

УДК 553.495(571.5:571.6)

## ПЕРСПЕКТИВЫ УРАНОНОСНОСТИ КАМЕНУШИНСКОЙ ВУЛКАНОГЕННОЙ КАЛЬДЕРЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

А.М. Жирнов

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

*Каменушинский урановорудный район Дальнего Востока изучался 50 лет назад, и только с поверхности, иногда – мелкими скважинами до глубины 80–150 м. Выявленные промышленные месторождения урана недоразведаны на глубину. Они локализованы в вулканогенной впадине, в аналогичной позиции со Стрельцовским крупнейшим урановым районом России, где месторождения разведаны и отработаны до глубины 1–1,5 км от поверхности. Показано, что проявления урана в Каменушинской впадине могут иметь протяжение на глубину. Это перспективный район Дальнего Востока России для проведения геолого-разведочных работ.*

**Ключевые слова:** слабоизученный урановорудный район, стрельцовский тип руд, перспективы на глубину.

### Актуальность

Уран относится к группе высоко востребованных стратегических металлов, часть которых приходится импортировать [1, 2]. Проблема потребности в урановом сырье решается сейчас за счет доработки месторождений урана в крупнейшем Стрельцовском урановорудном районе, эксплуатируемом уже 50 лет, и за счет импорта дешевого уранового сырья из Казахстана [1]. Поэтому остается актуальной задача выявления новых месторождений урана с качественными рудами, залегающих в благоприятных географо-экономических условиях. Важнейшим источником уранового сырья является тип гидротермальных жильно-штокверковых месторождений урана в мезозойских вулканогенных впадинах, подобных Стрельцовскому урановорудному району Восточного Забайкалья. Месторождения этого района эксплуатируются уже 50 лет. Наиболее перспективным районом такого типа является Каменушинский урановорудный район Дальнего Востока, весьма близкий по геолого-тектоническим условиям локализации оруденения со Стрельцовским урановорудным районом [4, 5].

### Объект и методы исследования

Целью данной работы является рассмотрение условий локализации урановых объектов в Каменушинской вулканогенной кальдере, степени их изученности и определения перспектив увеличения запасов месторождений, с учетом конкретных геологических условий и степени сходства с детально разведанными месторождениями Стрельцовского района. Главный метод исследо-

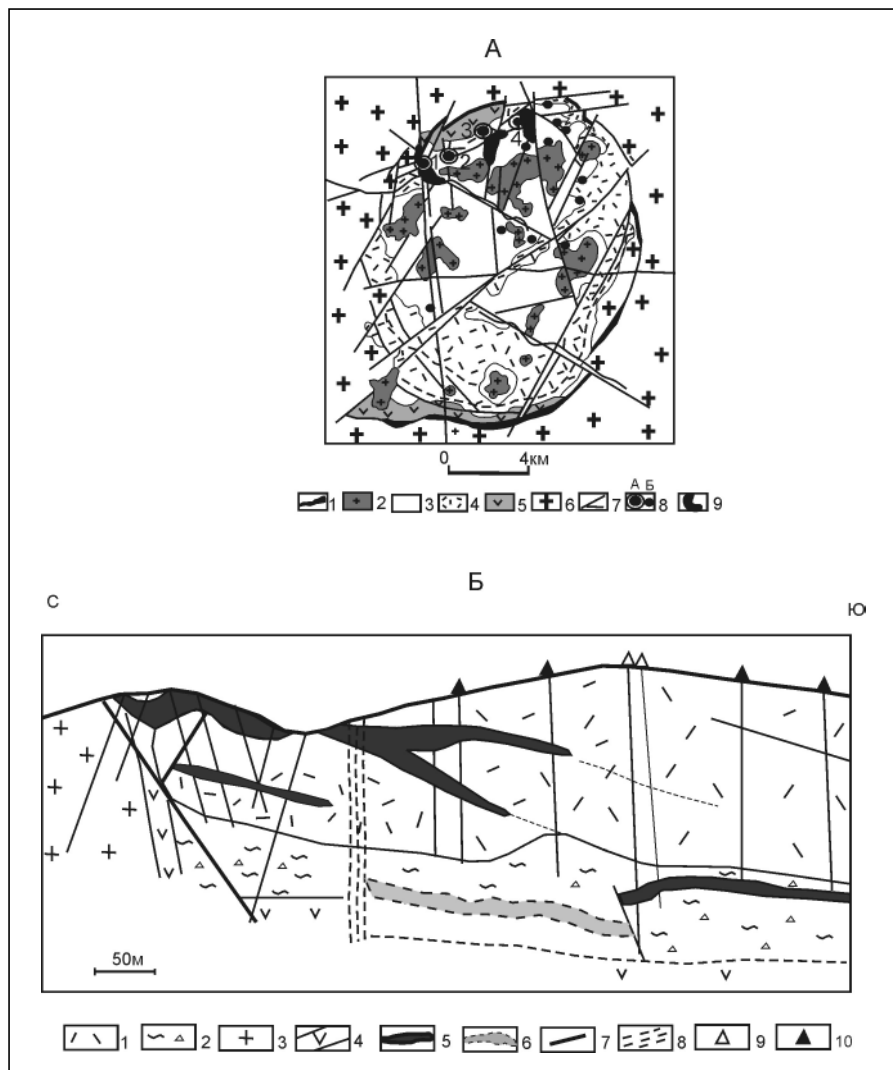
вания – выяснение геологических особенностей состава и локализации урановых объектов, определение сходства их с модельными объектами Стрельцовского района и, на этой основе, прогнозирование новых рудных тел на глубину.

### Результаты исследования

Каменушинская вулканогенная кальдера расположена в пределах Тырминского массива палеозойских гранитов, на пересечении меридиональных северо-восточных и широтных скрытых разломов фундамента. Форма ее округлая, площадь около 224 км<sup>2</sup>. Месторождения и проявления урана сосредоточены в северной части округлой вулканогенной структуры (рис. 1).

Внутреннее строение Каменушинской впадины сложное. В ее строении выделяются три главных комплекса пород. Верхний комплекс представлен фельзитами и риолитами с горизонтом перлитовых туфов в основании, общей мощностью 300 м. Средний комплекс мощностью 250 м, сложен алевролитами с прослоями углефицированного детрита. В основании его залегает покров андезито-базальтов весьма изменчивой мощности – от 20 до 200 м. Нижний комплекс представлен риолито-фельзитами, перекрытыми слоем туфоалевролитов и горизонтом пепловых туфов. Общая мощность вулканогенных образований в Каменушинской кальдере до 1 км. Формирование ее происходило в раннемеловое время – 103–79 млн лет, формирование руд в интервале 80–78 млн лет [3].

Сходное геологическое положение и строение имеет Стрельцовская ураноносная кальдера.



**Рис. 1. Каменушинская вулканогенная кальдера (А) [3, 7] и разрез проявления урана 1 (Б) [3]**

А: 1–3 – обманийский комплекс ( $K_2$ ): 1 – дайки гранит-порфиров; 2 – субвулканические интрузии гранит-порфиров; 3 – экструзии фельзитов; 4 – солонечный комплекс ( $K_1$ ) – риолиты; 5 – станолірський комплекс ( $K_1$ ) – андезиты и базальты, их туфы и туфогенно-осадочные породы каменушинской свиты; 6 – граниты фундамента ( $PZ_3$ ); 7 – разломы; 8 – урановые проявления (А): 1, 2, 3, 4; Б – другие проявления; 9 – проекции пологих рудных тел на поверхность [10].

Б: Схематический геологический разрез месторождения «Ласточка» [3], с упрощением. 1 – риолиты; 2 – туфы, туфопесчаники, трахидациты; 3 – граниты фундамента; 4 – дайка диоритов; 5 – рудные тела; 6 – предполагаемое рудное тело; 7 – разломы; 8 – зона трещиноватости; 9 – скважины наземного бурения; 10 – недобуренные до рудного тела скважины

**Fig. 1. Kamenushinsky volcanogenic caldera (A) [3, 7] and the section of the uranium occurrence 1 (B) [3]**

А: 1–3 – Obmaniysky complex ( $K_2$ ): 1 – dikes of granite-porphyrines; 2 – subvolcanic intrusions of granite-porphyrines; 3 – felzite extrusions; 4 – saline complex ( $K_1$ ) – rioliths; 5 – the Stanolir complex ( $K_1$ ) – andesites and basalts, their tuffs and the Kamenushinsky suite tuffaceous-sedimentary rocks; 6 – granite foundations ( $PZ_3$ ); 7 – ruptures; 8 – uranium occurrence (A): 1, 2, 3, 4; B – others occurrence; 9 – projections of gently sloping ore bodies to the surface [10].

Б: schematic geological section of the “Lastochka” Deposit [3], with simplification; 1 – rhyolites; 2 – tuff, tuff-sandstones, trachydacites; 3 – granite Foundation; 4 – dikes of diorite; 5 – ore bodies; 6 – estimated ore body; 7 – faults; 8 – the fracture zone; 9 – boreholes land drilling; 10 – non-drilled boreholes to the ore body

По размеру она близка Каменушинской – площадь ее 220 км<sup>2</sup>, форма неправильно-округлая. Эта вулканогенная структура также расположена на пересечении ряда северо-восточных, меридиональных и широтных разломов (рис. 2).

В геологическом строении Стрельцовой вулканогенной впадины выделяют три структурных яруса: древний гранитоидный протерозойско-палеозойский фундамент (на котором произошло заложение собственно вулканогенной впадины), нижний вулканогенный ярус андезитобазальтов и верхний вулканогенный ярус риолитов и игнимбригов.

Нижний вулканогенный ярус впадины ( $J_{2-3}$ ) сложен тремя покровами андезитобазальтов, разделенных двумя прослоями лав и туфов трахидацигов. Вулканиды подстилаются слоем конгломератов. Породы верхнего вулканогенного яруса ( $K_1$ ) 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 микрофелзитов и риолитов с игнимбриговой текстурой. В основании и верхней части этой толщи выделяются покровы пепловых туфов. Все эффузивные породы прорываются Краснокаменским штоком и кольцевой дайкой микрозернистых граносиенит-порфиринов и гранит-порфиринов, которые ближе к поверхности сменяются трахириолитами. Вулканическая эволюция магматического очага под Тулукуевской впадиной продолжалась около 16 млн лет – от 143 до 127 млн лет [10].

Урановая минерализация Каменушинского района локализуется в нижних частях верхнего вулканогенного комплекса пород – в фелзитах и подстилающих их туфах. Рудные залежи имеют штокверковый, жильный, линзовидный и пластообразный характер. Предрудная стадия характеризуется аргиллизацией вмещающих пород и в меньшей мере альбитизацией. В рудную стадию отложились кварц, черный флюорит, настуран и коффинит, битумы, урановая смолка, серицит, хлорит, а вмещающие породы гематитизированы. В руде также присутствуют иордизит, гематит, арсенопирит, пирит. В послерудную стадию вмещающие породы каолинизированы и карбонатизированы. Рудовмещающими являются пологие зоны повышенной трещиноватости, горизонты конгломератов, песчаников и туфоалевролитов, обогащенных углистым детритом (рис. 1).

Содержание урана в рудах находится на уровне 0,07–0,38%, в отдельных гнездах до 0,9%

[3]. В одном проявлении урана содержание его составляет 0,123–0,138% и предполагаются ресурсы [7]. В этом объекте обнаружено пять рудных залежей в пологих послойных структурах субмеридионального и северо-восточного простирания. Некоторые рудные тела локализованы в крутопадающих субмеридиональных разломах.

Другие проявления урана Каменушинской впадины меньше по размерам [7]. Общие ресурсы данной впадины оценивались прежними исследователями положительно [7].

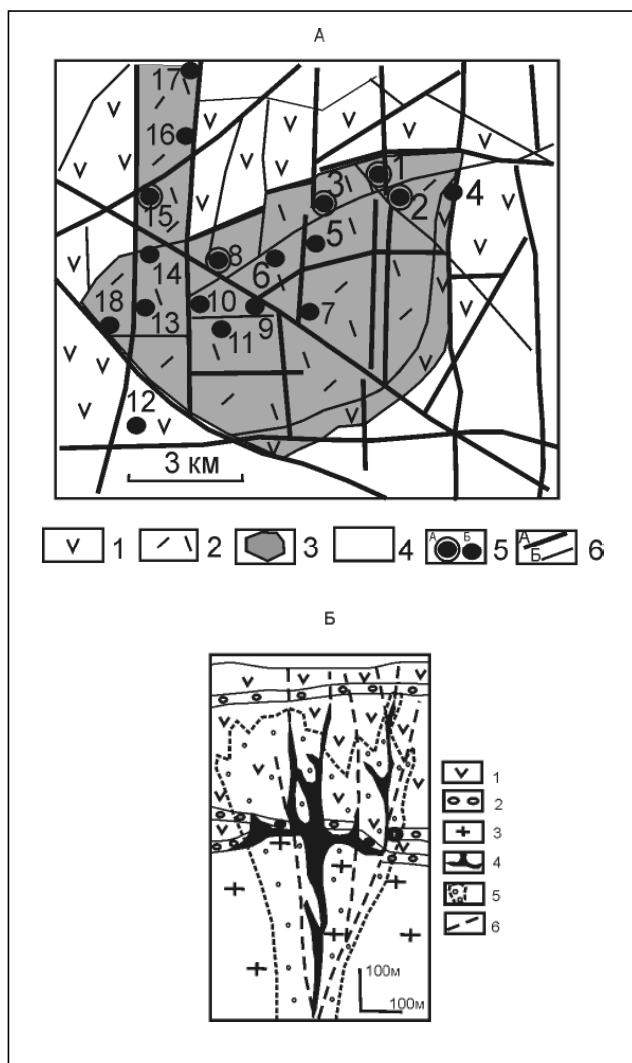
Все проявления урана Каменушинской впадины относятся к фтор-молибден-урановой рудной формации в аргиллизитах [3, 7].

В пределах Стрельцовой вулканогенной кальдеры, на площади 220 км<sup>2</sup>, известно 19 месторождений урана, в том числе пять крупных, четыре средних и десять мелких проявлений [9, 11]. Разведанные запасы обеспечили работу рудника на 50 лет [8]. Возраст урановых руд 140–110 млн лет, возраст вмещающих пород – 150–130 млн лет [6, 9].

В Стрельцовском рудном районе месторождения представлены жилообразными телами, штокверками, горизонтальными и пологими пластообразными залежами в зонах трещиноватости. Протяженность крупных рудных тел по простиранию (Стрельцовское и Антей) достигает 1 км, а по падению превышает 2 км, при мощности от 1 до 100 м [9]. Вертикальные и наклонные рудные тела приурочены к нескрытому куполу интрузии гранитов. Они пересекают верхний вулканогенный структурный этаж риолитов и продолжают глубже в гранитном теле до глубины 1,5 км (рис. 2). Горизонтальные и пологие рудные тела локализируются в благоприятных горизонтах пород – пепловых туфах, конгломератах и песчаниках.

В Стрельцовском районе минералообразование происходило в три стадии: 1) кварц-карбонат-сульфидная; 2) рудная – иордизит-настурановая; 3) карбонат-флюоритовая [6, 10]. Проявлена вертикальная зональность. На верхних горизонтах рудных тел развиты мелкозернистый кварц, пирит, серицит, настуран, молибден, бериллий, гематит. Широко распространены флюоритовые жилы.

На средних горизонтах распространены настуран, альбит, браннерит, иордизит, кварц, пирит, марказит, арсенопирит, темно-фиолетовый флюорит. На нижних горизонтах, с гранитами в зальбандах, присутствуют браннерит, коффинит и хлорит-альбитовые метасоматиты [9, 11]. Таким образом, минеральный состав руд в месторожде-



**Рис. 2. Стрельцовская вулканогенная кальдера (А) [10] и разрез Стрельцовского объекта (Б) [7]**

А: 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 – главные; Б – второстепенные.  
 Б: 1 – андезито-базальты, дациты и фельзиты; 2 – слои конгломератов, песчаников и алевролитов; 3 – граниты; 4 – рудные тела; 5 – измененные вмещающие породы; 6 – тектонические зоны – разломы

**Fig. 2. Streltsov volcanogenic caldera (A) [10] and the Streltsov object (B) section [7]**

A: 1 – andesites of external graben; 2 – riolites; 3 – internal uranium – bearing Caldera; 4 – Proterozoic metamorphic rocks and Paleozoic granites; 5 – uranium deposits: a – large: 1 – Streltsovskoye, 2 – Antey, 3 – Ocyabrskoye, 8 – Tulukuevskoye, 15 – Argungskoye; B – medium and small fields; 6 – faults: A – major, B – minor.  
 B: 1 – andesite-basalts, dacites and felsites; 2 – layers of conglomerates, sandstones and aleurolites; 3 – granites; 4 – ore bodies; 5 – altered host rocks; 6 – tectonic zones – faults

ниях рассматриваемых рудных районов весьма близок и отвечает фтор-молибден-урановой формации.

Сходны и окологорудные изменения вмещающих пород. В Стрельцовском районе окологорудные изменения месторождений урана представлены аргиллизацией (сверху), гидрослюдизацией и гематитизацией на среднем уровне и хлоритизацией на нижних горизонтах [9]. В Каменушинском районе окологорудные изменения представлены аргиллизацией, окварцеванием, гидрослюдизацией, альбитизацией, гематитизацией, карбонатизацией [3].

Однако рудопроявления являются недоразведанными. Одни скважины недобурены до рудных тел, другие не пересекли отдельные тела на полную мощность (рис. 1).

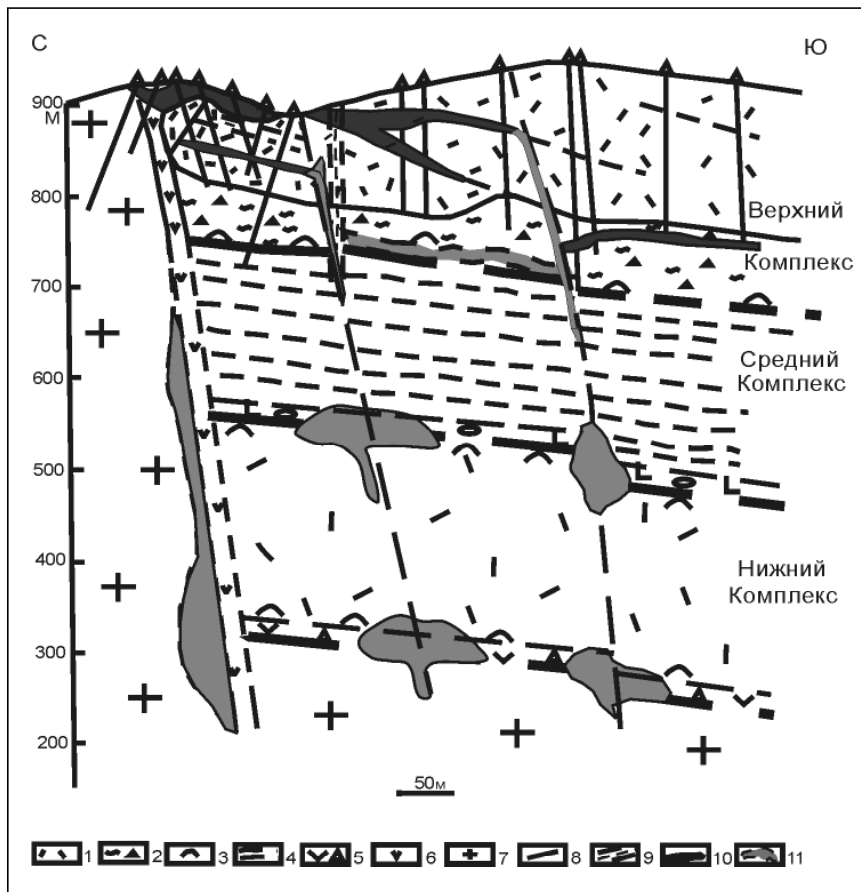
Кроме того, на месторождении «Ласточка» не установлен (и, соответственно, не разбурен) вертикальный рудоподводящий разлом как главная рудоподводящая структура месторождения. Именно на пересечении этого вертикального

разлома с горизонтами конгломератов и туфов, а также с подошвой вулканогенной впадины, в зоне структурно-стратиграфического несогласия, возможны наиболее крупные и богатые запасы урана, как это доказано на месторождениях Стрельцовского района.

Учитывая малую глубину бурения на проявлениях Каменушинской впадины (до 100–200 м), неизученность вертикального рудоподводящего канала и пологой зоны структурно-стратиграфического несогласия на глубине 0,8–1 км, вполне правомерно прогнозировать большую глубину распространения руд. Возможное положение прогнозируемых рудных тел на глубине приведено на рис. 3.

### Обсуждение

Каменушинская урановорудная кальдера, рассмотренная в данном сообщении, была исследована в самый ранний период широкомасштабных геологических исследований на уран – в 60-е гг. XX в. Но геолого-оценочные работы были



**Рис. 3. Схема положения прогнозных рудных тел на нижних горизонтах проявления 1 (по прогнозу автора)**

1 – фельзиты; 2 – лавобрекчии фельзитов; 3 – туфы; 4 – алевролиты с углефицированным детритом; 5 – лавобрекчии андезитов; 6 – дайка андезитовых порфириров; 7 – граниты фундамента; 8 – разломы; 9 – зоны тектонической трещиноватости; 10 – рудные тела, установленные на месторождении «Ласточка»; 11 – рудные тела, предполагаемые

**Fig. 3. Forecast scheme of the ore bodies location on the lower horizons of the uranium occurrence 1 (according to the author's forecast)**

1 – felsites; 2 – felsites lawrence; 3 – tuffs; 4 – siltstone with carbonized detritus; 5 – andesites lawrence; 6 – dike of andesite porphyrites; 7 – granites of the basement; 8 – faults; 9 – zones of tectonic fracturing; 10 – ore bodies found at the deposit "Lastochka"; 11 – expected ore bodies

быстро прекращены в связи с открытием богатых месторождений урана в других регионах страны. Фактически все рассмотренные рудные объекты были только обнаружены и кратко исследованы по данным геолого-поисковых работ. Лишь месторождение «Ласточка» в Каменушинской впадине было разведано, но на небольшую глубину.

Тем не менее, в пределах кальдеры было выявлено несколько проявлений урана, но все они остались неизученными в полной мере, как с поверхности, так и на глубину. Проведенное краткое сравнение геолого-тектонических и ми-

нералогических особенностей рудных объектов Каменушинской кальдеры с хорошо изученными на большую глубину месторождениями урана в Стрельцовской кальдере показывает их большое сходство, что позволяет правомерно прогнозировать протяженность проявлений урана в Каменушинской кальдере до глубины 300–500 м.

#### **Заключение**

Каменушинский урановорудный район Дальнего Востока, локализованный в мезозойской вулканогенной кальдере, весьма сходен по геолого-металлогеническим особенностям с крупней-

шим Стрельцовским урановорудным районом Забайкалья. Он расположен на участке пересечения региональных разломов широтного, меридионального и северо-восточного простирания, что может предопределять протяженность рудоконтролирующих структур до 0,5 км.

Двухъярусное геологическое строение рудного района, с мезозойским вулканогенным ярусом-покровом эффузивов и архей-протерозойским гранитным фундаментом, предопределяет широкое развитие в разрезе района крупных структурно-стратиграфических несогласий на глубинах от 0,3 до 1,0 км, перед которыми возможна локализация богатых рудных тел.

Геологическая изученность выявленных месторождений и рудопроявлений урана крайне недостаточная. Они вскрыты на глубину только скважинами до 80–150 м от поверхности. Согласно приведенным данным сопоставления с более изученным районом урана, проявления урана могут распространяться до глубины 0,5 км.

Каменушинский урановый район Дальнего Востока – благоприятный в настоящее время объект для широкого проведения поисково-оценочных работ на уже выявленных проявлениях урана, поскольку расположен в подходящих географо-экономических условиях с развитой инфраструктурой.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бойцов А.В., Шумилин М.В. Новые открытия урановых месторождений и конъюнктура мирового рынка уранового сырья // Минеральные ресурсы России. 2010. № 6. С. 63–67.
2. Быховский Л.З., Тигунов Л.П. Стратегическое минеральное сырье: пути решения проблемы дефицита // Минеральные ресурсы России. 2015. № 5. С. 43–49.
3. Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е. Металлогения урана Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2006. 372 с.
4. Жирнов А.М. Региональный прогноз золотых и золото-урановых объектов на юге Буреинского кратона // Отечественная геология. 1997. № 2. С. 23–31.
5. Жирнов А.М. Факторы локализации и прогноза уранового оруденения в протерозойских и мезозойских грабенах Буреино-Ханкайского кратона // Литосфера. 2016. № 1. С. 129–153.
6. Котов Е.И., Малов В.С., Звездинская Л.В. Иттрий-редкоземельная минерализация Стрельцовского урановорудного района (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37, № 1. С. 67–76.
7. Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н., Константинов А.К. Ресурсная база урана. Проблемы развития и освоения // Минеральные ресурсы России. 2013. № 5. С. 81–91.
8. Мигута А.К., Щеточкин В.Н. Прогнозные ресурсы урана России // Разведка и охрана недр. 2016. № 7. С. 7–14.
9. Петров В.А., Андреева О.В., Полуэктов В.В. Влияние петрофизических свойств и деформаций пород на вертикальную зональность метасоматитов в ураноносных вулканических структурах (на примере Стрельцовской кальдеры, Забайкалье) // Геология рудных месторождений. 2014. Т. 56, № 2. С. 95–117.
10. Шатков Г.А. Стрельцовский тип урановых месторождений // Региональная геология и металлогения. 2015. № 63. С. 85–96.
11. Шатков Г.А., Антонов А.В., Бутаков П.М., Кашин С.В., Сергеев С.В. Урановые минералы во флюоритах Стрельцовского и Аргунского месторождений (Восточное Забайкалье) // Региональная геология и металлогения. 2014. № 60. С. 87–97.

## PROSPECTS FOR URANIUM CONTENT IN KAMENUSHINSKY VOLCANOGENIC CALDERA OF THE FAR EAST

A.M. Zhirnov

*They studied Kamenushinsky uranium ore district in the Jewish Autonomous region 50 years ago, and only from the surface, sometimes - with small boreholes to a depth of 80-150 m, the identified industrial uranium deposits unexplored to the depth. They localize in the volcanogenic basin, in a similar position to the Streltsovsky largest uranium region of Russia, where they explored and worked out the deposits to a depth of 1-1.5 km from the surface. The author shows that deposits and manifestations of uranium in Kamenushinsky basin can have a stretch to the depth. This is a promising area of the Far East Russia for conducting geological exploration work.*

**Keywords:** poorly studied uranium ore region, Streltsov ore type, great prospects.