождения. В настоящее время общепризнан возраст 135 ± 1 млн лет [2, 8]. Необходимо изучать возраст оруденения, относящийся к крупным фазам магматизма и рудообразования, различать возраст оруденения с точностью до 2–3 млн лет.

В целом Тулукуевская кальдера изучена недостаточно, отсутствует информация о глубинном строении, о глубине залегания главного риолитового очага, не изучена эволюция базальтового магматизма во времени и по составу, неясна проблема магматических аппаратов, по которым изливались трахидациты и количество этапов их излияния, не до конца выяснена эволюция главного риолитового очага, не изучена кольцевая дайка, в особенности в южной и восточной частях.

Для эффективной и оптимально достоверной оценки перспектив Стрельцовского рудного узла на промышленное урановое оруденение целесообразно существенно детализировать эволюцию всех этапов вулканизма и стратиграфию вулканогенных образований Тулукуевской кальдеры. Кроме того, необходимо изучить взаимоотношения базальтов и дацитов нижнего комплекса. Следует обратить особое внимание на эволюцию базальтового вулканизма, в том числе подтвердить или опровергнуть представление о наличии молодых базальтов, перекрывающих санидин-морионовые риолиты верхнего комплекса. Необходимо использование современных высокоточных и хорошо воспроизводимых изотопно-геохимических анализов методом SIMS SHRIMP по цирконам, аналитических исследований пород и минералов методами ИСР и др. Целесообразно определить абсолютный возраст и геохимические особенности горизонта сферолитовых риолитов, которые подстилают фельзиты в районе месторождения Новогоднее.

Закономерности локализации уранового оруденения существенно различны в восточной антейстрельцовской и в западной краснокаменско-аргунской частях Стрельцовского рудного узла.

В западной части Стрельцовского рудного узла важную рудолокализирующую роль играют магматические структуры: дайки, штоки, трубки взрыва. Возможно выявление «слепого» уранового оруденения в глубоких частях Краснокаменского и других штоков и даек гранит-порфиров и граносиенит-порфиров. Необходимо широкое использование различных методов структурной геофизики.

Для прогнозирования и поисков месторождений урана краснокаменского типа целесообразно привлечь имеющиеся материалы по геофизическим работам. Следует проанализировать материалы А. Духовского, Г. А. Генко, Ю. А. Филипченко и др. Сейсмический профиль 1-СБ пройден на значительном удалении от центральных частей Стрельцовского рудного узла. К сожалению, отсутствуют материалы по геологической интерпретации проведённых исследований.

---

1. Андреева О.В., Величкин В.И. и др. Месторождения Стрельцовского поля и Карху // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. Т. 2: Стратегические виды рудного сырья. – М.: ИГЕМ РАН, 2006. – С. 299–341.

2. Алешин А.П., Величкин В.И., Крылова Т.Л. Генезис и условия формирования месторождений уникального молибден-уранового Стрельцовского рудного поля: новые минералого-геохимические и физико-химические данные // Геология рудных месторождений. 2007. Т. 49. № 5. – С. 446–470.

3. Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. Металлогения урана Дальнего Востока России. – М.: Наука, 2006. – 372 с.

4. Ищуква Л.П., Игошин Ю.А., Авдеев Б.В. и др. Геология Урулюнгуевского рудного района и молибден-урановых месторождений Стрельцовского рудного поля. – М.: Геоинформмарк, 1998. – 526 с.

5. Ищуква Л.П., Модников И.С., Сычев И.В. и др. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. – Иркутск: Типография «Глазковская», 2007. – С. 260.

6. Керр П.Ф. Урановые месторождения района Мерисвилл, штат Юта // Рудные м-ния США. Т. II / пер. с англ. — М.: Мир, 1973. — С. 529–546.
7. Когарко Л.Н., Кригман Л.Д. Фтор в силикатных расплавах и магмах. — М.: Наука, 1981. — 128 с.
8. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Власов Б.П. и др. Урановые и молибден-урановые месторождения в областях развития континентального внутрикорового магматизма: геология, геодинамические и физико-химические условия формирования. — М.: ИФЗ РАН, ИГЕМ РАН, 2012. — 320 с.
9. Липилина И.И. Уранил и его соединения. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 316 с.
10. Машиковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К. и др. Уран российских недр. — М.: ВИМС, 2010. — 850 с.
11. Металлогеническая карта Центральной, Северной и Восточной Азии и прилегающих территорий (на англ. яз.) масштаба 1 : 2 500 000, на 15 листах. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014.
12. Наумов Г.Б. Миграция урана в гидротермальных растворах // Геология рудных м-ний. 1998. № 4. — С. 307–325.
13. Региональная металлогения Центральной Азии / гл. ред. О.В. Петров, Дун Шувен. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. — 248 с. (Труды ВСЕГЕИ. Новая серия. Т. 353).
14. Толмачева Е.В., Шатков Г.А., Бережная Н.Г. и др. Особенности генезиса и флюидального режима формирования порфиридных гранитов Краснокаменского рудного узла // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы науч. совещ. по Программе фундам. исслед. ОНЗ РАН (Иркутск, 11–14 окт. 2009 г.). — Иркутск, 2009. — Вып. 7. Т. 2. — С. 112–113.
15. Шатков Г.А., Шаткова Л.Н., Гушчин Е.Н. О распределении урана, тория, фтора, хлора, молибдена и ниобия в липаритах и кислых вулканических стеклах // Зап. ВМО. 1970. Ч. 99. № 2. — С. 165–177.
16. Шаткова Л.Н., Шатков Г.А. О возможном источнике рудного вещества урано-флюоритовых месторождений // Геология рудных м-ний. 1973. № 4. — С. 36–44.
17. Шатков Г.А. Фтор и хлор в базальтах как возможные индикаторы металлогенической зональности // Сов. геология. 1975. № 6. — С. 121–127.
18. Шатков Г.А. О природе высокоактивных гранитов и риолитов Керулено-Аргунского микроконтинента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы науч. совещ. по Программе фундам. исслед. ОНЗ РАН (Иркутск, 11–14 окт. 2009 г.). — Иркутск, 2009. — Вып. 7. Т. 2. — С. 141–142.
19. Шатков Г.А., Бережная Н.Г., Лепехина Е.Н. и др. U-Pb (SIMS SHRIMP II) возраст вулканических образований Тулукувской кальдеры (Стрельцовский уранорудный узел, Восточное Забайкалье) // Докл. РАН. 2010. Т. 432. № 3. — С. 360–364.
20. Шатков Г.А., Бутаков П.М. Редкие земли как индикаторы генезиса флюоритовых и флюоритсодержащих месторождений Забайкалья // Регион. геология и металлогения. 2011. № 46. — С. 67–84.
21. Шатков Г.А., Бутаков П.М. Признаки участия уранилфторидов в формировании богатых урановых руд месторождений стрельцовского типа, Восточное Забайкалье // Докл. РАН. 2013. Т. 449. № 6. — С. 445–459.
22. Шатков Г.А., Бутаков П.М. Геолого-геохимические критерии прогнозирования месторождений стрельцовского типа // Уран: геология, ресурсы, производство. — М.: ВИМС, 2013. — С. 360–371.
23. Шатков Г.А., Антонов А.В., Бутаков П.М. и др. Урановые минералы во флюоритах Стрельцовского и Аргунского месторождений (Восточное Забайкалье) // Регион. геология и металлогения. 2014. № 60. — С. 87–97.
24. Шатков Г.А. Стрельцовский тип урановых месторождений // Регион. геология и металлогения. 2015. № 63. — С. 85–96.
1. Andreeva O.V., Velichkin V.I. i dr. Deposits of the Streltsov field and Karkhu. *Large and super-large deposits of ore minerals. Vol. 2: Strategic types of ore raw materials.* Moscow: IGM RAN. 2006. Pp. 299–341. (In Russian).
2. Aleshin A.P., Velichkin V.I., Krylova T.L. Genesis and formation conditions of deposits of the unique molybdenum-uranium Streltsovsky ore field: New mineralogical-geochemical and physicochemical data. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy.* 2007. Vol. 49. No 5, pp. 446–470. (In Russian).
3. Goroshko M.V., Malyshev Yu.F., Kirillov V.E. Metallogeniya urana Dal'nego Vostoka Rossii [Uranium Metallogeny of the Russian Far East]. Moscow: Nauka. 2006. 372 p.
4. Ishchukova L.P., Igoshin Yu.A., Avdeev B.V. i dr. Geologiya Urulyunguevskogo rudnogo rayona i molibden-uranovykh mestorozhdeniy Strel'covskogo rudnogo polya [Geology of the Urulyunguevsky ore region and molybdenum-uranium deposits of the Streltsovsky ore field]. Moscow: Geoinformmark. 1998. 526 p.
5. Ischukova L.P., Modnikov I.S., Sychev I.V. i dr. Uranovye mestorozhdeniya Strel'covskogo rudnogo polya v Zabaykal'e [Uranium deposits of the Streltsovsky ore field in Transbaikalia]. Irkutsk: Tipografiya "Glazkovskaya". 2007. 260 p.
6. Kerr P.F. Uranium deposits in the area of Merisvale, Utah. *Ore Deposits of the USA.* Vol. II. Moscow: Mir. 1973. Pp. 529–546. (In Russian).
7. Kogarko L.N., Krigman L.D. Ftor v silikatnykh rasplavah i magmah [Fluorine in silicate melts and magmas]. Moscow: Nauka. 1981. 128 p.
8. Laverov N.P., Velichkin V.I., Vlasov B.P., Aleshin A.P., Petrov V.A. Uranovye i molibden-uranovye mestorozhdeniya v oblastyakh razvitiya kontinental'nogo vnutrikorovogo magmatizma: geologiya, geodinamicheskie i fiziko-himicheskie usloviya formirovaniya. [Uranium and molybdenum-uranium deposits in areas of continental intracrustal magmatism: geology, geodynamic and physicochemical conditions of formation]. Moscow: IFZ RAN, IGM RAN. 2012. 320 p.
9. Lipilina I.I. Uranil i ego soedineniya [Uranium and its compounds]. Moscow: Izd-vo AN SSSR. 1959. 316 p.
10. Mashkovtsev G.A., Konstantinov A.K., Miguta A.K., Shumilin M.V., Schetochkin V.N. Uran rossyiskih neдр [Uranium of Russian bowels]. Moscow: VIMS. 2010. 850 p.
11. Металлогеническая карта Central'noy, Severnoy i Vostochnoy Azii i prilgayushchih territoriy (na angl. yaz.) mashtaba 1 : 2 500 000, na 15 listah [The metallogenic map of Central, North and East Asia and the surrounding territories (in English) at a scale of 1:2,500,000, on 15 sheets]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2014.
12. Naumov G.B. Migration of uranium in hydrothermal solutions. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy.* 1998. No 4. Pp. 307–325. (In Russian).
13. Regional'naya metallogeniya Central'noy Azii [Regional metallogeny of Central Asia]. Editor in chief O.V. Petrov, Dun Shuven. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI. 2012. 248 p. (Trudy VSEGEI. Novaya seriya. Vol. 353).
14. Tolmacheva E.V., Shatkov G.A., Berezhnaya N.G. i dr. Peculiarities of genesis and fluid mode of formation of porphyry-like granites of the Krasnokamensky ore node. *Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from the ocean to the continent): materials of a scientific meeting on the Fundamental Research Program of the ONZ RAS (Irkutsk, 11–14 October 2009).* Irkutsk: 2009. Iss. 7. Vol. 2. Pp. 112–113. (In Russian).
15. Shatkov G.A., Shatkova L.N., Gushchin E.N. Distribution of uranium, thorium, fluorine, chlorine, molybdenum and niobium in liparite and acidic volcanic glass. *Notes of WMO.* 1970. Iss. 99. No 2, pp. 165–177. (In Russian).
16. Shatkova L.N., Shatkov G.A. About possible source of ore material of uranium-fluorite deposits. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy.* 1973. No 4. Pp. 36–44. (In Russian).
17. Shatkov G.A. Fluorine and chlorine in basalts as possible indicators of metallogenic zoning. *Sovetskaya geologiya.* 1975. No 6. Pp. 121–127. (In Russian).

18. Shatkov G.A. About the nature of highly radioactive granite and rhyolite of the Kerulen-Argun microcontinent of the Central Asian fold belt. *Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from the ocean to the continent): materials of a scientific meeting on the Fundamental Research Program of the ONZ RAS (Irkutsk, 11–14 October 2009)*. Irkutsk: 2009. Iss. 7. Vol. 2. P. 141–142. (In Russian).
19. Shatkov G.A., Berezhnaya N.G., Lepkhina E.N., Rodionov N.V., Paderin I.P., Sergeev S.A. U-Pb (SIMS SHRIMP II) age of volcanic formations of the Tulukuevsky caldera (Streltsovsky uranium ore node, Eastern Transbaikalia). *Reports of Russian Academy of Sciences*. 2010. Vol. 432. No 3, pp. 360–364. (In Russian).
20. Shatkov G.A., Butakov P.M. Rare earths as indicators of the genesis of fluorite and fluorite-bearing deposits in Transbaikalia. *Regionional'naya geologiya i metallogeniya*. 2011. No 46, pp. 67–84. (In Russian).
21. Shatkov G.A., Butakov P.M. Indicators of uranyl fluoride participation in the formation of rich uranium ore of Streltsovsky type deposits, Eastern Transbaikalia. *Reports of Russian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 449. No 6, pp. 445–59. (In Russian).
22. Shatkov G.A., Butakov P.M. Geological and geochemical criteria of forecasting Streltsovsky type deposits. *Uranium: geology, resources, production*. Moscow: VIMS. 2013. Pp. 360–371. (In Russian).
23. Shatkov G.A., Antonov A.V., Butakov P.M., Kashin S.V., Sergeev S.A. Uranium minerals in the fluorite of the Streltsovsky and Argun deposits (Eastern Transbaikalia). *Regionional'naya geologiya i metallogeniya*. 2014. No 60, pp. 87–97. (In Russian).
24. Shatkov G.A. Streltsovsky type of uranium deposits. *Regionional'naya geologiya i metallogeniya*. 2015. No 63, pp. 85–96. (In Russian).

---

*Шатков Георгий Афанасьевич* – доктор геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <Georgy\_Shatkov@vsegei.ru>

*Shatkov Georgy Afanasyevich* – Doctor Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <Georgy\_Shatkov@vsegei.ru>