

УДК 553.495 (571.5:571.6)

DOI: 10.24930/1681-9004-2021-21-1-103-115

Новый урановый потенциально крупный район России (Дальний Восток)

А. М. Жирнов¹, В. А. Гурьянов²

¹Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4, e-mail: zhantmich@yandex.ru

²Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65, e-mail: guryanov_v@mail.ru

Поступила в редакцию 05.12.2018 г., принята к печати 12.11.2019 г.

Объект исследования. Урановые месторождения Тырминского района Дальнего Востока, кратко изучавшегося 60 лет назад и весьма сходного со Стрельцовским сверхкрупным урановым районом России. **Материалы и методы.** Материалами являются геологические сведения о месторождениях урана в перспективном Тырминском районе и в крупнейшем Стрельцовском районе Дальнего Востока. Метод исследования – сопоставление известных сведений о геологических особенностях месторождений урана и рудных районов в целом. **Результаты.** Урановорудные районы локализованы в мезозойских вулканогенных кальдерах, в пределах палеозойских гранитов. Конкретные месторождения урана сформированы в узлах пересечения разнонаправленных разломов, чаще вблизи границ вулканогенных кальдер. Месторождения формируются в пределах контрастного геологического разреза и представлены крутыми жилообразными и штокверковыми телами и пологими пластообразными телами под экранами слоев плотных песчаников, алевролитов и в благоприятных слоях конгломератов и эффузивных брекчий. Длина рудных тел – 0.2–1 км, мощность – 1–80 м. Урановые руды принадлежат к фтор-молибден-урановому типу, околорудные породы представлены аргиллитами и гидрослюдитами. Некоторые месторождения Тырминского района вскрыты скважинами до глубины 80–160 м от поверхности, тогда как месторождения Стрельцовского района разведаны скважинами и подземными горными выработками до глубины 1.5 км от поверхности. **Заключение.** На основании большого сходства месторождений в указанных районах протяженность урановых месторождений Тырминского района прогнозируется до глубины 500–700 м, а ресурсы их оцениваются как крупные. Тырминский район рассматривается как наиболее перспективный урановый район юга Дальнего Востока и рекомендуется как первоочередной для постановки оценочных и разведочных работ на уран.

Ключевые слова: Дальний Восток, мезозойские кальдеры, новый урановый район, крупные ресурсы

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания для институтов ИКАРП ДВО РАН и ИТИГ ДВО РАН на 2017–2020 гг.

A new potentially large uranium district in Russia (Far East)

Anatoly M. Zhirnov¹, Valentin A. Guryanov²

¹Institute for the Complex Analysis of Regional Problems, Far Eastern Branch of RAS, 4 Sholom-Aleikhem st., Birobidzhan 679016, Russia, e-mail: zhantmich@yandex.ru

²Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, 65 Kim Yu Chen st., Khabarovsk 680000, Russia, e-mail: guryanov_v@mail.ru

Received 05.12.2018, accepted 12.11.2019

Research subject. The aim was to justify the prospects of uranium deposits in the Tyrmensk area of the Far East, which were briefly studied over 60 years ago. These deposits are highly similar to those located in the Streltsovsk mega uranium district. **Materials and methods.** The materials were geological data on uranium deposits in the promising Tyrmensk district and in the largest Streltsovsky district in the Far East. The research method was a comparison of the available information about the geological features of uranium deposits and ore areas as a whole. **Results.** The uranium ore regions under study are localized in Mesozoic volcanogenic calderas, within Paleozoic granites. Specific uranium deposits are

Для цитирования: Жирнов А.М., Гурьянов В.А. (2021) Новый урановый потенциально крупный район России (Дальний Восток). *Литосфера*, 21(1), 103–115. DOI: 10.24930/1681-9004-2021-21-1-103-115

For citation: Zhirnov A.M., Guryanov V.A. (2021) A new potentially large uranium district in Russia (Far East). *Litosfera*, 21(1), 103–115. DOI: 10.24930/1681-9004-2021-21-1-103-115

© А.М. Жирнов, В.А. Гурьянов, 2021

formed at intersections of multidirectional faults, most frequently in the vicinity of volcanic caldera boundaries. The deposits formed within a contrasting geological section are represented by steep vein-like and stock-like bodies, as well as by gently sloping formation-like bodies under the screens of layers of dense sandstones and siltstones. In addition, deposits are found in favourable layers of conglomerates and effusives breccia. The length and thickness of ore bodies comprise 0.2–1 km and 1–80 m, respectively. Uranium ores belong to the fluorine-molybdenum-uranium type; near-ore rocks are represented by mudstones and hydrosilicates. Some fields in the Tyrminsk district are opened by wells to a depth of 80–160 m from the surface, while the fields in the Streltsovsk district are explored by wells and underground mine workings to a depth of 1.5 km from the surface. *Conclusion.* The extent of uranium deposits in the Tyrminsk district is predicted to reach a depth of 500–700 m, with their resources being estimated as “large” based on the high similarity of localities in the areas under study. As the most promising uranium area in the south Far East, the Tyrminsk district is recommended as a priority exploration site for uranium.

Keywords: *Far East, Mesozoic calderas, new uranium region, large resources*

Funding information

The work was carried out within the framework of the state task for the institutes of ICARP FEB RAS and ITIG FEB RAS for 2017–2020

Acknowledgements

The authors are grateful to the reviewer for their useful comments and recommendations concerning the initial version of the manuscript, which improved its quality significantly.

ВВЕДЕНИЕ

Уран входит в число 11 дефицитных стратегических металлов России, остро необходимых для развития экономики страны (Быховский, Тигунов, 2015). Поэтому остается актуальной задача выявления новых месторождений урана с качественными рудами, залегающих в благоприятных географо-экономических условиях.

В России главное промышленное значение имеют гидротермальные месторождения урана в Стрельцовой вулканогенной кальдере мезозойского возраста (в верховье р. Аргунь-Амур, в западной части Амурского региона) с разведанными крупными запасами урана до глубины 1.5 км от поверхности. Наиболее перспективным районом уранового оруденения такого типа в России является Тирминский урановорудный район в Среднем Приамурье. Этот район весьма сходен по условиям формирования уранового оруденения со Стрельцовским урановорудным районом, но изучался в далекие годы и в основном с поверхности (Горошко и др., 2006). Характеристика Тирминского и Стрельцовского рудных районов приведена в (Горошко и др., 2006; Петров и др., 2014; Шатков, 2015; и др.). Сравнительное исследование условий локализации уранового оруденения для двух указанных районов никогда не проводилось, как и определение прогнозных ресурсов урана в Тирминском районе на этой основе.

Для научного прогноза месторождений полезных ископаемых (и рудных районов) важны два научных критерия. Во-первых, необходимо правильное определение формационного типа месторождения

(рудного района) из всего их разнообразия (Критерии..., 1986). Во-вторых, необходимо тщательное сопоставление региональных и локальных факторов локализации месторождений (рудных районов), особенностей состава руд и околорудных изменений вмещающих пород исследуемого месторождения (рудного района) с эталонным месторождением (районом). За эталонный объект принимается месторождение, детально изученное подземными горными выработками на большую глубину (Бойцов и др., 1991).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИСЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены опубликованные статьи многих исследователей (в том числе авторские) и фондовые материалы. Главным методом исследования является сравнительный анализ и сопоставление региональных критериев Тирминского и Стрельцовского рудных районов и локальных факторов формирования отдельных месторождений урана, особенностей состава руд и околорудных измененных пород. Такое сопоставление позволило создать научную основу прогнозной оценки урановых рудных объектов Тирминского района и определить возможные ресурсы урана.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Урановорудные районы и узлы формируются, как правило, в специфической геологической обстановке, определяемой благоприятным сочетанием нескольких региональных критериев. К ним от-

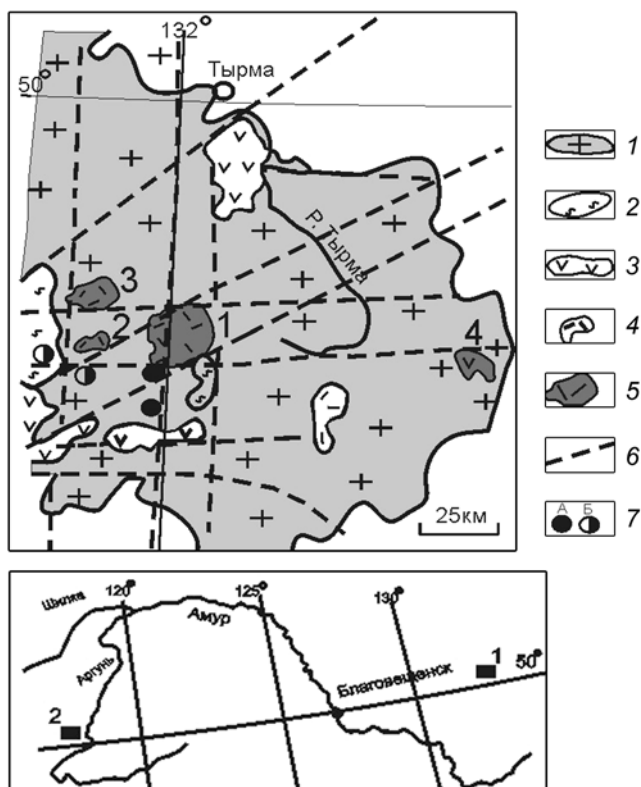


Рис. 1. Геолого-структурная позиция Тырминского уранового района (Геологическая карта..., 1987; Горошко и др., 2006).

1 – палеозойские граниты Тырминского массива; 2 – участки архейских метаморфических пород; 3 – нижнемеловые впадины с андезитами; 4 – верхнемеловые впадины с риолитами; 5 – ураноносные впадины: 1 – Каменушинская, 2 – Яуринская, 3 – Таланджинская, 4 – Белоянская; 6 – главные разломы; 7 – рудопроявления олова (А) и золота (Б).
Внизу. Географическое положение Тырминского (1) и Стрельцовского (2) урановых районов Приамурья.

Fig. 1. Geological and structural position of the Tyrminsky uranium district (Geologicheskaya karta..., 1987; Goroshko et al., 2006).

1 – Paleozoic granites of the Tyrminsky massif; 2 – The places of the Archean metamorphic rocks; 3 – Lower Cretaceous depressions with andesites; 4 – Upper Cretaceous depressions with rhyolites; 5 – uranium depressions: 1 – Kamenushinskaya, 2 – Yaurinskaya, 3 – Talandzhinskaya, 4 – Beloyanskaya; 6 – The main faults, 7 – ore bodies of tin (A) and gold (B).

Below. Geographic location of Tyrminsky (1) and Streltsovsky (2) uranium districts of the Amur region.

Критерии локализации месторождений в Тырминском районе

носятся тип земной коры и ее мощность, геотектонический режим развития, сочетание зон глубинных разломов и локализация в зонах мезозойской тектоно-магматической активизации в пределах крупных территорий. В пределах Восточного Забайкалья и Дальнего Востока установлены следующие региональные критерии локализации урановорудных районов.

1. Наличие палеозойских гранитоидных блоков земной коры большой мощности калиевой и ураноториевой геохимической направленности с устойчивым режимом к поднятию на протяжении ряда циклов геологического развития (Бойцов, 1989; Бойцов и др., 1991; Жирнов, 1997).

2. Наличие зон позднемезозойской тектоно-магматической активизации в пределах гранитоидных блоков.

3. Приуроченность мезозойских вулканогенных кальдер к стыкам палеозойских гранитных массивов с жесткими архейскими и протерозойскими блоками пород.

4. Наличие региональных разломов и их пересечений, активизированных в мезозойское время, в пределах благоприятных гранитоидных блоков (Бойцов, 1989; Бойцов и др., 1991; Жирнов, Лобов, 2002).

В результате совместного проявления указанных критериев формируются мезозойские вулканогенные кальдеры, вмещающие крупномасштабные урановорудные районы.

Тырминский урановорудный район Среднего Приамурья расположен на левобережье средней части р. Амур, на границе Хабаровского края и Еврейской автономной области (рис. 1).

Рудный район сформировался в Тырминском многоэтапном массиве палеозойских гранитов (размером 125 × 80 км), прорывающем архейский фундамент и составляющем южную часть крупного Буреинского массива. Рудный район расположен в широтной тектонической зоне длиной 50 км, шириной 20 км, ограниченной с флангов скрытыми разломами – Кульдуру-Суларинском на западе, Турук-Ушманским на востоке, Шулигда-Куримиканским на севере и Урило-Тырминским на юге (см. рис. 1).

Меридиональные разломы длиной 250–280 км прослеживаются до долины р. Бурея (на севере) и представляют собой южные фланги более протяженных скрытых разломов, достигающих р. Селемджа (Жирнов, Лобов, 2002). Широтные разломы короче – длиной 150–220 км, ограничены с флангов тектоническими нарушениями по долинам рек Архара на западе и Урми на востоке. Разломы представлены обычно зонами трещиноватости, брекчирования и милонитизации (Ван-Ван-Е и др., 1981).

Разломы разграничивают блоки пород разного возраста и разного структурного плана. Например, Кульдуру-Суларинский разлом отделяет докембрийские толщи от меридионально вытянутых интрузивов палеозойского возраста и разграничи-

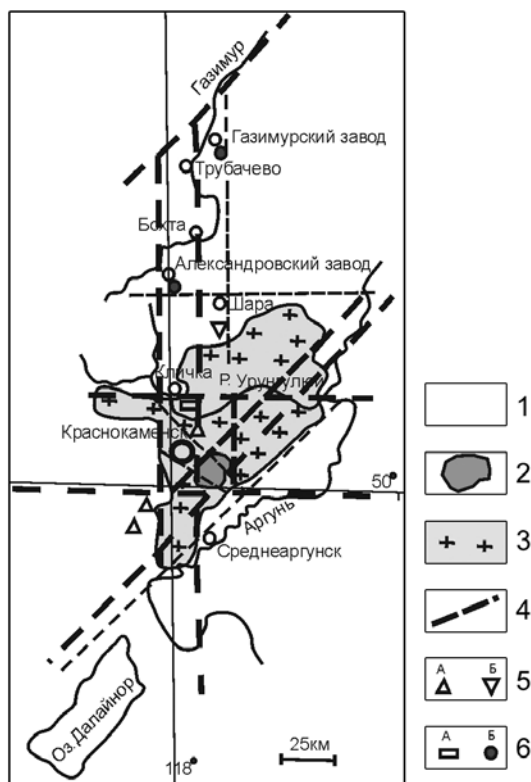


Рис. 2. Геолого-структурная позиция Стрельцовского уранового района (Рыбалов, 2002; Петров и др., 2014).

1 – горные породы архей-мезозойского возраста, 2 – ураноносная впадина, 3 – палеозойские граниты, 4 – главные разломы, 5 – месторождения флюорита (А) и молибдена (Б), 6 – месторождения олова (А) и полиметаллов (Б).

Fig. 2. Geological and structural position of the Streltsovsky uranium district (Rybalov, 2002; Petrov et al., 2014).

1 – Mountain rocks of the Archean-Cretaceous age, 2 – Uranium depression, 3 – Paleozoic granites, 4 – The main faults, 5 – Deposits of fluorite (A) and molybdenite (B), 6 – Deposits of tin (A) and lead with zinc (B).

ваит восточный фланг Хингано-Олонойского вулканогенного прогиба от палеозойских гранитов. Как правило, разломы хорошо проявлены в неотектонике и трассируются спрямленными отрезками рек и крупных притоков, либо горными водоразделами.

Магматические образования Тырминского гранитоидного массива и Кимканской рифей-раннекембрийской впадины (на юге территории) представлены преимущественно гранитами и гранодиоритами нескольких комплексов (ордовикским биробиджанским и средне-позднекарбовым тырмо-буреинским), сформированными в несколько фаз (Карта..., 1990; Геологическая карта..., 1987; Горошко и др., 2006). Все гранитоиды характеризуются повышенной геохимической специализацией на ра-

диоактивные элементы. Наиболее высоким содержанием калия и повышенной радиоактивностью отличаются граниты поздней фазы тырмо-буреинского комплекса. Средние содержания урана и тория в этих гранитах составляют соответственно 10.4 и 24.5 г/т (Горошко и др., 2006). В гранитах поздних фаз в качестве акцессорных минералов присутствуют монацит, циркон, апатит, ортит, ксенотим и уранинит (Жирнов, 1997).

Вулканогенные кальдеры (грабены) Тырминского рудного района возникли в период меловой тектоно-магматической активизации на Дальнем Востоке.

Критерии локализации месторождений в Стрельцовском районе

Стрельцовский рудный район расположен в западной части Амурского региона, совмещенной с восточным флангом Восточного Забайкалья (см. рис. 1). Район локализован в пределах крупного Аргунского (Урулюнгуйевского) массива гранитоидов палеозойского возраста (размером 150 × 70 км), среди архей-протерозойских гранитогнейсов (рис. 2) (Петров и др., 2014).

Массив гранитов испытывал устойчивую тенденцию к воздыманию и, соответственно, неравномерную калишпатовую гранитизацию с привнесением радиоактивных элементов до 6.9 г/т (Бойцов, 1989). В позднем мезозое в его пределах произошло заложение соподчиненных сводов и отдельных вулканических депрессий кальдерного типа, ограниченных крупными разломами. В одной из таких кальдер (Стрельцовской) сосредоточено промышленное урановое оруденение.

ЛОКАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

К важнейшим локальным факторам локализации месторождений урана рассматриваемых районов относятся следующие.

1. *Вулкано-тектонические структуры кальдерного типа* с контрастным геологическим разрезом, сформированные в результате развития благоприятных региональных критериев, рассмотренных выше. Это рудовмещающие структуры первого порядка.

На территории Тырминского рудного района близко расположены три вулкано-тектонические структуры – кальдеры суммарной площадью 430 км², в том числе Каменушинская кальдера – 224 км², Яуринская – 48 км², Таланджинская кальдера – 160 км² (рис. 3а). В аналогичной кальдере локализован и Стрельцовский урановый район (рис. 3б).

В качестве эталонной (модельной) кальдеры рассмотрим Стрельцовскую, детально изученную за 50 лет эксплуатации и разведки урановых месторождений.



Рис. 3а. Структурный контроль месторождений урана в кальдерах Тырминского района (Горошко и др., 2006; Машковцев и др., 2013).

1 – кальдеры с кислыми вулканитами (крупные цифры): 1 – Каменушинская, 2 – Яуринская, 3 – Таланджинская, 4 – Хингано-Олонойская; 2 – мелкие штоки габбро; 3 – палеозойские граниты с ксенолитами архейских метаморфитов; 4 – установленные разрывные нарушения (цифры в кружках): 1 – Кульду́ро-Суларинский, 2 – Биджано-Эхилканский, 3 – Турук-Ушманский; 5 – предполагаемые скрытые разломы; 6А – месторождения урана (мелкие цифры): 1 – Ласточка, 2 – Светлое, 3 – Эхилканское, 4 – Каменушинское, 5 – Туманное; 6Б – рудопроявления урана; 7 – рудопроявления олова (1), проявления и россыпи золота (2), по геологическим съемкам М.Г. Золотова (1958), С.Д. Добкина (2001); 8 – железная дорога Чегдомын-Хабаровск.

Fig. 3a. Structural control of uranium deposits in the caldera of the Tyrminsky district (Goroshko et al., 2006; Mashkovtsev et al., 2013).

1 – Calderas with acid volcanic (large figures): 1 – Kamenushinskaya, 2 – Yaurinskaya, 3 – Talandzhinskaya, 4 – Khingano-Oloynskaya; 2 – small gabbro rods; 3 – Paleozoic granites with Archean metamorphic xenoliths; 4 – established faults, including (figures in circles) 1 – Kulduro-Sularinsky, 2 – Bidzhano-Ekhilkansky, 3 – Turuk-Ushmansky; 5 – the supposed hidden faults; 6A – uranium deposits (small figures): 1 – Lastochka, 2 – Svetloe, 3 – Ekhilkan, 4 – Kamenushinsk, 5 – Tumannoe; 6B – uranium ore occurrences; 7 – ore occurrences of tin (1), gold occurrence and placer (2) (according to geological surveys of M.G. Zolotov (1958), S.D. Dobkin (2001); 8 – Chegdomyn-Khabarovsk railway.

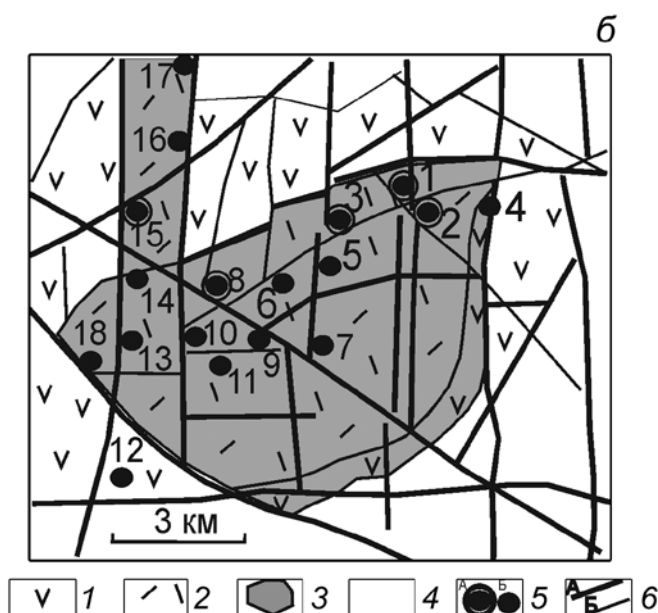


Рис. 3б. Структурный контроль месторождений урана в Стрельцовой кальдере (Котов и др., 1995; Петров и др., 2014).

1 – андезиты внешнего грабена; 2 – риолиты; 3 – внутренняя ураноносная кальдера; 4 – протерозойские метаморфические породы и палеозойские граниты; 5 – месторождения урана: А – крупные (1 – Стрельцовское, 2 – Антей, 3 – Октябрьское, 8 – Тулукуевское, 15 – Аргунское); Б – средние и мелкие месторождения; 6 – разломы: А – крупные, Б – соподчиненные.

Fig. 3b. Structural control of uranium deposits in the Streltsovskaya caldera (Kotov et al., 1995; Petrov et al., 2014).

1 – external graben's andesites; 2 – rhyolites; 3 – internal uranium-bearing caldera; 4 – Proterozoic metamorphic rocks and Paleozoic granites; 5 – uranium deposits: A – large (Streltsovskoe, 2 – Antey, 3 – October, 8 – Tulukuyevskoe, 15 – Argunskoe); B – medium and small deposits; 6 – faults: A – large, B – subordinated.

Стрельцовская кальдера размером 220 км² сформирована в ограничении крупных разломов (см. рис. 2, рис. 3б). В геологическом строении Стрельцовской вулканогенной впадины выделяют два структурных яруса вулканогенных пород и древний гранитоидный протерозойско-палеозойский фундамент. Вулканогенная впадина сложена нижним ярусом андезибазальтов и верхним ярусом риолитов (рис. 4).

Нижний вулканогенный ярус впадины (J₂₋₃) сложен тремя покровами андезибазальтов и трахидацитов, разделенных двумя прослоями лав и туфов трахидацитов. Вулканиды подстилаются слоем конгломератов.

Породы верхнего вулканогенного яруса (K₁) залегают на эродированной поверхности нижнего яруса, иногда непосредственно на породах фундамента. Главный объем верхнего яруса и вулканогенной кальдеры в целом составляет мощная (до 500 м) толща риолитов с микрофельзитовой структурой и игнимбритовой текстурой. В основании и верхней части этой толщи выделяются покровы пепловых туфов.

Все эффузивные породы прорываются Краснокаменским штоком и кольцевой дайкой микрозернистых граносиенит-порфиров и гранит-порфиров, которые ближе к поверхности сменяются трахириолитами (Шатков, 2015). Вулканическая эволюция магматического очага под Стрельцовской (Тулукуевской) кальдерой продолжалась около 20 млн лет – в интервале 143–127 млн лет (Рыбалов, 2002; Шатков, 2015).

Позже в пределах кальдеры произошло формирование многочисленных месторождений урана фтор-молибден-уранового типа (Бойцов, 1989).

Тырминские кальдеры характеризуются сходным типом геологического разреза, наиболее изученном на глубину в крупной Каменушинской кальдере. Она имеет округлую форму диаметром около 15 км, окруженную с периферии полукольцевыми дайками гранит-порфиров и риолитов. Площадь ее равна площади Стрельцовской кальдеры. В ее строении выделяются два главных комплекса пород – верхний риолитовый с горизонтом перлитовых туфов в основании общей мощностью 500 м и нижний, имеющий более сложное строение.

Нижний комплекс пород расчленяется на три толщи. Нижняя толща мощностью 200–300 м представлена андезитами и андезибазальтами, их туфами и лавами с горизонтом конгломератов и андезитов в основании. Средняя осадочная толща мощностью 250 м сложена алевролитами с прослоями углефицированного детрита. В ее основании залегает покров андезибазальтов весьма изменчивой мощности – от 20 до 200 м.

Верхняя толща также начинается слоем туфоалевролитов с углефицированным детритом, перекрытым горизонтом пепловых туфов, но основная мас-

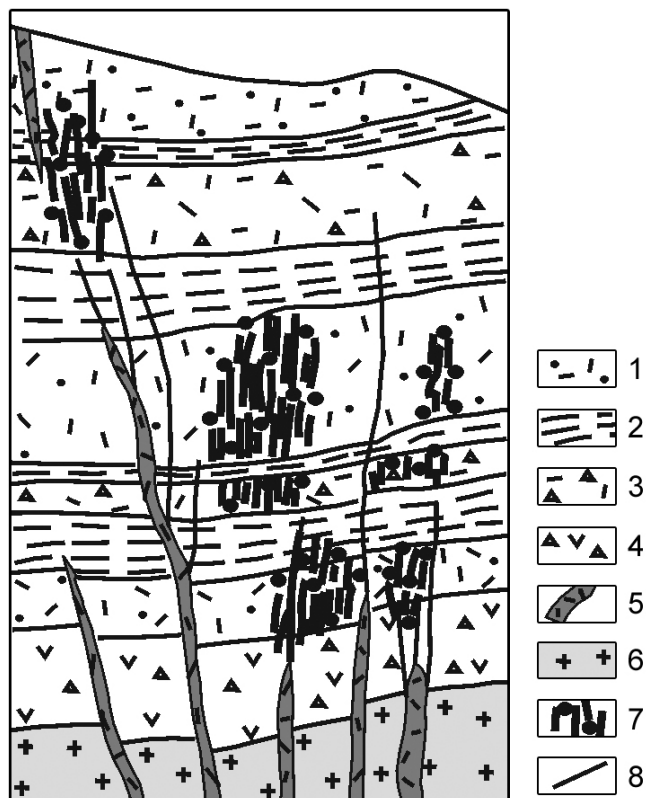


Рис. 4. Литологический контроль локализации рудных штоков в геологическом разрезе слоистых пирокластических пород, по Е.П. Сонышкину (Бойцов, 1989).

1 – туфы риолитов, 2 – полосчатые риолиты, 3 – брекчии риолитов, 4 – брекчии андезидацитов, 5 – дайки кварцевых порфиров, 6 – граниты фундамента, 7 – рудные штокверки, 8 – разломы.

Fig. 4. Lithological control of localization of ore vein zones in geological section of layers pyroclastic rocks, by E.P. Sonyushkin (Boitsov, 1989).

1 – rhyolite tuffs, 2 – banded rhyolites, 3 – rhyolite breccias, 4 – andesite breccias, 5 – quartz porphyry dikes, 6 – basement granites, 7 – ore vein zones, 8 – faults.

са ее представлена ультракислыми риолитами, риолитовыми порфирами и крупновкрапленниковыми гранит-порфирами (рис. 5). Кроме того, часто встречаются пирокластические породы – туфы и кластолавы дацитового состава. Установлены также изометрические тела эксплозивных брекчий дацитов, сцементированных кварцем (Ван-Ван-Е и др., 1981).

Все вулканогенные породы Каменушинской кальдеры характеризуются аномально высокими содержаниями щелочей (8–9 мас. %) и кремнекислоты, и пониженными содержаниями окислов магния и кальция. Общая мощность вулканогенных образований в Каменушинской кальдере около 1 км на флангах и до 1.5 км в центральной части (Ван-Ван-Е и др., 1981; Горошко и др., 2006).

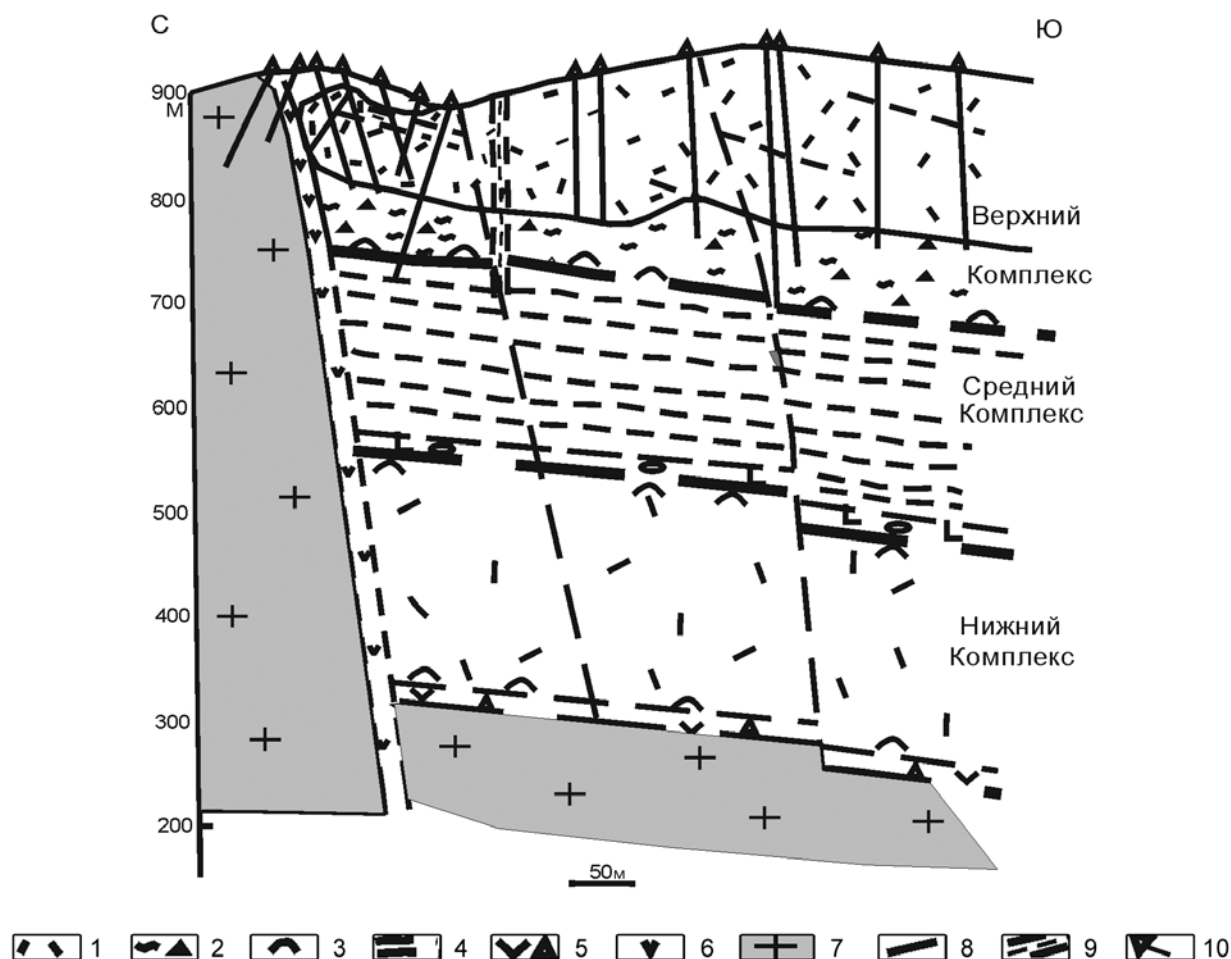


Рис. 5. Слоистый литологический разрез Каменушинской кальдеры, по данным бурения глубоких скважин (Ван-Ван-Е и др., 1981; Горошко и др., 2006).

1 – риолиты, 2 – лавобрекчии риолитов, 3 – туфы, 4 – алевролиты с углефицированным детритом, 5 – лавобрекчии андезитов, 6 – дайка андезитовых порфиров, 7 – граниты фундамента, 8 – разломы, 9 – зоны тектонической трещиноватости, 10 – скважины колонкового бурения.

Fig. 5. Layer lithological section of the Kamenushinskaya caldera, according to the drilling of deep wells (Van-Van-E et al., 1981, Goroshko et al., 2006).

1 – rhyolites, 2 – breccias lava of rhyolites, 3 – tuffs, 4 – siltstone with coalified detritus, 5 – breccias lava of andesites, 6 – dike of andesitic porphyrites, 7 – basement granites, 8 – faults, 9 – zones of tectonic fractures, 10 – core drilling wells.

Яуринская кальдера расположена в 10 км к западу от Каменушинской, Таланджинская кальдера находится в 6 км к северу от Яуринской. С поверхности обе они представлены кислыми эффузивами, подобными риолитам Каменушинской кальдеры.

2. *Контрастный литологический состав* эффузивов, слагающих кальдеры. Как видно из выше приведенных разрезов кальдер, в них имеются отдельные слои повышенной или пониженной пористости. В нижней толще Стрельцовской кальдеры залегает слой конгломератов, а в основании верхней риолитовой толщи находится слой пепловых туфов.

Еще более контрастный состав геологического разреза установлен в Каменушинской кальдере. Нижняя толща также подстилается слоем конгломератов. Средняя толща разреза представлена алевролитами с прослоями углефицированного детрита, а в ее основании залегает горизонт андезибазальтов мощностью 20–200 м. Эта толща является, по-видимому, экранирующей для рудоносных растворов и обладает, на участках развития углефицированного детрита, повышенной адсорбционной способностью к рудоотложению. В основании верхней риолитовой толщи также залегает специфический слой туфо-алевролитов с углефицированным детритом, пе-

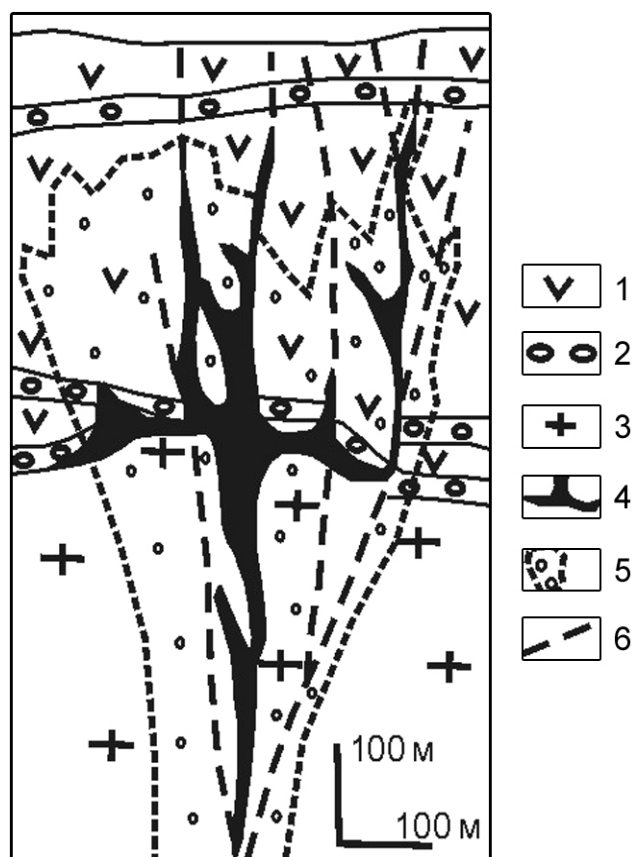


Рис. 6. Структурный и литологический контроль рудных тел месторождения Антей (Петров и др., 2015).

1 – дациты и риолиты; 2 – песчаники, алевролиты и конгломераты; 3 – граниты; 4 – рудные тела; 5 – зона околорудных гидротермальных метасоматитов; 6 – разрывные нарушения.

Fig. 6. Structural and lithological control of ore bodies at the Antey deposit (Petrov et al., 2015).

1 – dacites and rhyolites; 2 – sandstones, siltstones and conglomerates; 3 – granites; 4 – ore bodies; 5 – zone of near-ore hydrothermal metasomatites; 6 – faults.

рекрытым горизонтом пепловых туфов (Горошко и др., 2006). Этот слой также весьма благоприятен для рудоотложения (см. рис. 5).

Возраст вулканитов верхней части разреза определен калий-аргоновым методом в 95–77 млн лет, низов геологического разреза – в 103–88 млн лет. Радиологический возраст уранового оруденения месторождений Тырминского района составляет 80–78 млн лет (Горошко и др., 2006).

3. *Высокая нарушенность эффузивов кальдер вертикальными разломами* различной ориентировки и приуроченность месторождений урана преимущественно к узлам пересечения разломов (см. рис. 2, 3).

Площади кальдер рассечены многочисленными разломами разных направлений. Месторождения урана локализованы обычно вблизи разломов, а наиболее крупные из них тяготеют к участкам пересечения разно ориентированных разломов. Характерно расположение месторождений в северных краевых частях кальдер. Например, в Каменушинской кальдере все месторождения урана расположены в северной, приподнятой, части кальдеры, где имеются и субвулканические тела гранит-порфиров. Несколько месторождений (Ласточка, Светлое, Эхилканское, Каменушинское) локализованы в зоне главного, Светлинского, разлома северо-восточного простирания, на пересечении с субмеридиональными разломами (см. рис. 3а).

4. *Приуроченность месторождений к интрузиям гранитов куполовидного типа* или к их наклонным контактам (рис. 6).

Скрытая куполовидная интрузия гранитов установлена в северо-восточной части Стрельцовской кальдеры. Именно к ней приурочены крупные месторождения Стрельцовское, Антей и Тулукуевское. Эта часть кальдеры приподнята относительно западной части. В западной части кальдеры наиболее крупное месторождение – Аргунское – локализовано в эндоконтактовой части наклонного тела гранитов (Шатков, 2015).

Помимо перечисленных выше есть и другие факторы контроля оруденения и характерные признаки минерального состава руд (табл. 1)

Приведенное детальное сопоставление критериев и факторов локализации прогнозируемого и эталонного рудных районов является необходимым и важным методом их сравнения. Именно *“комплекс критериев и факторов составляет единственно верную базу для всестороннего описания объектов и гарантирует его полноту”* (Бойцов и др., 1991, с. 130). Установленное большое сходство сравниваемых рудных районов позволяет достаточно надежно оценивать высокую перспективность Тырминского района.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РУДОНОСНОСТИ СТРЕЛЬЦОВСКОГО И ТЫРМИНСКОГО РУДНЫХ РАЙОНОВ

Месторождения урана в Стрельцовском рудном районе разрабатываются уже 50 лет и, соответственно, непрерывно разведываются – с постоянным увеличением запасов и ресурсов урана. Глубина разведки месторождений достигла 1–2 км, а отдельные скважины пробурены до глубины 2.6 км (Петров, 2014).

Месторождения и рудопроявления Тырминского рудного района были выявлены 60 лет назад и изучены частично только с поверхности, на стадии поисковых работ. Месторождение Ласточка с

Таблица 1. Корреляция критериев, факторов и признаков локализации месторождений в Стрельцовском и Тырминском урановых районах

Table 1. Correlation of criterions, styles and indications of deposits localization in Streltsovo and Tyrma uranium regions

№ п.п.	Критерии и факторы локализации месторождений	Стрельцовский район	Тырминский район
Региональные критерии			
1	Гранитоидные блоки земной коры большой мощности, калиевой геохимической направленности, повышенной радиоактивности, с устойчивым режимом поднятия на протяжении ряда циклов геологического развития	Аргунский массив гранитоидов размером 150 × 70 км ²	Тырминский массив гранитоидов размером 125 × 80 км ²
2	Приуроченность к стыкам осадочных и вулканогенных впадин с жесткими архейскими и протерозойскими блоками пород	Южная окраина Аргунского палеозойского блока гранитов с блоком докембрийских гранитоидов	Юго-западная граница Тырминского палеозойского блока гранитов с докембрийскими гнейсами
3	Зоны мезозойской тектоно-магматической активизации	Аргунская меридиональная зона позднеюрско-раннемелового возраста – 143–128 млн лет	Урило-Тырминская широтная зона мелового возраста – 103–76 млн лет
4	Участки пересечения региональных разломов, активизированных в мезозое	Локализация кальдер в зонах пересечения глубинных разломов	Локализация кальдер в зонах пересечения глубинных разломов
Локальные факторы и признаки оруденения			
1	Вулканические кальдеры с контрастным типом геологического разреза	Тулукуевская (Стрельцовская)	Каменушинская, Яуринская, Таланджинская
2	Контрастный состав вмещающих пород, слагающих кальдеры	Андезитобазальты и риолиты с прослоями конгломератов, пепловых туфов; штоки и дайки гранитов	Андезитобазальты и риолиты с прослоями туфоалевролитов с углефицированным детритом, штоки и дайки гранитов
3	Тектонический контроль рудных зон и тел	Зоны дробления преобладающие меридионального и широтного направления	Зоны дробления меридионального, широтного и северо-восточного направления
4	Приуроченность крупных месторождений к нескрытым куполовидным интрузиям гранитов	Северо-восточный фланг кальдер	Северный фланг Каменушинской кальдер
5	Высокий радиогеохимический фон рудовмещающих пород	Содержания урана 10–20 г/т и тория 40–50 г/т	Содержания урана 10–15 г/т и тория 40–47 г/т
6	Высокая продуктивность оруденения на сходной по размеру площади	20 месторождений урана на площади 200 км ²	5 месторождений урана и 19 рудопроявлений на площади 300 км ²
7	Четкий литологический контроль уранового оруденения	Горизонты конгломератов, песчаников и пепловых туфов	Горизонты конгломератов, песчаников и туфоалевролитов, особенно обогащенных углистым детритом
8	Формы и размеры рудных тел Возраст формирования рудных тел	Жилообразные тела, штокверки, горизонтальные и пологие пластообразные залежи в зонах трещиноватости. Длина – до 1 км, глубина – до 2 км, мощность – 1–100 м 140–130 млн лет	Жилообразные тела, штокверки, горизонтальные и пологие пластообразные залежи. Длина – 0.5–1 км, глубина (предварительная) – до 200 м, мощность – 1–78 м 80–78 млн лет
9	Типы руд Минеральный состав руд	Фтор-молибден-урановый Настуран, браннерит, иордизит, кварц, пирит, марказит, арсенопирит, темно-фиолетовый флюорит, альбит, хлорит	Фтор-молибден-урановый Настуран, иордизит, пирит, арсенопирит, гематит, молибденит, черный флюорит, кварц, хлорит
10	Главные окolorудные изменения	Аргиллизация надрудная, гидрослюзидизация окolorудная	Аргиллизация надрудная, гидрослюзидизация окolorудная

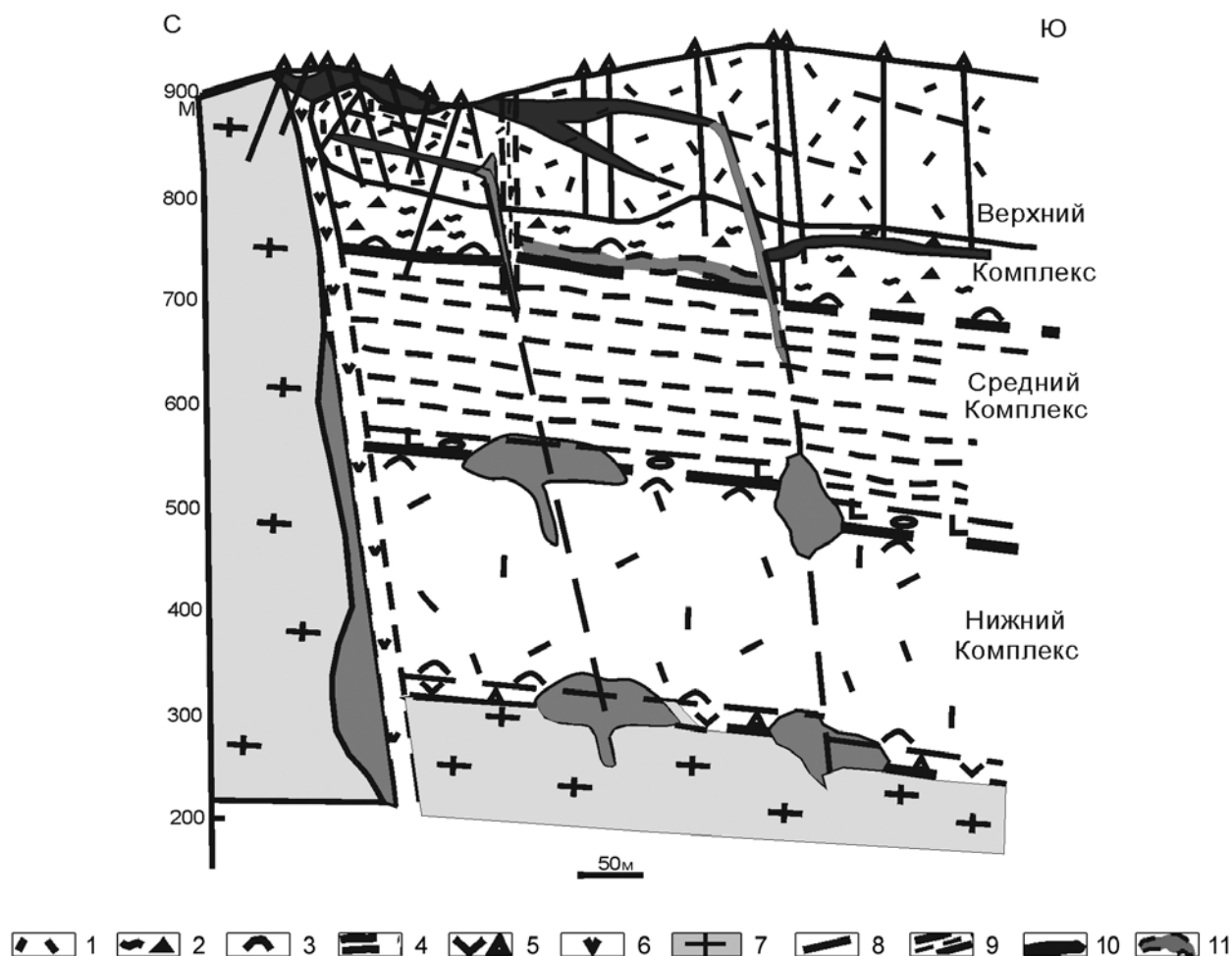


Рис. 7. Схематический геологический разрез – модель положения прогнозных рудных тел в глубинном разрезе Каменушинской впадины.

1–9 – см. рис. 5; 10 – разведанные рудные тела месторождения Ласточка; 11 – прогнозируемые рудные тела на разных горизонтах вулканической кальдеры.

Fig. 7. Schematic geological section – a model of the position of forecast ore bodies in a deep section of the Kamenushinskaya caldera.

1–9 – see fig. 5; 10 – explored ore bodies of the Lastochka deposit; 11 – predicted ore bodies on different horizons of volcanic caldera.

утвержденными запасами 4.7 тыс. т урана и прогнозными ресурсами 20 тыс. т (Машковцев и др., 2013) разведано только до глубины 120–160 м. Более того, оно недоразведано. Четыре скважины на южном фланге геологического разреза (рис. 7) недобурены до нижнего рудного пласта, а еще одна скважина не перебурила рудное тело до выхода во вмещающие породы. Не выявлен и не разбурен рудоподводящий вертикальный разлом.

Другие месторождения имеют запасы до 2 тыс. т. Общие запасы и ресурсы урана в Каменушинской кальдере оцениваются в 30 тыс. т (Машковцев и др., 2013). Рудопроявления урана совсем не изучены на глубину, за исключением отдельных вскрытых скважинами до глубины 80–120 м.

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЫРМИНСКОГО РАЙОНА

Учитывая малую глубину разведки месторождений Каменушинской впадины (до 80–160 м) и неизученность вертикальных рудоподводящих каналов и пологих зон структурно-стратиграфического несогласия на разных глубинах, вполне правомерно прогнозировать протяженность оруденения до глубины 500–700 м. Соответственно, ресурсы урана в этой впадине могут быть в два раза больше известной оценки (30 тыс. т), т.е. на уровне 60 тыс. т (см. рис. 7).

Весьма интересно месторождение Туманное в Яуриинской вулканогенной впадине, расположенной в 15 км западнее Каменушинской впадины. Ту-

манное месторождение урана характеризуется наличием руд с повышенным содержанием урана (до 0.5 мас. %) и присутствием в рудах промышленных содержаний ряда минералов-спутников: молибдена (0.6–3%), иттрия (до 1%), ниобия (до 0.3%), свинца (до 0.3%), в ряде случаев селена (до 0.3%). Длина рудных тел – 70 м, мощность – 1–4 м (Горошко и др., 2006). Рудовмещающими являются разломы близмеридионального простирания в составе крупного Биджано-Эхилканского разлома. Соответственно, следует ожидать большую глубину распространения руд месторождения. Однако месторождение вскрыто скважинами лишь до глубины 80–100 м от поверхности. А ряд скважин, намеченных для пересечения более глубоких горизонтов месторождения, недобурен до рудных тел. Учитывая малую глубину разведки Туманного месторождения и других рудопроявлений и благоприятную геолого-структурную позицию Яуринской впадины, ресурсы урана в ней можно предварительно оценить на уровне 5 тыс. т.

Несколько рудопроявлений урана выявлено в близко расположенной Таланжинской вулканической впадине. Урановые объекты кучно сосредоточены на западном фланге впадины, в узле пересечения меридиональных и широтных разломов. Протяженность рудных зон до 200 м при мощности 1–7 м. Содержания урана достигают 1%. На поверхности вскрыт верхнерудный интервал месторождения, что подтверждается присутствием в рудах характерных элементов-спутников (с содержаниями в процентах): мышьяка – 1–3, серебра – 0.1, свинца и цинка – 0.3, сурьмы – 0.01 (Горошко и др., 2006). На глубину рудопроявления не изучены. Ресурсы урановых объектов Таланжинской впадины можно предварительно оценить в 5 тыс. т.

Следует обратить внимание и на то, что небольшие по длине месторождения урана в Яуринской и Таланжинской впадинах, расположенные в узлах пересечения разломов, могут иметь большую глубину распространения руд – до 500 м и более. Для данного района с мощным гранитным фундаментом и весьма плотным вулканогенным чехлом характерны, в частности, трубчатые тела взрывных брекчий. Они характеризуются небольшим поперечным сечением, от первых десятков метров до 200 × 100 м, но большой протяженностью на глубину. Примером может служить Хинганское оловорудное месторождение с богатыми рудами (в 50 км к юго-западу), отработывавшееся более 50 лет до глубины 600 м от поверхности.

За рубежом известны богатые урановые месторождения в брекчиевых трубках диаметром 30–120 м, протяженностью на глубину до 900 м (Наумов, Шумилин, 1995). Поэтому вполне правомерно ожидать в рассмотренных вулканогенных впадинах урановорудные тела трубчатой формы.

Высокая степень сходства рассмотренных рудных районов и месторождений урана по геолого-тектоническим, структурным и металлогеническим особенностям позволяет обоснованно предполагать большую глубину распространения уранового оруденения в Тырминском рудном районе, до 500–700 м (см. рис. 7), и, соответственно, прогнозировать крупные ресурсы урана – на уровне 70 тыс. т.

Следует заметить, что существуют сходные факторы локализации месторождений и рудных тел урана (и золота) разных промышленных типов и геологического возраста. Это прежде всего тектонические и литологические факторы контроля – приуроченность к региональным глубинным разломам длительного развития, участкам их пересечения и разветвления. Локализация руд в разного рода литологически благоприятных породах – углистых, графитизированных, амфиболизированных и пиритизированных породах, а также под пологими интрузивными дайками и разрывными нарушениями как экранами для рудоносных растворов (Бойцов и др., 1989; Жирнов, Лобов, 2002). Подобные условия характерны, в частности, для ряда урановых и золотых протерозойских месторождений в Дамбукинском и Улканском районах Становой области и Алданского щита (Гурьянов, 2007; Жирнов, 2019). Общность главных факторов локализации месторождений урана, установленных в том числе и в Тырминском рудном районе, может служить дополнительным фактором перспективности ураноносности рассматриваемого района.

ОБСУЖДЕНИЕ

Тырминский урановорудный район, рассмотренный в данном сообщении, характеризуется тремя ураноносными вулканогенными впадинами, установленными в самый ранний период широкомасштабных геологических исследований на уран – в 60-е гг. XX в. Таким образом, эффективность массовых поисков урана, проведенных в те далекие годы, оказалась весьма высокой. В короткие сроки удалось обнаружить и опробовать большое число геохимических аномалий урана, рудопроявлений и даже отдельных относительно крупных объектов, названных месторождениями. Но геолого-поисковые и геолого-оценочные работы были быстро прекращены в связи с открытием богатых месторождений урана в других регионах страны. Фактически все рассмотренные рудные объекты были охарактеризованы только по данным геолого-поисковых работ.

Лишь месторождение Ласточка в Каменушинской впадине было разведано частично – на небольшую глубину. Недоизученность рудных объектов подтверждается, в частности, присутствием в рудах минералов-спутников, характерных для верх-

нерудного среза месторождений: аргентита, арсенирита, висмутита. Отдельные месторождения предварительно оценены лишь до глубины 80–160 м, а возможные крутопадающие рудные тела на месторождениях и многие структурно-литологические несогласия – вплоть до подошвы вулканогенной впадины с породами древнего фундамента (на глубине 0.8–1.0 км) – не вскрыты скважинами. Хотя именно вертикальные рудоподводящие разломы-каналы и пологие структурно-литологические горизонты характерны для многих месторождений урана Стрельцовского урановорудного района (Бойцов, 1989; Петров и др., 2014; Шатков, 2015).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведенное сравнение региональных критериев и локальных факторов и признаков локализации месторождений урана в перспективном Тырминском и сверхкрупном Стрельцовском урановорудных районах показало их большое сходство. Главные рудовмещающие структуры в этих районах – мезозойские вулканогенные кальдеры – сформированы на заключительном позднемезозойском этапе тектоно-магматической активизации после длительной эволюции крупных гранитоидных блоков палеозойского возраста, отличающихся калиевой специализацией и повышенной радиоактивностью.

Конкретные рудоносные кальдеры образовались в специфических тектонических условиях на небольших участках (120–200 км²), ограниченных крупными разломами меридионального, широтного и северо-восточного направления. Сами кальдеры рассечены разломами таких же направлений. Некоторые из них являются рудоконтролирующими, а в узлах пересечений разломов часто локализованы рудные тела, зоны и месторождения урана в целом. Особенно благоприятны участки близ границ вулканогенных кальдер и нескрытых гранитных куполов, к которым приурочены наиболее крупные рудные тела.

Наряду с вертикальными и наклонными рудоконтролирующими разломами весьма благоприятны для локализации уранового оруденения горизонтальные слои конгломератов, туфов, туфопесчаников и углистых алевролитов.

Месторождения урана в рассмотренных районах весьма сходны также по минеральному составу руд и окорудным изменениям вмещающих пород.

Это обстоятельство в сочетании с отсутствием разведанности рудных объектов Тырминского района на глубину послужило основанием для предварительной оценки ресурсов урана в этом районе на уровне 70 тыс. т.

Благоприятные географо-экономические условия Тырминского рудного района – в южной ча-

сти Дальнего Востока, с хорошо развитой инфраструктурой и наличием железной дороги – позволяют рекомендовать этот район как первоочередной для проведения поисково-оценочных и разведочных работ.

Благодарности

Авторы благодарны рецензенту за полезные замечания и рекомендации к первоначальному варианту статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бойцов В.Е. (1989) Геология месторождений урана. М.: Недра, 302 с.
- Бойцов В.Е., Вальков В.О., Фролов А.А. (1991) Факторы локализации и прогноз оруденения. М.: Недра, 235 с.
- Быховский Л.З., Тигунов Л.П. (2015) Стратегическое минеральное сырье: пути решения проблемы дефицита. *Мин. ресурсы России*, (5), 43–49.
- Ван-Ван-Е А.П., Романюха П.П., Трушко В.В. (1981) Основные черты строения, эволюции вулканизма и металлогении Каменушинского эффузивного поля (Малый Хинган). *Металлогения Приамурья*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 94–101.
- Геологическая карта Хабаровского края и Амурской области (1987). Масштаб 1 : 2 500 000. (Гл. ред. Л.И. Красный). Хабаровск: Дальгеология Мингео СССР.
- Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. (2006) Металлогения урана Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 372 с.
- Гурьянов В.А. (2007) Геология и металлогения Улканского района (Алдано-Становый щит). Владивосток: Дальнаука, 226 с.
- Жирнов А.М. (1997) Региональный прогноз золотых и золото-урановых объектов на юге Буреинского кратона. *Отч. геология*, (2), 23–31.
- Жирнов А.М., Лобов А.М. (2002) Тектоника и металлогения Учуро-Буреино-Ханкайского рудного пояса. *Геология рудн. месторождений*, (1), 31–41.
- Жирнов А.М. (2019) Крупные золотоносные штокерки в архейской зеленокаменной толще Приамурья – новый тип месторождений России. *Отч. геология*, (4), 37–46.
- Карта полезных ископаемых Еврейской автономной области (1990). Масштаб 1 : 500 000 (С.А. Рямов, В.А. Кондратьева. Ред. М.В. Мартынюк). Хабаровск. Тематическая партия ДВГУ.
- Котов Е.И., Малов В.С., Звездинская Л.В. (1995) Иттрий-редкоземельная минерализация Стрельцовского урановорудного района (Восточное Забайкалье, Россия). *Геология рудн. месторождений*, 37(1), 67–76.
- Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые (1986). Л.: Недра, 751 с.
- Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н., Константинов А.К. (2013) Ресурсная база урана. Проблемы развития и освоения. *Минер. ресурсы России*, (5), 81–91.
- Наумов С.С., Шумилин М.В. (1995) Месторождения в брекчиевых трубках – новый источник богатых урановых руд. *Изв. вузов, Сер. геология и разведка*, (2), 55–62.
- Петров В.А., Андреева О.В., Полуэктов В.В. (2014) Влияние петрофизических свойств и деформаций по-

род на вертикальную зональность метасоматитов в ураноносных вулканических структурах (на примере Стрельцовой кальдеры, Забайкалье). *Геология рудн. месторождений*, **56**(2), 95-117.

Петров В.А., Ребецкий Ю.Л., Полуэктов В.В., Бурмистров А.А. (2015) Тектонофизика гидротермального рудообразования: пример молибден-уранового месторождения Антей, Забайкалье. *Геология рудн. месторождений*, **57**(4), 327-350.

Рыбалов В.Л. (2002) Пространственное размещение позднемезозойских рудных месторождений в Восточном Забайкалье. *Геология рудн. месторождений*, **44**(4), 354-368.

Шатков Г.А. (2015) Стрельцовский тип урановых месторождений. *Регион. геология и металлогения*, **63**, 85-96.

REFERENCES

- Boitsov V.E. (1989) *Geologiya uranovykh mestorozhdenii* [Geology of uranium deposits]. Moscow, Nedra Publ., 302 p. (In Russian)
- Boitsov V.E., Val'kov B.O., Frolov A.A. (1991) *Faktory lokalizatsii i prognoz mestorozhdenii* [Localization factors and field forecast]. Moscow, Nedra Publ., 235 p. (In Russian)
- Bykhovskii L.Z., Tigunov L.P. (2015) Strategic minerals: solutions to the shortage problem. *Mineral. Resursy Rossii*, (5), 43-49. (In Russian)
- Geologicheskaya karta Khabarovskogo kraia i Amurskoi oblasti. Masshtab 1 : 2 500 000* [Geological map of the Khabarovsk Territory and the Amur Region, scale: 1 : 2 500 000]. (Ch. ed. L.I. Krasny). (1991) Khabarovsk. Dal'Geology USSR, Ministry of Geology Publ. (In Russian)
- Goroshko M.V., Malyshev Yu.F., Kirillov V.E. (2006) *Metallogeniya urana Dal'nego Vostoka* [Metallogeny uranium of the Far East]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 372 p. (In Russian)
- Gur'yanov V.A. (2007) *Geologiya i metallogeniya Ulkanskogo raiona (Aldan-Stanovoi shchit)* [Geology and metallogeny of the Ulkan region (Aldan-Stanovoi shield)]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 226 p. (In Russian)
- Karta poleznykh iskopayemykh Evreiskoi avtonomoi oblasti Masshtab 1 : 500 000* (S.A. Ryamov, V.A. Kondrat'eva. Red. M.V. Martynyuk) [Map deposits of Jewish Autonomous Region]. (1990). Khabarovsk, Tematicheskaya partiya DVGU. (In Russian, unpublished)
- Kotov E.I., Malov V.S., Zvezdinskaya L.V. (1995) Yttrium-rare-earth mineralization of the Streltsov uranium ore region (Eastern Transbaikalia). *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, (37)1, 67-76. (In Russian)
- Kriterii prognoznnoi otsenki territorii na tverdye poleznye iskopaemye* [Criteria for predictive assessment of areas for solid minerals]. (1986). Leningrad, Nedra Publ., 751 p. (In Russian)
- Mashkovtsev G.A., Miguta A.K., Shchetochkin V.N. Kostantinov A.K. (2013) Resource base of uranium. Problems of development and working. *Miner. Resursy Rossii*, (5), 81-91. (In Russian)
- Naumov S.S., Shumilin M.V. (1995). Breccia pipes deposits – a new source of rich uranium ores. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Ser. Geologiya i Razvedka*, (2), 55-62. (In Russian)
- Petrov V.A., Andreeva O.V., Poluektov V.V. (2014) The influence of petrophysical properties and rock deformations on the vertical zonality of metasomatites in uranium-bearing volcanic structures (using the example of Streltsovskaya caldera, Transbaikalia). *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **56**, (2), 95-117. (In Russian)
- Petrov V.A., Rebetskii U.L., Poluektov V.V., Burmistrov A.A. (2015) Tectonophysics of hydrothermal ore bearing: example of molibden-uranium deposit Antei, Zabaikal'e, *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **57** (4), 327-350. (In Russian)
- Rybalov V.L. (2002) Spatial distribution of the Late Mesozoic ore deposits in Eastern Transbaikalia. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **44**(4), 354-368. (In Russian)
- Shatkov G.A. (2015) Streltsovsky type of uranium deposits. *Region. Geol. Metallogen.*, **63**, 85-96. (In Russian)
- Van-Van-E., Romanyukha P.P., Trushko V.V. (1981) The main features of the structure, evolution of volcanism and metallogeny of the Kamenushi effusive field (Small Khingan), *Metallogeniya Priamur'ya*. Vladivostok, DVNTs Akad. Nauk SSSR, 94-101. (In Russian)
- Zhirnov A.M. (1997) Regional forecast of gold and gold-uranium obzhects on South of Burien craton]. *Otech. Geologiya*, (2), 23-31. (In Russian)
- Zhirnov A.M. (2019) Large gold bearing shtockverks in archaic green-rocks of Priamuria – new type of Russia deposits, *Otech. Geologiya*, (4), 37-46. (In Russian)
- Zhirnov A.M., Lobov A.M. (2002) Tectonics and metallogeny of the Uchyr-Burian-Khanka ore belt. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, (1), 31-41. (In Russian)