

УДК 622.03

DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-8-35-47

ТИПИЗАЦИЯ РУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРЕЛЬЦОВСКОГО ТИПА

CLASSIFICATION OF ORE FORMATIONS OF STRELTSOVSKY TYPE URANIUM DEPOSITS

В. А. Овсейчук, Забайкальский государственный университет, г. Чита
Mks3115637@yandex.ru

V. Ovseychuk, Transbaikal State University, Chita



По результатам геолого-разведочных и эксплуатационных работ на урановых месторождениях Стрельцовского рудного поля получен обширный материал по их геологическому строению. Данный материал послужил основой для анализа рудной обстановки на месторождениях, относящихся к гидротермальному типу [2; 5]. Месторождения приурочены к кальдере проседания и имеют сходные горно-геологические характеристики.

Использование системного подхода при анализе полученной информации позволило выделить три группы признаков классификации рудных объектов: геологические, горно-геологические и качественные.

К геологическим отнесены структурные и морфологические характеристики рудных образований, элементы их залегания [3].

В качестве горно-геологических признаков рассмотрены следующие: трещиноватость пород и руд, коэффициент крепости, устойчивость, средняя мощность, изменчивость рудных контуров, сложность рудных объектов.

К качественным характеристикам отнесено содержание урана в рудах, доля запасов металла в технологических сортах руд.

В процессе исследований выявлены взаимосвязи между различными классификационными признаками, которые могут быть выражены математическими формулам. Зная количественные характеристики рудных образований, можно прогнозировать параметры рудных тел, применение различных геотехнологий для разработки данных рудных объектов.

Анализ всей совокупности характеристик гидротермального уранового оруденения месторождений Стрельцовского типа позволяет все многообразие рудных образований разделить на три типа: I – мощные, II – среднемощные, III – маломощные. Совокупность присущих каждому типу индивидуальных характеристик дает возможность обосновать оригинальные технологии разработки для каждого типа рудных образований. Установлено, что определяющими характеристиками классификации рудных образований являются величина средней мощности, при этом характер распределения запасов руды по классам мощности для каждого типа оригинален, среднее содержание урана в рудном объекте и характер распределения запасов металла в каждом классе содержания. Вспомогательными характеристиками рудных образований являются показатель изменчивости рудного контура, коэффициент сложности рудного тела, коэффициент рассредоточенности рудных тел в залежи, подтверждаемость рудных контуров от разреза к разрезу.

Предложенная классификация рудных объектов дает возможность сделать прогноз условий разработки месторождения еще на стадии геолого-разведочных работ; при обосновании технических решений использовать закономерности и характеристики, присущие каждому типу рудных образований индивидуально

Ключевые слова: рудное тело; рудная залежь; морфология рудных образований; мощность рудного тела; содержание урана; изменчивость рудного контура; сложность рудной залежи; подтверждаемость запасов; трещиноватость; устойчивость руд

Based on the results of geological exploration and operational work on the uranium deposits of the Streltsovsky ore field, extensive material on their geological structure has been obtained. This material served as the basis for the analysis of the ore situation in deposits belonging to the hydrothermal type [2; 5]. The deposits are confined to the subsidence caldera and have similar mining and geological characteristics.

The use of systems approach during the analysis of the received information has allowed to discharge three bunches of criteria of classification of ore objects: geologic, mining-and-geological and quality.

The structural and morphological characteristics of ore formations, elements of their occurrence are classified as geological [3].

As mining and geological features, the following are considered: fracturing of rocks and ores, strength coefficient, stability, average power, variability of ore contours, complexity of ore objects.

The qualitative characteristics include the content of uranium in ores, the share of metal reserves in technological grades of ores.

In the course of research, the relationships between various classification features that can be expressed by mathematical formulas are obtained. Knowing the quantitative characteristics of ore formations, it is possible to predict the parameters of ore bodies, the use of various geotechnologies for the development of these ore objects.

The analysis of all combination of performances hydrothermal uranium ores of the deposits Streltsovsky allows to divide all variety of ore educations into three types: I - powerful, II – medium power, III - low power. The combination of personal performances, inherent in each phylum, enables to justify original technologies of mining for each type of ore educations. Is established, that defining performances of classification of ore educations is the value of a mean power, thus character the convergence of reserves of ore on classes of power for each type is original, mean contents of uranium in ore object and character of convergence of reserves of metal in each class of the contents. Auxiliary performances of ore educations are a parameter of variability of an ore circuit, quotient of complication of ore body, quotient of dispersion of ore bodies in reservoir, the ore circuits' confirmability from a section to a section. In practical and methodological terms, the proposed classification of ore objects makes it possible: to make a forecast of the development conditions at the stage of geological exploration; to use the regularities and characteristics inherent in each type of ore formations individually when justifying technical solutions

Key words: ore body; ore deposit; morphology of ore formations; ore body thickness; uranium content; ore contour variability; ore deposit complexity; reserves' confirmability; fracturing; stability of ores

Введение. В результате разведки и разработки запасов урановых месторождений Стрельцовского рудного поля получен значительный по объему фактический материал; характеризующий морфологические особенности и условия локализации рудных объектов¹. Анализ и обобщение этого материала показали, что рудные образования на месторождениях Стрельцовского рудного поля обладают значительным разнообразием размеров, форм и условий локализации.

Актуальность работы объясняется необходимостью систематизации информации о морфологических типах рудных образований, локализирующих урановую минерализацию месторождений Стрельцовского типа и

разделения их на группы, каждая из которых может быть отработана с получением максимального экономического эффекта.

Это потребовало установления взаимосвязей между горно-техническими, качественными и геологическими характеристиками этих образований.

Объект исследования – урановые месторождения Стрельцовского рудного поля.

Предмет исследования – рудные образования, локализирующие урановое оруденение.

Цель исследования – разработка классификации рудных образований, слагающих урановые месторождения Стрельцовского типа.

¹ Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.01. – М.: ВНИПИПромтехнология, 1997; Овсейчук В. А., Вахрушев В. А. Методика формирования сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики // Горный журнал. 1997. – № 12; Овсейчук В. А., Мезин А. И., Пшенников В. А., Гайман Т. А. Горно-геологическая классификация рудных залежей Стрельцовского рудного поля // Технический прогресс в атомной промышленности. Серия «Горно-металлургическое производство». – 1986. – № 12.

Задачи исследования – установить взаимосвязи между геологическими, качественными и горно-техническими характеристиками рудных образований, что позволит разделить все их многообразие на группы со сходными показателями.

Методология исследования – системный подход.

Методика исследований – сбор накопленной информации, математико-статистическая ее обработка, установление взаимосвязей между показателями, формулирование классификации урановых рудных образований.

Методы исследования – математико-статистический анализ.

Анализ рудной обстановки на урановых месторождениях. Автором в процессе анализа признаков, используемых для типизации рудных образований, выделены группы²:

- 1) геологические;
- 2) горно-геологические;
- 3) качественные.

К геологическим признакам можно отнести структурные особенности пород и руд, морфологию рудных образований, элементы залегания.

К горно-геологическим признакам – целостность и нарушенность горного массива, сопротивляемость горных пород разрушению (коэффициент крепости), способность горных пород сохранять устойчивую форму выработки, среднюю мощность рудных тел, выриабильность рудных контуров.

К характеристикам качества – концентрацию полезного компонента в руде в целом и в разных его классах, в частности.

Первая группа признаков отражает общую характеристику рудных образований как природных объектов. Вторая и третья группы содержат признаки, имеющие технологическое значение, оказывающее существенное влияние на эффективность добычи, обогащения и переработки руды.

Анализ геологических признаков классификации. Все месторождения Стрельцовского рудного поля приурочены к кальдере проседания. Оруденение локализовано как в интрузивных породах фундамента кальдеры

проседания: гранитах различного состава, гранодиоритах и диоритах, так и в породах вулканогенно-осадочного чехла: фельзитах, трахидацитах, андезитах, базальтах, конгломератах, брекчиях, гравелитах.

Контролируют оруденение крутопадающие тектонические разломы; системы трещин, их оперяющие, и междупластовые срывы³. Установлена связь между формой рудных тел и литологическим составом пород, их вмещающих.

Рудные тела, локализованные в хрупких эффузивных породах кислого состава, с содержанием кремнезема более 60 %, представлены сложным сочетанием прожилков, линз, апофиз и образуют штокверкоподобные залежи. Такие рудные образования имеют значительные размеры по вертикали и laterали.

Рудные тела, локализованные в эффузивно-осадочных породах среднего и основного состава (содержание кремнезема менее 50 %), представлены линейно вытянутыми крутопадающими жилами, часто осложненными апофизами. По простиранию отдельные жилы прослеживаются на несколько сотен метров, по падению – от первых десятков до первых сотен метров.

Рудные тела, контролируемые межпластовыми срывами между породами разного фациального состава, имеют пластообразную форму, часто с раздувами в зоне пересечения срыва крутопадающим тектоническим нарушением. Размеры рудных пластов колеблются от нескольких десятков до нескольких сотен квадратных метров.

Рудные тела, локализованные в кристаллических породах фундамента, имеют столбообразную форму с раздувами под пологими срывами между породами фундамента и перекрывающими их породами чехла. Протяженность рудных образований по простиранию достигает нескольких сотен метров, по падению рудные столбы прослеживаются до 1 км и более.

В процессе исследований установлена тесная связь между литологическим составом пород и их трещиноватостью. Крите-

² Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.01. – М.: ВНИПИПромтехнология, 1997; Методические рекомендации по применению классификации запасов. – М.: ГКЗ МПР, 2005.

³ Овсейчук В. А., Мезин А. И., Пшенников В. А., Гайман Т. А. Горно-геологическая классификация рудных залежей Стрельцовского рудного поля // Технический прогресс в атомной промышленности. Серия «Горно-металлургическое производство». – 1986. – № 12.

рием, определяющим эту связь, является хрупкость пород, которая в свою очередь является функцией от содержания в породе кремнезема (SiO_2). Чем больше в породе содержится SiO_2 , тем более хрупкой она яв-

ляется. В процессе анализа полученного материала установлена зависимость степени трещиноватости породы от содержания в ней кремнезема (рис. 1).

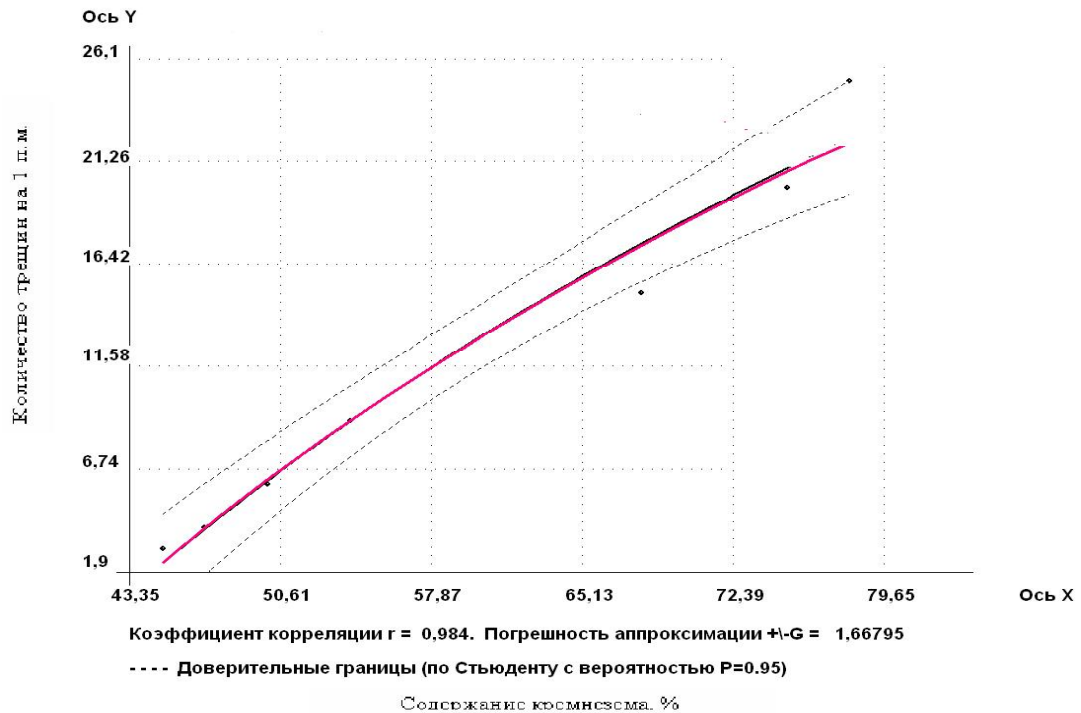


Рис. 1. Зависимость трещиноватости пород от содержания в них кремнезема /
 Fig. 1. The dependence of the fracturing of rocks fracturing on the content of silica in them

Зависимость может быть выражена математической формулой

$$K_{\text{тр}} = -136,309 + 36,419 \cdot \lg C_{\text{SiO}_2}, \quad (1)$$

где $K_{\text{тр}}$ – количество трещин на 1 м погонной длины;

C_{SiO_2} – содержание кремнезема в породах, %.

Дальнейшие исследования позволили установить тесную связь между коэффициентом крепости пород и содержанием в них кремнезема (рис. 2). Зависимость может быть выражена формулой

$$f = -82,178 + 2,978 \cdot C_{\text{SiO}_2}^2, \quad (2)$$

где f – коэффициент крепости пород, д. ед.;

C_{SiO_2} – содержание кремнезема в породах, %.

Установлено, что устойчивость вмещающих пород и руд зависит от их тектонической нарушенности и содержания в них глинистых

и слоистых силикатных минералов: каолинита, хлорита, гидрослюд, монтмориллонита и др.⁴ [1; 8]. Наличие же кремнезема, как материала, залечивающего трещины, приводит к увеличению устойчивости пород.

Для характеристики руд и вмещающих пород по степени нарушенности их тектоническими процессами использована классификация А. А. Люминарского, позволяющая разбить их на классы:

- I класс – сильнотрещиноватые (более 20 трещин на 1 м погонной длины);
- II класс – трещиноватые породы (20...7 трещин на 1 м погонной длины);
- III класс – среднетрещиноватые породы (7...3 трещины на 1 м погонной длины);
- IV класс – слаботрещиноватые породы (менее 3 трещин на 1 м погонной длины).

⁴ Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.01. – М.: ВНИПИПромтехнология, 1997.

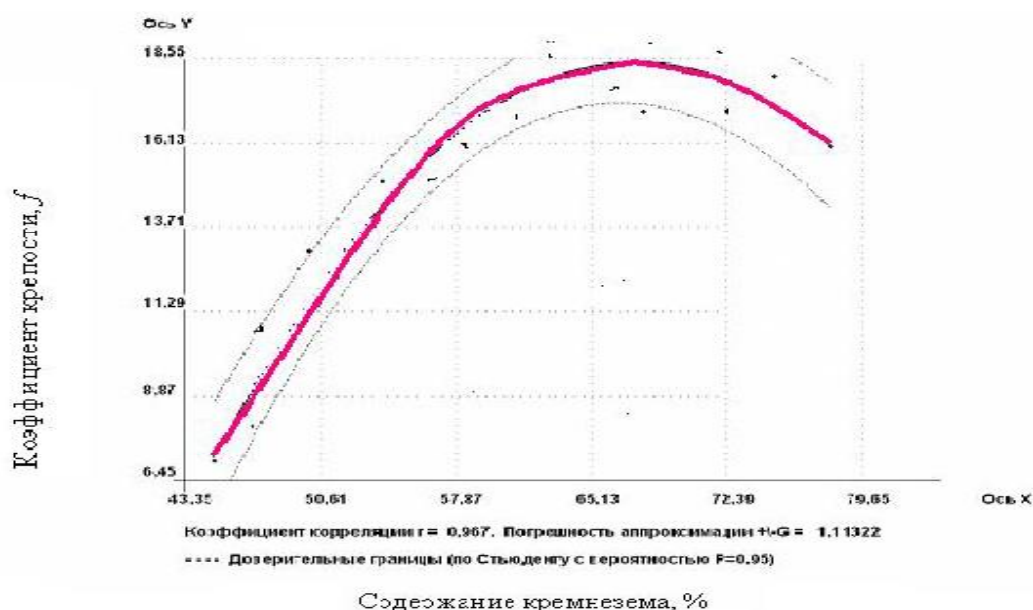


Рис. 2. Зависимость коэффициента крепости пород от содержания в них кремнезема / Fig. 2. The dependence of the strength coefficient of rocks on the content of silica in them

Руды в пределах мощных рудных образований столбообразной формы относятся к сильнотрещиноватым и трещиноватым (I, II классы; породы, вмещающие оруденение, характеризуются средней и слабой трещиноватостью (III, IV классы).

Руды в пределах штокверкоподобных рудных образований относятся к категории сильнотрещиноватых – среднетрещиноватых (I–III классы), а вмещающие породы характеризуются средней и слабой трещиноватостью (III, IV классы).

Руды, локализованные в маломощных жильных и пластовых залежах, отнесены к сильнотрещиноватым и трещиноватым (I, II группы, а вмещающие породы – к средне- и слаботрещиноватым (III, IV группы). Мощность рудных тел в различных морфологических типах колеблется в широких пределах. Рудные образования, имеющие одинаковую среднюю мощность, могут быть разной формы.

В результате анализа собранного материала установлена связь между мощностью рудных образований и изменчивостью их контуров.

В процессе изучения распределения запасов руды по классам мощности в 86 эксплуатационных блоках, где объектами исследований была выбрана вся рудная залежь в пределах конкретного блока, выявлена зависимость доли запасов, приходящихся на каж-

дый класс мощности от средней мощности рудного тела.

Характер распределения запасов руды по классам мощности проиллюстрирован на рис. 3.

Как видно из рис. 3, характер поведения кривых зависимости различен для разных морфологических типов рудных образований.

Бимодальным характером распределения запасов руды по классам мощности обладают рудные образования с высоким коэффициентом рудоносности столбообразной формы. Максимумы запасов приходятся на классы мощности 4,5 м (3 %) и 14,5 м (25 %). Данному типу рудных образований присвоен порядковый номер I.

Подобным характером распределения обладают штокверкоподобные рудные образования с достаточно низким коэффициентом рудоносности. Максимумы запасов руды приходятся на классы мощности 5 м (13 %) и 11,5 м (10 %). Данный тип рудных образований имеет порядковый номер II.

Более простым характером распределения (унимодальным) отличаются маломощные залежи жильного и пластового строения. Максимум запасов приходится на класс мощности 2,2 м (38 %). Данному типу рудных образований присвоен порядковый номер III.

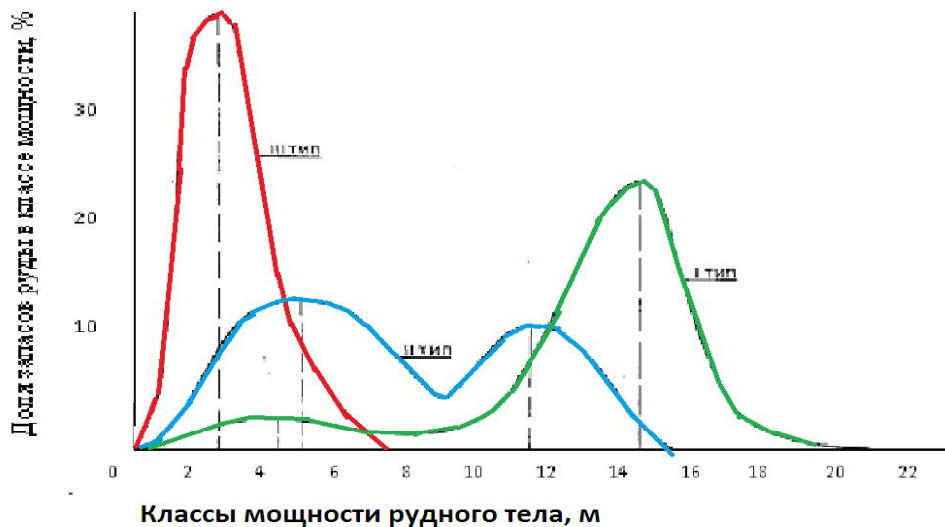


Рис. 3. Зависимость распределения запасов руды по классам мощности от его средней мощности /
Fig. 3. The dependence of the ore reserves distribution by power classes on its average power

Для оценки изменчивости контуров рудных тел автор использовал формулу В. Н. Уманца [9]:

$$K_c = Z/S_p \text{ д. ед.}, \quad (3)$$

где Z – длина контура рудного тела, м.

Установлена взаимосвязь зависимости вариабельности контура рудного образования от мощности рудного тела (M_{cp}), рис. 4⁵. Зависимость описывается математическим выражением

$$K_c = 2017/M_{cp} \text{ д. ед.} \quad (4)$$

Закономерность получена эмпирическим путем при анализе результатов обработки рудных тел в 86 эксплуатационных блоках с различной мощностью. Коэффициент изменчивости рудного контура увеличивается от 0,1 до 2,0 по мере уменьшения средней мощности рудного тела от 22 до 1 м. В физическом выражении K_c представляет собой долю длины рудного контура в метрах на 1 м² площади рудного тела.

Выявленная зависимость характерна как для единичного сплошного рудного тела, так и для группы рудных тел различных размеров и форм, объединенных в залежь и обрабатываемых одним эксплуатационным блоком.

Приравняв правые части формул 3 и 4, получим выражение, которое связывает длину рудного тела (Z), м; его среднюю мощность (M_{cp}), м; площадь рудного тела (S_p), м².

Для характеристики залежи или ее части в пределах эксплуатационного блока, как совокупности элементарных рудных тел, при отработке которых системой слоевой выемки потребуется определенное количество самостоятельных заходов (n), автором выведена формула⁶

$$n = S_p / M_{cp} * l, \quad (5)$$

где n – коэффициент сложности залежи, численно равный количеству элементарных рудных жил;

S_p – рудная площадь залежи в пределах эксплуатационного блока, м²;

M_{cp} – средняя мощность единичного рудного тела, м;

l – длина рудной залежи в пределах эксплуатационного блока, м.

В зависимости от морфологического типа рудных залежей коэффициент сложности изменяется от 7 до 1 и составляет в среднем:

- для мощных образований – 4,0;
- для штокверкоподобных залежей – 2,7;
- для маломощных залежей – 2,0.

⁵ Овсейчук В. А., Мезин А. И., Пшенников В. А., Гайман Т. А. Горно-геологическая классификация рудных залежей Стрельцовского рудного поля // Технический прогресс в атомной промышленности. Серия «Горно-металлургическое производство». – 1986. – № 12.

⁶ Там же.

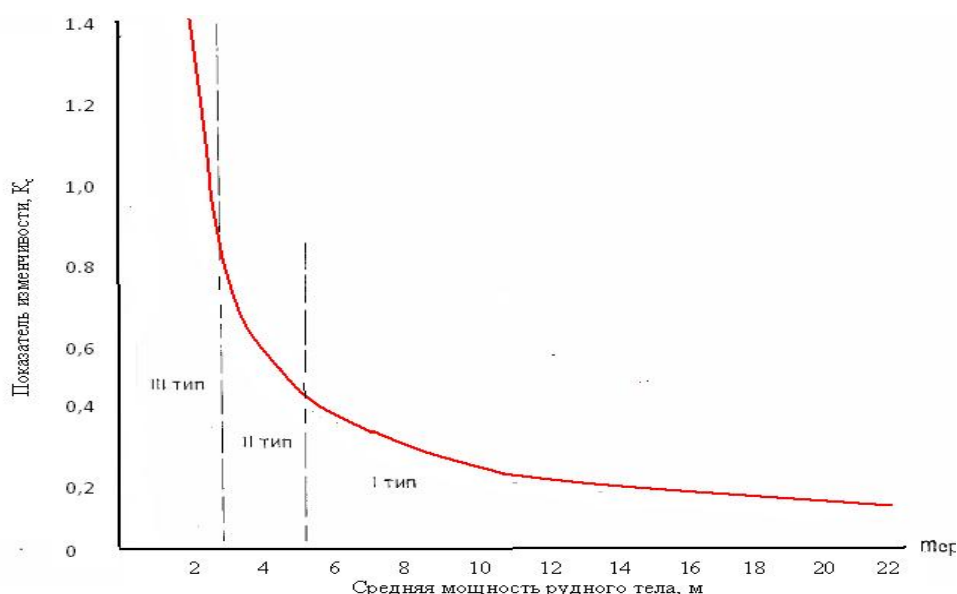


Рис. 4. Зависимость показателя изменчивости рудного контура от его средней мощности /
Fig. 4. The dependences of the ore contour variability index on its average power

Для характеристики прерывистости оруденения в контуре залежи автором использована методика Д. А. Зенкова, учитывающая степень рассредоточенности, т. е. удаленности одного рудного тела от другого [4].

Показатель рассредоточенности вычисляется по формуле

$$P = M_{\text{ср}} / M_p, \quad (6)$$

где $M_{\text{ср}}$ – мощность безрудных и непромышленных интервалов, м;

M_p – мощность рудного тела, м.

В зависимости от морфологического типа рудных залежей показатель рассредоточенности изменяется от 0 до 6 и составляет в среднем:

- для мощных залежей – 0,9;
- для штокверкоподобных залежей – 1,8;
- для маломощных залежей – 4,1.

Имея среднюю мощность рудного тела (M_p), количество рудных тел (n) и коэффициент рассредоточенности (P), можно определить среднюю ширину рудной зоны в пределах эксплуатационного блока⁷ по формуле

$$M = M_{\text{ср}} * n * (P + 1). \quad (7)$$

Этот показатель может быть использован на стадии предпроектной проработки для определения объемов подготовительных и нарезных работ.

Качественные признаки типизации рудных залежей. Урановые руды месторождений Стрельцовского рудного поля относятся к категории контрастных. Для технологических целей руды делятся на три сорта:

- 1) забалансовые руды (содержание урана 0,01...0,29 %);
- 2) рядовые руды (содержание урана 0,03...0,199 %);
- 3) богатые руды (содержание урана 0,2 % и более).

Забалансовые руды после рудоподготовки могут быть переработаны методом кучного выщелачивания.

Рядовые руды подвергаются рентгенометрическому обогащению, выделенные в результате этого продукты обогащения направляются на технологии переработки. Богатые руды сразу направляются на гидрометаллургическую переработку.

В процессе исследований установлены зависимости распределения запасов руды и

⁷ Овсейчук В. А., Мезин А. И., Пшенников В. А., Гайман Т. А. Горно-геологическая классификация рудных залежей Стрельцовского рудного поля // Технический прогресс в атомной промышленности. Серия «Горно-металлургическое производство». – 1986. – № 12.

урана в технологических сортах от среднего содержания урана в рудном образовании⁸.

Как видно из рис. 5, доля запасов забалансовых руд и урана в них с увеличением среднего содержания в рудном образовании снижается и при среднем содержании более 0,25 % составляет незначительную часть общих запасов и при среднем содер-

жании в 1 % составляет: руды – 8 %, урана – менее 1 %.

Доля запасов рядовой руды и урана в ней при увеличении среднего содержания урана в рудных образованиях как и для забалансовых руд снижается, при этом даже для среднего содержания в 1 % запасы руды в этом сорте составляют 37 %, урана – 22 %.

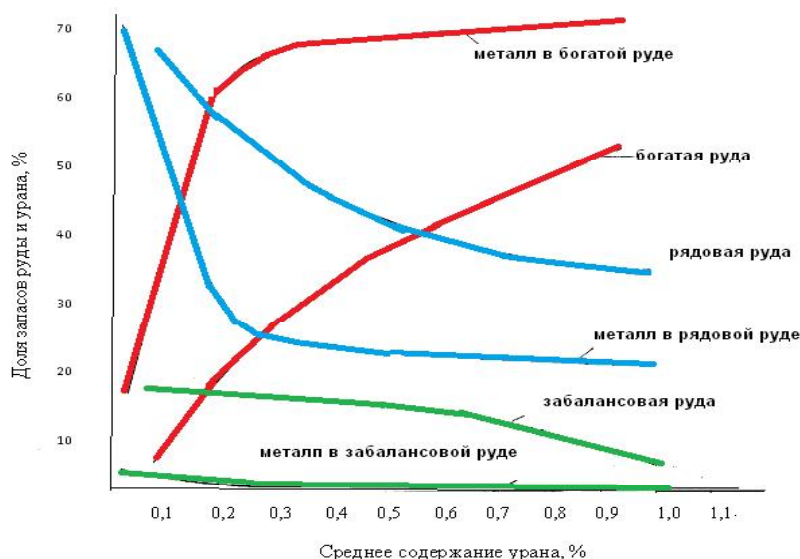


Рис. 5. Зависимость распределения руды и металла от среднего содержания урана /
Fig. 5. The dependence of the ore and metal distribution depending on the average uranium content

По мере роста среднего содержания в рудных образованиях доля богатых руд и урана в них увеличивается. При среднем содержании урана в 1 % в этом технологическом сорте доля запасов руды составляет 55 %; урана – 77 %.

Выявленные закономерности зависимости доли запасов руды и урана от среднего содержания характерны для всех месторождений Стрельцовского рудного поля.

Установленные зависимости распределения запасов в рудах могут быть использованы для прогнозирования доли технологических сортов добываемых руд.

Предлагаемая горно-геологическая классификация рудных образований. В процессе исследований геологических, горно-геологических и качественных характеристик уранового оруденения месторождений

Стрельцовского рудного поля установлено, что определяющими характеристиками рудных образований являются распределение запасов руды в зависимости от средней мощности и распределение запасов урана в зависимости от среднего содержания урана рудных образований. Распределение подчиняется определенным закономерностям, которые позволили разделить все рудные образования на три типа:

- I тип – мощные;
- II тип – средней мощности;
- III тип – маломощные.

Первый (1) тип рудных образований. Мощные рудные образования, отнесенные к I типу, представлены столбообразными и уплощенными рудными залежами или отдельными рудными телами. Данный тип оруденения локализуется в породах нижнего

⁸ Овсейчук В. А. Формирование сырьевой базы уранодобывающего предприятия в условиях рыночной экономики: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.01. – М.: ВНИПИПромтехнология, 1997.

структурного этажа: гранитах, доломитах и базальных конгломератах. Руды сильно трещиноваты и слабо устойчивы (рис. 6).

Рудные образования I типа несут в себе 20 % запасов урана. Мощность рудных образований колеблется в пределах 5...22 м, составляя в среднем 8 м. Коэффициент изменчивости рудного контура составляет в среднем 0,25, варьируя от 0,1 до 0,4. Коэффициент сложности для этого типа рудных образований изменяется в пределах 1,5...10,5 и имеет среднее значение, равное

4. Рассредоточенность рудных образований этого типа характеризуется коэффициентом рассредоточенности, величина которого варьирует в диапазоне 0,2...1,9, со средним значением 0,9. Ширина рудной зоны изменяется от 10 до 100 м при среднем значении 50 м. Подтверждаемость рудных контуров от одного разведочного профиля к другому составляет 50 %. Рудные образования I типа характеризуются высоким содержанием урана, среднее значение которого составляет 0,4 %.

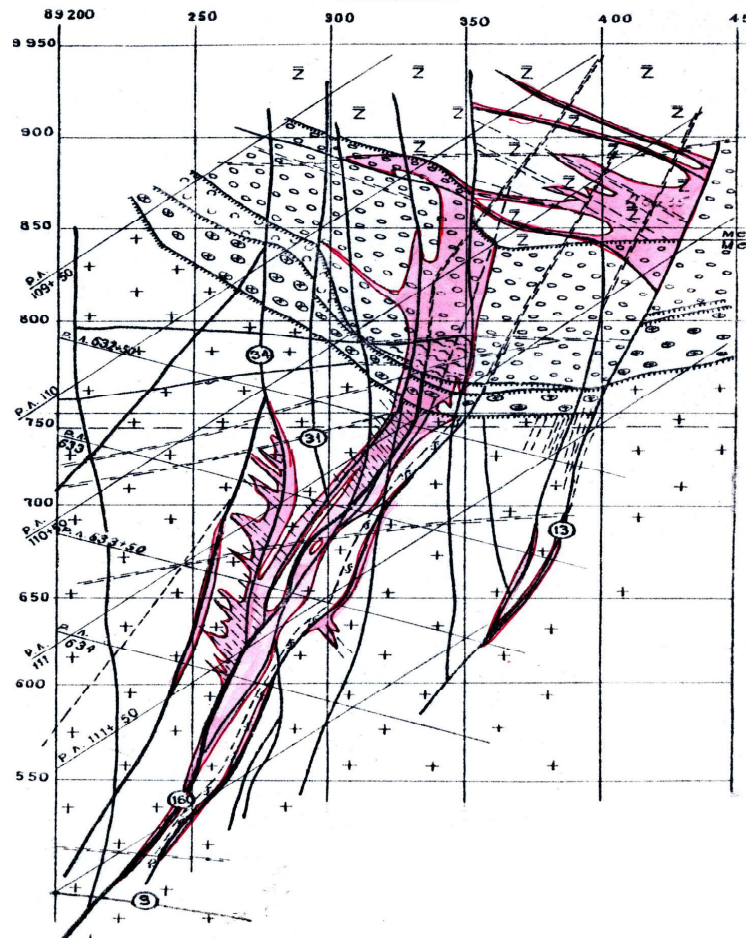


Рис. 6. Первый тип рудных тел / Fig. 6. The first type of ore bodies

Качественный состав рудных образований I типа характеризуется следующими значениями: забалансовая руда и металл в ней – 16/1 %; рядовая руда и металл в ней – 52/24 %; богатая руда и металл в ней – 32/75 %.

Второй (II) тип рудных образований. Рудные образования средней мощности, от-

несенные ко II типу, представлены штокверкообразными рудными залежами, состоящими из сложного сочетания прожилков, гнезд и линз. Данный тип оруденения локализуется в породах верхнего структурного этажа: фельзитах, липаритах, трахидацитах. Контролируют оруденение внутривулканические крутопадающие разрывы, осложненные зо-

нами трещиноватости и послойными пологими срываами. Руды от сильнотрещиноватых до трещиноватых по устойчивости слабо устойчивые до средней устойчивости (рис. 7).

Рудные образования II типа несут в себе 55 % запасов урана. Мощность рудных образований колеблется в пределах 2,6...16 м и составляет в среднем 4,6 м. Коэффициент изменчивости рудного контура составляет в среднем 0,6 (0,4...0,8). Коэффициент сложности для этого типа рудных образований изменяется в пределах 1,3...6,8 и имеет

среднее значение, равное 2,7. Рассредоточенность рудных образований этого типа характеризуется коэффициентом рассредоточенности, величина которого варьирует в диапазоне 0,5...2,7, со средним значением 1,7. Ширина рудной зоны изменяется от 10 до 70 м при среднем значении 30 м. Подтверждаемость рудных контуров от одного разведочного профиля к другому составляет 30 %. Рудные образования II типа характеризуются невысоким содержанием урана, среднее значение которого составляет 0,15 %.

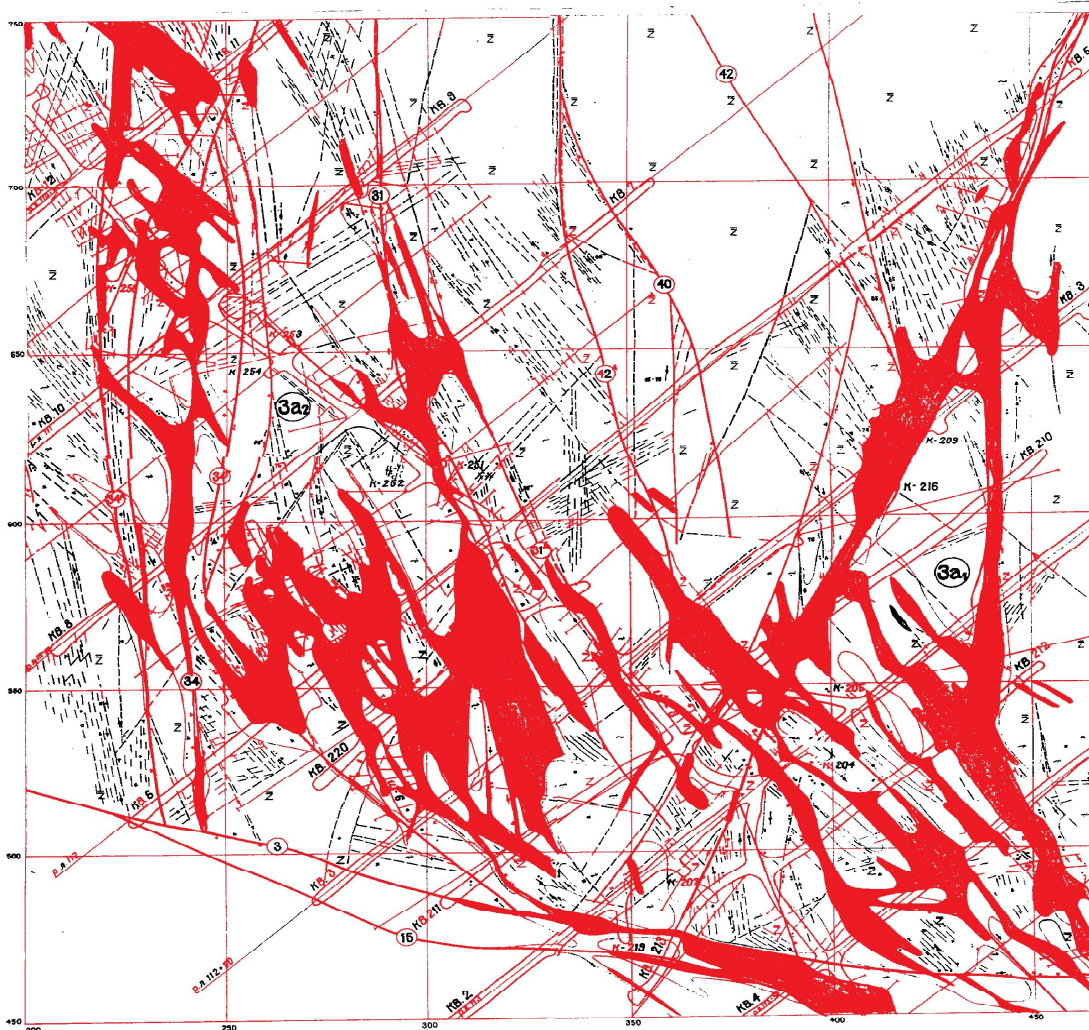


Рис. 7. Второй тип рудных тел /Fig. 7. The second type of ore bodies

Качественный состав рудных образований II типа характеризуется следующими значениями: забалансовая руда и металл в ней – 17/2 %; рядовая руда и металл в ней – 67/39 %; богатая руда и металл в ней – 16/59 %.

Третий (Ш) тип рудных образований. Маломощные рудные образования, отнесенные к III типу, представлены рудными залежами жильной и пластовой формы. Данный тип оруденения локализуется в породах верхнего структурного этажа: жилы – в трахидаци-

тах, андезитах, базальтах и конгломератах; пласты – в фельзитах, липаритах. Жильное оруденение контролирует внутрипокровные крутопадающие разрывы, пластовое – пологие срывы между фельзитами, липаритами и

перекрывающими их туфами. Руды от сильно трещиноватых до трещиноватых по устойчивости подразделяются на неустойчивые до средней устойчивости (рис. 8, 9).

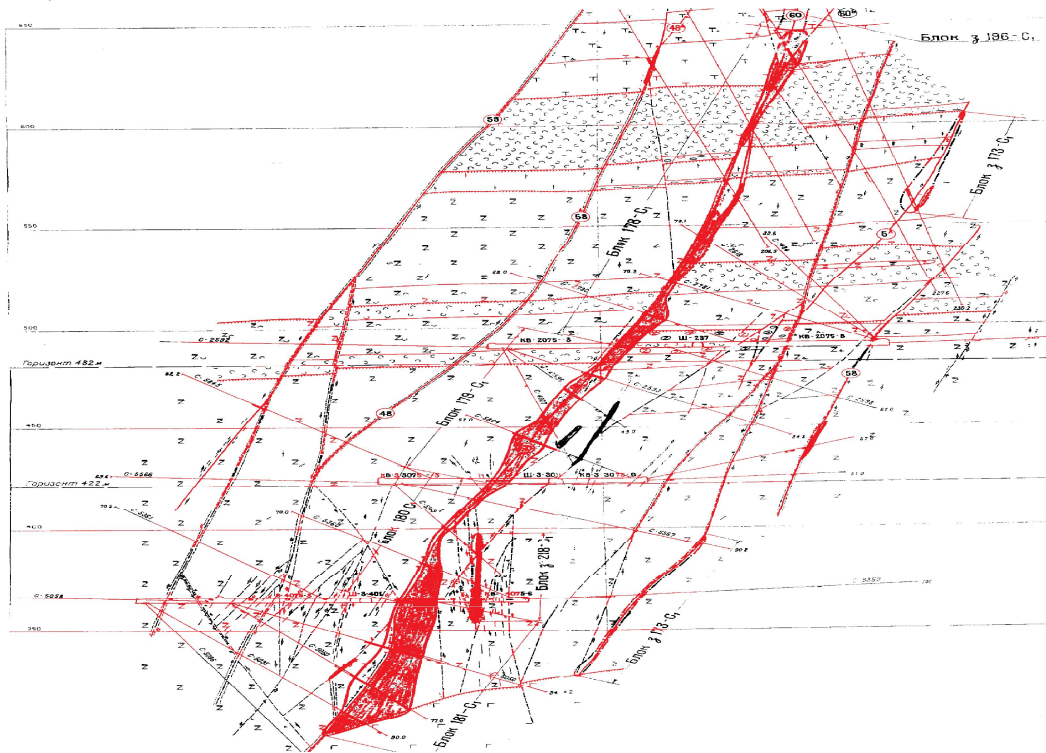


Рис. 8. Третий тип рудных тел – рудные жилы / Fig. 8. The third type of ore bodies – ore veins

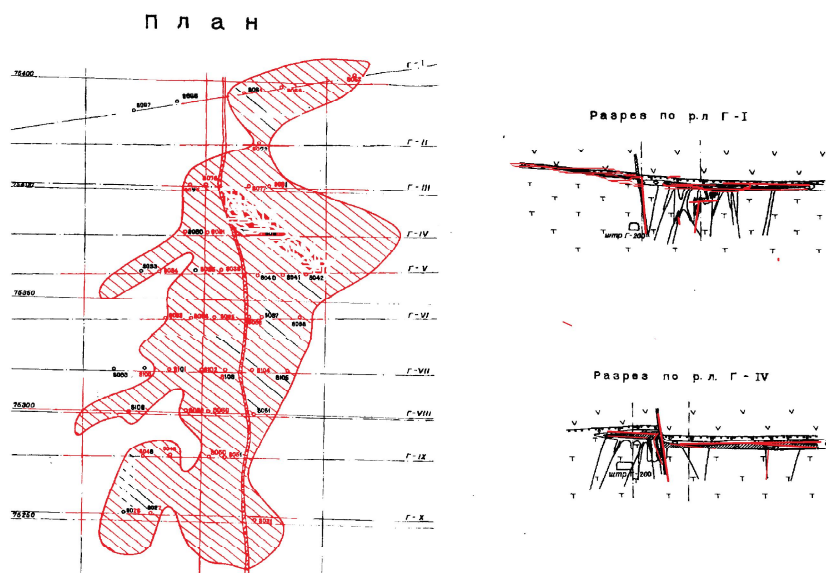


Рис. 9. Третий тип рудных тел – рудные пласты / Fig. 9. The third type of ore bodies – ore layers

Рудные образования III типа несут в себе 25 % запасов урана. Мощность рудных образований колеблется в пределах 1,4...7 м, составляя в среднем 2 м. Коэффициент изменчивости рудного контура составляет в среднем 1,0, варьируя от 0,8 до 2. Коэффициент сложности для этого типа рудных образований изменяется в пределах 1,0...3,8 и имеет среднее значение, равное 2,0. Рассредоточенность рудных образований этого типа характеризуется коэффициентом рассредоточенности, величина которого варьирует в диапазоне 1,7...5,3, со средним значением 4,1. Ширина рудной зоны изменяется от 5 до 50 м при среднем значении 20 м. Подтверждаемость рудных контуров от одного разведочного профиля к другому составляет 70 %. Рудные образования III типа характеризуются высоким содержанием урана, среднее значение которого составляет 0,35 %.

Качественный состав рудных образований I типа характеризуется следующими значениями: забалансовая руда и металл в ней – 17/1 %; рядовая руда и металл в ней – 59/27 %; богатая руда и металл в ней – 24/72 %.

Выводы. 1. В процессе исследования характеристик ураново-рудных образований, представленных на месторождениях Стрельцовского типа, установлено, что все их многообразие можно разделить на три типа, каждый из которых обладает свойственными только ему закономерностями распределения запасов руды по классам мощности и запасов урана по классам содержания.

2. Отнесение рудных образований или их части к тому или иному типу возможно уже на стадии детальной разведки, т. к. средняя мощность рудных тел и среднее содержание полезного компонента в них достаточно уверенно определяются на данном этапе работ.

3. Практическая значимость представленной классификации рудных образований месторождений Стрельцовского типа состоит в том, что выявленные закономерности изменения характеристик рудных образований позволяют в значительной мере облегчить подготовку исходных данных к проектированию и выбору оптимальных технических и технологических решений по их разработке.

Список литературы

1. Акинин В. В., Колова Е. Е., Савва Н. Е., Горячев Н. А., Маматюсупов В. Т., Кузнецов В. М., Альшевский А. В., Ползуненко Г. О. Возраст гранитоидов и ассоциирующегося молибден-порфирового оруденения Коркодон-Наяханской зоны, Северо-Восток России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2019. № 4. С. 3–8.
2. Бойцов В. Е., Верчеба А. А. Горнопромышленные типы месторождений урана. М.: КДУ, 2008. 231 с.
3. Бурмистров А. А., Старостин В. И., Дергачев А. Л., Петрова В. А. Структурно-петрографический анализ месторождений полезных ископаемых. М.: Макс пресс, 2009. 408 с.
4. Зенков Д. А., Семенов К. Л. Векторный метод оконтуривания тел полезных ископаемых // Разведка и охрана недр. 1957. № 1.
5. Наумов Г. Б., Власов Б. П., Голубев В. Н., Миронова О. Ф. Урановое пятиметалльное месторождение Шлема-Альберода (ФРГ): пример самоорганизующейся гидротермальной системы // Геология рудных месторождений. 2017. Т. 59, № 1. С. 3–16.
6. Пэк А. А., Мальковский В. И., Петров В. А. Минеральная система урановых месторождений Стрельцовской кальдеры (Восточное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. 2020. Т. 62, № 1. С. 36–54.
7. Пэк А. А., Мальковский В. И., Петров В. А. Тепловая конвекция флюидов как возможный механизм формирования уникальных урановых месторождений Стрельцовское и Антей (Восточное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60, № 6. С. 558–574.
8. Трушин С. И., Кириллов В. Е. Месторождение Албазино – новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Региональная геология и металлогения. 2018. № 73. С. 60–67.
9. Уманец В. Н. Оценка изменчивости свойств полезных ископаемых при освоении месторождений // Разведка и охрана недр. 1976. № 1. С. 7–9.

References

1. Akinin V. V., Kolova Ye. Ye., Sawa N. Ye., Goryachev N. A., Mamatyusupov V. T., Kuznetsov V. M., Alshevsky A. V., Polzunenkov G. O. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN* (Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences), 2019, no. 4, pp. 3–8.
2. Boytsov V. Ye., Vercheba A. A. *Gornopromyshlennyye tipy mestorozhdeniy urana* (Mining types of uranium deposits). Moscow: KDU, 2008, 231 p.
3. Burmistrov A. A., Starostin V. I., Dergachev A. L., Petrova V. A. *Strukturno-petrograficheskiy analiz mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh* (Structural and petrographic analysis of mineral deposits). Moscow: Max press, 2009, 408 p.
4. Zenkov D. A., Semenov K. L. *Razvedka i ohrana nedr* (Exploration and conservation of mineral resources), 1957, no. 1.
5. Naumov G. B., Vlasov B. P., Golubev V. N., Mironova O. F. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* (Geology of ore deposits), 2017, vol. 59, no. 1, pp. 3–16.
6. Pek A. A., Malkovskiy V. I., Petrov V. A. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* (Geology of ore deposits), 2020, vol. 62, no. 1, pp. 36–54.
7. Pek A. A., Malkovskiy V. I., Petrov V. A. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* (Geology of ore deposits), 2018, vol. 60, no. 6, pp. 558–574.
8. Trushin S. I., Kirillov V. Ye. *Regionalnaya geologiya i metallogeniya* (Regional geology and metallogenia), 2018, no. 73, pp. 60–67.
9. Umanets V. N. *Razvedka i ohrana nedr* (Exploration and protection of mineral resources), 1976, no. 1, pp. 7–9.

Информация об авторе**Information about the author**

Овсейчук Василий Афанасьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры подземной разработки месторождений полезных ископаемых, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: повышение эффективности разработки скальных руд урановых месторождений, физико-техническая и физико-химическая геотехнология
mks3115637@yandex.ru

Vasily Ovseychuk, doctor of engineering sciences, professor, Underground Mining department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: scientific substantiation and creation of new technologies of ore deposits mining

Для цитирования

Овсейчук В. А. Типизация рудных образований урановых месторождений Стрельцовского типа // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 8. С. 35–47. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-8-35-47.

Ovseychuk V. Classification of ore formations of Streltsovsky type uranium deposits // Transbaikal State University Journal, 2021, vol. 27, no. 8, pp. 35–47. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-8-35-47.

Статья поступила в редакцию: 11.10.2021 г.
Статья принята к публикации: 19.10.2021 г.