

**Зависимость техники разведки от условий месторождений
на примере**

**ТЕХНИКА РАЗВЕДКИ РАДИОАКТИВНЫХ РУД
Часть II**



г.Пермь, 2017 г.

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

1. Эндогенные месторождения

1.1. ...в областях тектоно-магматической активации докембрийских щитов

1.1.1. ...урановые зоны натрового метасоматоза (альбитизации) в гранитоидах и гнейсах, Украинский щит

1.1.2. ... урановые зоны натрового метасоматоза железо-магнезиальных пород – железистых кварцитов и сланцев: Кременчугское

1.2.3...золото-урановые зон калиевого метасоматоза вдоль протяженных разломов Алданского щита в аляскитовых гранитах, мигматитах и пегматоидах

Горно-буровая система ГРР с преобладанием скважин

Скважинная система ГРР с горным контролем

1. Эндогенные месторождения

1.2. ... в зонах структурно-стратиграфических (тектонических) несогласий

1.2.1. Золото-никель-урановые месторождения в зонах карбонатно-магнезиального метасоматоза вблизи поверхностей несогласия различных структурных этажей (геосинклинального и платформенного) в углеродсодержащих породах:

Рейнджер-1, Джабилука, Набарлек (Северная территория Австралии), Раббит-Лейк, Мидуэст-Лейк, Ки-Лейк, Клаф-Лейк и др. (Канада)

Скважинная система ГРП с горным контролем

1.3.... в структурах тектоно-магматической активизации складчатых областей

1.3.1. Торий-фосфор-урановые, молибден-урановые и урановые месторождения в зонах низкотемпературного натрового метасоматоза по терригенным породам фанерозоя в блоках с геантиклинальным режимом развития и вблизи срединных массивов. Заозерное, Тастыколь, Маньбайское, Грачевское, Косачино, Глубинное и др.

Горно-буровая система ГРП с преобладанием скважин

1.3.2. Урановые, ванадий-урановые месторождения в углеродисто-кремнистых породах нижнего и среднего палеозоя: Роннебургское рудное поле (Шмирхау, Рой и др.), Рудное и др.

Горная система ГРП с буровым контролем

1. Эндогенные месторождения

1.3.... в структурах тектоно-магматической активизации складчатых областей

1.3.3. Кварц-карбонатно-смолочные жильные месторождения с никелем, кобальтом, серебром, висмутом в краевых или центральных частях срединных массивов, в экзоконтактовых зонах гранитоидных интрузивов среди роговиков, скарнов, амфиболитов и других метаморфизованных пород. Пршибрам, Яхимовское, Обершлема-Альберода, Нидершлема-Альберода в Рудных горах.

Горная система ГРР с буровым контролем

1.4. В вулканогенно-тектонических структурах складчатых областей

1.4.1. Молибден-урановые месторождения преимущественно в вулканогенных породах: Месторождения Стрельцовского рудного поля

Горно-буровая система ГРР с преобладанием скважин (подземная)

1.4.2. Молибден-урановые месторождения в экстррузивных, эффузивных и жерловых фациях вулканитов и породах фундамента, контролирующихся зонами разломов, карбонатизации, гематитизации и окварцевания: Алатаньга, Каттасай, Бота-Бурум, Кызыл-Сай.

2. Экзогенные месторождения

2.1. ... в морских глинах платформенного чехла

2.1.1. Редкоземельно-фосфор-урановые осадочного типа в морских глинах с костными остатками фауны: Меловое, Томак, Тасмурун, Степное. Оруденение связано со скоплениями костного детрита рыб, состоящего, в основном, из фосфата кальция (апатит) и заключенного в темных глинах.

2.2. ... в водопроницаемых толщах платформенного чехла

2.2.1. Урановые месторождения в проницаемых породах в связи с зонами пластового окисления в областях молодых орогенов (водородные месторождения, СПВ): Учкудук, Сугралы, Мынкудук, Канжуган, Северный Карамурун, Букинай и др.

2.2.2. Урановые месторождения в отложениях палеодолин платформенного этапа развития стабилизированных областей в связи с зонами грунтового и пластового окисления (водородные месторождения): Девладовское, Братское, Санарское, Семизбай, Хиагдинское, Долматовское.

2.2.3. Угольно-урановые месторождения в связи с зонами пластового и грунтового окисления (водородные месторождения): приурочены к угленосным отложениям мезо-кайнозойских впадин

2.2.4. Битумо-урановые месторождения в красно- и пестроцветных, преимущественно карбонатных породах в пределах купольных структур нефтегазоносных бассейнов

Скважинная система ГРП с горным контролем

3. Комплексные урансодержащие месторождения

3.1. ... Древние золотоносные и ураноносные конгломераты в базальных слоях вулканогенно-осадочных отложений:

Витватерсранд (ЮАР), Элиот-Лейк, Блайнд-Ривер (Канада), Жакобина (Бразилия).

3.2. ... Уран-торий – редкометальные месторождения в щелочных интрузивах:

Илимауссак (Гренландия), Посусди-Калдас (Бразилия), Ловозерское.

Скважинная система ГРП с горным контролем

Система ГРР (вскрытия и опробования)

1. Эндогенные месторождения

Горно-буровая система ГРР с преобладанием скважин или горных

Горная система ГРР с буровым контролем

Скважинная (буровая) система ГРР с горным контролем

2. Экзогенные месторождения

Скважинная (буровая система) система ГРР с горным контролем

3. Комплексные урансодержащие месторождения

Система ГРР (вскрытия и опробования)

Скважинная (буровая) система ГРР с горным контролем – способ вскрытия и опробования с помощью скважин. Диаметр и глубина скважины зависит от представительного объема опробования, геологических условий и предполагаемой схемы разработки месторождения. Разведочная сеть зависит от категории запасов и группы сложности месторождения. Горный контроль осуществляется, если это возможно. При возможности составляет 10-15 % от объема буровых работ.

Горная система ГРР с буровым контролем – способ вскрытия и опробования с помощью горных выработок. Тип, сечение и глубина (длина) горных выработок зависит от геологических условий, представительного объема опробования и предполагаемой схемы разработки месторождения. Разведочная сеть зависит от категории запасов и группы сложности месторождения. Буровой контроль составляет до 10-15 %. (Открытыми или подземными горными выработками).

Горно-буровая система ГРР – способ вскрытия и опробования с помощью горных выработок и скважин. Параметры скважины и горных выработок зависят от представительного объема опробования, геологических условий и предполагаемой схемы разработки месторождения. Разведочная сеть зависит от категории запасов и группы сложности месторождения. Часто горным работам предшествуют буровые.

Система ГРР (вскрытия и опробования)

Классификация месторождений по нахождению в пространстве

От нахождения в пространстве зависит система ГРР

Открытые месторождения – это месторождения, у которых полезное ископаемое, залегающее в виде различных форм выходит на дневную поверхность или перекрывается рыхлыми отложениями (наносами) небольшой мощностью до 5 м.

Горная система ГРР с буровым контролем открытыми горными выработками

Примеры: пойменные, русловые, ложковые, элювиальные, некоторые делювиальные россыпи; эндогенные и метаморфогенные месторождения с хорошей обнаженностью территории.

Закрытие месторождения – это месторождения, у которых полезное ископаемое, залегающее в виде различных форм не выходит на дневную поверхность или перекрывается рыхлыми отложениями (наносами) мощностью от 5 и более м или иными горными породами.

Скважинная (буровая) система ГРР с горным контролем

Горно-буровая система ГРР

Горно-буровая система ГРР с подземными скважинами и горными выработками

Примеры: погребенные древние россыпи, переуглубленные долины, депрессии; эндогенные и метаморфогенные месторождения с плохой обнаженностью территории.

Относительная открытость территории

Хорошая обнаженность территории – задернованность и перекрытие наносами составляет не менее 50 %.

Горная система ГРР открытыми горными выработками

Удовлетворительная обнаженность территории – задернованность и перекрытие наносами составляет от 50 до 70 %.

Горная система ГРР открытыми горными выработками

Плохая обнаженность территории – задернованность и перекрытие наносами составляет от 70 до 90 %.

Скважинная (буровая) система ГРР с горным контролем

Горно-буровая система ГРР с подземными скважинами и горными выработками

Горная система ГРР открытыми и подземными горными выработками

Очень плохая обнаженность территории – задернованность и перекрытие наносами составляет от 90 до 100 %.

Скважинная (буровая) система ГРР с горным контролем

Горно-буровая система ГРР с подземными скважинами и горными выработками

Горная система ГРР подземными горными выработками

Группировка урановых месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, сложности внутреннего строения и особенностям распределения урана урановые месторождения соответствуют 2-, 3-й или 4-й группам сложности.

Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных залежей, заключающих не менее 70% общих запасов месторождения.

С целью более объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности геологического строения могут использоваться количественные показатели изменчивости основных свойств оруденения: коэффициент рудоносности, коэффициент вариации мощности рудных тел и содержаний в них полезных компонентов, показатель сложности рудных тел

Ранее, группа 1 рассматривались месторождения ураноносного костного детрита (Меловое и другие), ныне находящиеся на территории Казахстана. Их эксплуатация прекращена, а подобные месторождения в России (в Калмыкии), в связи с небольшими площадными размерами и меньшей мощностью, должны рассматриваться как группа 2

Ко 2 группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с изменчивой мощностью, сложным внутренним строением рудных залежей, но относительно высокой сплошностью промышленного оруденения, при различной изменчивости содержания урана. Среди них выделяются два типа месторождений (участков):

крупные и средние крутопадающие жилообразные залежи, (площадь от первых кв. км, до многих сотен тыс. кв. м), с относительно выдержанной мощностью, устойчивыми элементами залегания и высокой сплошностью промышленных руд (коэффициент рудоносности $K_p = 0,7-1,0$). Мощность рудных залежей, как правило, 3–5 м, но их положение контролируется выдержанными тектоническими элементами или зонами развития метасоматитов. Содержание урана неравномерное, колеблется в пределах от первых сотых до 0,2–0,5 %, при коэффициенте вариации $V > 100$ %. К этому типу относятся наиболее крупные жильные месторождения браннеритовых руд Эльконского района на Алдане (Южное и др.).

крупные и средние по размерам (сотни-десятки тыс. кв. м) пологозалегающие пластовые залежи ураноносного костного детрита. Положение залежей в разрезе четко контролируется горизонтами темных пиритиносных глин, с выдержанной мощностью. Рудные тела практически сплошные ($K_p \approx 1,0$), с низким (первые сотые %), но относительно равномерным ($V < 100$ %) содержанием урана. К этому типу относится Шаргадыкское месторождение в Калмыкии.

К 3 группе относятся месторождения (участки) очень сложного строения, с рудными залежами, характеризующимися невыдержанными элементами залегания, сложной формой, изменчивой мощностью и весьма неравномерным распределением урана.

Среди них выделяются три типа месторождений (участков):

крупные и средние (сотни-десятки тыс. кв. м), сложные, ветвящиеся по падению и простираению, жилообразные и штокверкообразные залежи, различной мощности (от долей м, до десятков м), средней сплошности ($K_p=0,4-0,8$), при весьма неравномерном содержании урана ($V \gg 100\%$). К этому типу относится большинство месторождений Стрельцовского урановорудного района (Стрельцовское, Антей, Октябрьское, Аргунское и др.);

крупные и средние (сотни-десятки тыс. м²) пластообразные залежи, приближенно контролируемые литологическими границами, осложненные тектоническими нарушениями, при относительно выдержанной мощности, высокой и средней сплошности ($K_p=0,6-1,0$), при неравномерном (сотые –десятые %) содержании урана ($V > 100\%$). К этому типу относятся пластовые месторождения Стрельцовского района (Дальнее, Новогоднее, Юбилейное), а также Оловское месторождение и некоторые месторождения песчаникового типа, пригодные для разработки только горным способом (Приморское);

крупные и средние (площадь десятки-сотни тыс. кв. м) лентообразные, слабо извилистые в плане залежи, сложного строения по мощности (роллы, сочленяющиеся линзы, пласты), контролируемые зонами окисления-восстановления в палеодолинах. Сплошность промышленных руд в плане (для отработки СПВ) высокая ($K_p=0,7-1$), но в разрезе низкая. Содержания урана низкие, относительно равномерные ($V < 100\%$). К этому типу относятся месторождения Далматовское, Хиагдинское и др.

К 4 группе относятся месторождения (участки) весьма сложного геологического строения с залежами жильного или пластового типов малых размеров (десятки тыс. кв. м), весьма сложной морфологии, с прерывистым внутренним строением ($K_p < 0,5$) и весьма неравномерным содержанием урана ($V > 100 \%$).

К ним относятся мелкие (протяженностью в десятки метров) маломощные (до 0,5 м) жилы с гнездовым распределением оруденения в плоскости жил, линзообразные, столбообразные и штокверкообразные залежи невыдержанной мощности с весьма сложным и прихотливым распределением оруденения, крайне изменчивой формой и крайне неустойчивыми элементами залегания. Площадь рудных залежей достигает первых десятков тысяч квадратных метров при резко изменчивой мощности – от долей метра до первых десятков метров. Границы оруденения устанавливаются исключительно по опробованию. К этому типу могут быть отнесены отдельные молибдено-урановые и урановые месторождения в зонах березитизации (Ишимское, Шокпак) и жерловых фациях вулканитов (Кызыл-Сай), рассматриваемые ранее в качестве 3 группы. В настоящее время месторождения этой группы не разведываются. Однако, с ростом цен на уран, возможно вовлечение в разведку и освоение некоторых резервных месторождений данной группы.

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений

Показатели изменчивости
объектов разведки

формы

содержания

K_p

q

$V_m, \%$

$V_C, \%$

| | | | | |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| 1-я | 0,9–1,0 | 0,8–0,9 | < 40 | < 40 |
| 2-я | 0,7–0,9 | 0,6–0,8 | 40–100 | 40–100 |
| 3-я | 0,4–0,7 | 0,4–0,6 | 100–150 | 100–150 |
| 4-я | < 0,4 | < 0,4 | > 150 | > 150 |

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения):

$$K_p = \frac{\sum l_p}{\sum l_o}$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_3 , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_B + N_3}$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в %) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{\text{ср}}} \cdot 100$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{\text{ср}}} \cdot 100$$

где S_m и S_C – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений $m_{\text{ср}}$ и $C_{\text{ср}}$.

| Группа месторождений | Характеристика рудных тел | Виды выработок | Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, в м. | | | |
|----------------------|---|----------------|---|------------|----------------|------------|
| | | | В | | С ₁ | |
| | | | по простиранию | по падению | по простиранию | по падению |
| 2-я | Пластовые, линзообразные в плане, практически сплошные ($K_p \approx 1$), с устойчивой мощностью и равномерно-низким содержанием ($V < 100\%$). | скважины | 200–100 | 50–25 | 200–100 | 100–50 |
| | | | | | | |
| | Жилообразные, крупные, крутопадающие, высокой сплошности ($K_p = 0,7-1$), с неравномерным содержанием ($V < 100\%$) | штреки | – | 120–60 | – | – |
| | | орты | 25–10 | 25–10 | – | – |
| | восстающие | 120 | – | – | – | |
| | | скважины | – | – | 200–100 | 100–50 |
| 3-я | Жилообразные и штокверковые, крутопадающие, средней сплошности ($K_p = 0,4-0,8$), с весьма неравномерным содержанием ($V > 100\%$) | штреки | – | – | – | 60–80 |
| | | орты, | – | – | 50–25 | 25–10 |
| | | восстающие | – | – | 40–60 | – |
| | | скважины | – | – | 50–25 | 25–10 |
| | Пластообразные, средней и высокой сплошности ($K_p = 0,6-1$), с неравномерным содержанием ($V > 100\%$) | штреки | – | – | – | 60–120 |
| | | орты | – | – | 50–25 | 50–25 |
| | | скважины | – | – | 100–50 | 50–25 |
| | | скважины* | – | – | 200–100 | 50–25 |
| 4-я | Пластообразные, лентообразные, высокой сплошности в плане ($K_p = 0,6-1$) и низкой в разрезе, с относительно равномерным содержанием ($V < 100\%$). | штреки | – | – | – | 40–60 |
| | | орты | – | – | 25–10 | 25–10 |
| | Жилообразные и трубообразные, низкой сплошности ($K_p < 0,6$), с весьма неравномерным содержанием ($V > 100\%$) | восстающие | – | – | 40–60 | – |

*Для отработки СПВ

На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрезается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения