



Морфологические типы промышленных месторождений урана и методы их разведки

Д. Я. Суражский

Предложена группировка месторождений урана по совокупности морфологических признаков. Выделено пять групп месторождений, для каждой из которых рассматриваются система разведки, наиболее рациональное соотношение горных и буровых работ, плотность разведочной сети и условия классификации запасов.

Общие замечания

Разведка месторождений урана, так же как и месторождений других полезных ископаемых, осуществляется либо бурением, либо горными работами, либо комбинацией бурения и горных выработок. Выбор системы разведки, наиболее рациональное соотношение горных и буровых работ, плотность разведочной сети и условия квалификации запасов определяются в основном формой рудных тел, их размерами, степенью изменчивости по содержанию металла (выражаемой обычно коэффициентом вариации) и степенью прерывистости оруденения (выражаемой коэффициентом рудоносности, т. е. отношением площади, занимаемой кондиционными рудами, к общей площади рудоносного пласта или рудовмещающей трещины). По совокупности этих морфологических признаков месторождения урана, известные в настоящее время, могут быть разделены на пять групп: 1) минерализованные пласты, 2) крупные пластобразные залежи, 3) пластообразные, столбообразные и жилообразные залежи, 4) линзообразные и гнездообразные залежи, 5) системы тонких жил.

Разведка минерализованных пластов

(первая группа месторождений)

К этой группе относятся выдержанные пласты ураноносных осадочных пород, развитых на площадях, измеряемых десятками

квадратных километров. Они характеризуются равномерным убогим оруденением, распространяющимся непрерывно по простиранию, падению и мощности продуктивных горизонтов. Границы оруденения совпадают с литологическими границами и могут быть определены визуально. Коэффициент рудоносности близок к единице, а коэффициент вариации по содержанию металла в руде не превышает 20—30%.

Наиболее характерными месторождениями этого типа являются ураноносные морские сланцы, урансодержащие фосфориты и аналогичные им осадочные сингенетические месторождения, в которых не обнаружено заметного перераспределения металла, сложившегося одновременно с вмещающими породами.

Разведка таких месторождений заключается главным образом в разбуривании рудоносного пласта по изометрической сети. Горные работы (небольшие шахты, шурфы и расчечки из них) проводятся в небольшом объеме исключительно для контроля данных по опробованию скважин. При разведке могут быть выявлены запасы всех промышленных категорий (*A*, *B* и *C*). При этом сеть скважин должна быть не реже 100×100 , 200×100 и 400×200 м соответственно. На месторождениях, которые подготавливаются к эксплуатации, к категории *A*₂ могут быть отнесены также запасы между горными выработками, расположенными на расстоянии до 200 м друг от друга, и к категории *B* — запасы

между выработками, расположенными на расстоянии до 400 м друг от друга.

Разведка крупных пластообразных залежей

(вторая группа месторождений)

Месторождения этой группы представляют собой крупные пластообразные залежи с неравномерным распределением металла, приуроченные к определенным стратиграфическим горизонтам. В отличие от месторождений первой группы промышленно ценной является не вся мощность пласта, а только ее часть, причем непрерывность оруденения может быть нарушена пережимами. Поэтому практически приходится иметь дело не с единым рудным телом, а с несколькими более или менее изолированными рудными телами, каждое из которых занимает площадь, измеряемую иногда квадратными километрами.

Контуры рудных тел устанавливаются исключительно по данным опробования. Коэффициент рудоносности колеблется от 1,0 до 0,8, а коэффициент вариации по содержанию металла достигает 100%.

К этой группе относятся наиболее крупные из известных в настоящее время эпигенетических месторождений урана в песчаниках, конгломератах и других осадочных породах преимущественно континентальных фаций. Для их разведки обычно применяется комбинированная горнобуровая система с резким преобладанием колонкового бурения. Главной задачей буровых работ является оконтуривание рудных тел в плане, а задачей горных работ — более точная фиксация границ промышленного оруденения по мощности рудовмещающих формаций, а также получение данных для полной характеристики химического и минералогического составов руд, их физико-технических свойств и т. д.

При изометрических очертаниях рудных тел бурение ведется по квадратной сетке, во всех других случаях — линиями, ориентированными перпендикулярно наибольшей изменчивости оруденения.

Если есть основание предполагать, что рудные линзы располагаются в несколько ярусов и выходят за пределы основного рудоносного пласта, то часть скважин (до 10—15% от общего их количества) проходится на глубину, обеспечивающую пересечение

всей рудоносной свиты и фиксацию рудных тел ниже основного рудоносного горизонта.

Горные работы, как обычно, заключаются в проходке штреков и восстающих через 80—120 м на одном из рудных участков главным образом с целью контроля данных бурения и получения материала для технологических проб. Если разведка ведется штреками и мощность рудного тела превышает ширину штрека, то проходятся также и орты, обычно на расстояниях 40—60 м друг от друга.

В отличие от месторождений первой группы запасы, выявленные буровыми скважинами по сети 200×100 м, квалифицируются не выше, чем по категории C_1 . Запасы категории B учитываются в пределах блоков, разведанных бурением по сети 100×100 м при наличии на одном из участков месторождения горных выработок, подтверждающих данные бурения.

Разведка пластообразных, столбообразных и жилообразных залежей

(третья группа месторождений)

Отличие этих месторождений от ранее описанных заключается в том, что форма рудных тел и их положение в пространстве определяются не только литологическим составом вмещающих пород, но также (иногда — главным образом) складчатыми и разрывными нарушениями. Многие из рудных тел характеризуются относительно большой мощностью (достигающей местами нескольких десятков метров), а также резкими изменениями формы, размеров, условий залегания и площади поперечного сечения на сравнительно небольших интервалах по простиранию и падению. Оруденение в общем непрерывное, но форма рудных тел осложняется наличием отдельных блоков пустых пород. Границы промышленного оруденения устанавливаются исключительно по результатам опробования. Коэффициент рудоносности изменяется в пределах 0,8—0,5, коэффициент вариации иногда достигает 150%. Площадь таких залежей (в плоскости их падения) не превышает нескольких сотен тысяч квадратных метров. Подобные месторождения, как правило, представлены одним или несколькими (двумя—четырьмя) рудными телами.

К этой группе относятся многие пластообразные тела в осадочных породах континентальных фаций, метасоматические залежи

на крыльях крутых складок, живообразные залежи внутри мощных разломов, штокверки в зонах дробления, связанных с разломами, столбообразные тела на пересечениях двух тектонических зон и т. д. В системе разведки основную роль играют горные выработки — серия ортов, пересекающих рудное тело по короткой оси на расстояниях, зависящих от конфигурации и площади сечения залежи на данном горизонте. В некоторых случаях орты могут быть частично заменены скважинами камерного алмазного бурения. В практике довольно распространено чередование ортовых выработок и камерно-алмазных скважин. Имеют значение также гезенки и восстающие, с помощью которых подтверждается непрерывность оруденения по вертикали — между этажами горных выработок.

Глубокое бурение по весьма плотной сети (обычно 50×50 м) дает возможность оценить запасы не выше, чем по категории C_1 . Вследствие сложности формы и резко неравномерного распределения металла в руде запасы категории B учитываются только в пределах подэтажей, полностью подготовленных к очистной выемке. Запасы категории A_2 при нормальной плотности разведочной сети обычно не выявляются.

Разведка линзообразных и гнездообразных залежей

(четвертая группа месторождений)

Иногда рудные тела локализуются в определенных стратиграфических горизонтах или же связаны с разрывными нарушениями (например, в зоне контакта гранитов и осадочно-метаморфических пород), но обычно литологический и структурный контроль оруденения выражен здесь менее отчетливо, чем в месторождениях других групп. Контуры промышленного оруденения устанавливаются исключительно по данным опробования. Во многих случаях зоны распространения линз имеют форму узких (до 300—500 м) полос значительной протяженности. Размеры рудных тел в плоскости их падения не превышают нескольких десятков тысяч квадратных метров. Внутри отдельных линз коэффициент рудоносности не превышает 0,50—0,25, коэффициент вариации по содержанию металла внутри отдельных линз нередко достигает 200%.

К описываемой группе относятся мелкие линзы гидротермальных руд в зонах тектонических контактов, пластовые и седловидные жилы в куполовидных структурах вышших порядков, а также ряд месторождений, в формировании которых преобладающая роль принадлежит либо чисто инфильтрационным процессам, либо процессам метаморфизма пород, несущих повышенное по сравнению с кларком содержание радиоактивных элементов.

Для разведки этих месторождений применяется комбинированная горнобуровая система.

Колонковое бурение по сети $50—70 \times 30—40$ м линиями, ориентированными вкrest общему направлению рудных полос, дает возможность выяснить ширину и протяженность минерализованных зон, приблизительно оценить значение площадного коэффициента рудоносности и грубо оконтурить отдельные наиболее крупные линзы. Горные выработки — система штолен, штреков и восстающих — проходится с целью определения контуров отдельных рудных линз.

При нормальной плотности разведочной сети запасы этих месторождений не могут быть отнесены к категориям A_2 и B . Запасы категории C_1 выявляются главным образом горными выработками по сети $40—60 \times 40—60$ м. Иногда они учитываются также путем интерполяции между горными выработками и буровыми скважинами.

Разведка тонких жил

(пятая группа месторождений)

К этой группе относятся гидротермальные месторождения, сформировавшиеся путем выполнения трещин. Как правило, они характеризуются крайне неравномерным распределением металла. Обычно рудные скопления имеют форму плоских линз, локализованных в тонких трещинах разрыва и скалывания, оперяющих более мощные нарушения. Совокупность подобных линз образует иногда рудные столбы, склоняющиеся под различными углами к горизонту; такие столбы чередуются с безрудными или слабопродуктивными участками жильных трещин, причем отношение суммарной площади рудных линз к площади всей рудовмещающей трещины редко превышает 0,10 и равно обычно 0,04—0,03.

Разведка этих месторождений производится почти исключительно при помощи горных выработок. Так как месторождения в большинстве случаев представлены не одной жилой, а десятками и иногда сотнями параллельных жил, в системе горных работ важное значение приобретают квершлагги. Длину квершлаггов и оптимальное расстояние между ними определяют в каждом отдельном случае, исходя из средней протяженности рудных тел и установленных или предполагаемых границ распространения пород, литологически благоприятных для оруденения.

Подземная разведка отдельных жил, вскрытых квершлаггами, производится путем непрерывного прослеживания на каждом разведочно-эксплуатационном горизонте или путем полной нарезки блоков размерами от

30×40 до 40×50 м. Такие расстояния между оконтуривающими выработками по существующим стандартам горноподготовительных работ являются минимальными, но даже и они не могут обеспечить получения достаточно надежных данных о запасах и качестве руд в пределах отдельных эксплуатационных блоков.

Сопоставление подсчета запасов с результатами эксплуатации показывает, что фактические запасы металла по отдельным блокам в ряде случаев оказываются в несколько раз меньше или больше запасов, учтенных по данным разведки. Однако для совокупности блоков (10—12 блоков) в силу взаимной компенсации ошибок разного знака погрешность в определении запасов не выходит за пределы, допустимые для категории C_1 .

Группировка урановых месторождений по основным морфологическим признакам

Группа	Характеристика	Максимальные площади рудных тел	Коэффициент вариации (максимальный), %	Коэффициент рудоносности
1	Выдержанные пласты ураноносных осадочных пород с равномерным оруденением, фиксируемым непрерывно на больших площадях. Границы оруденения, как правило, совпадают с литологическими границами и устанавливаются визуально	Десятки квадратных километров	30	1
2	Крупные пластообразные залежи с неравномерным распределением металла, приуроченные к определенным стратиграфическим горизонтам. Границы оруденения устанавливаются только по результатам опробования или γ -измерений	Квадратные километры	100	1,0—0,8
3	Пластообразные, столбообразные и жиллообразные залежи, контролируемые складчатостями и разрывными деформациями. Границы оруденения устанавливаются только по результатам опробования или γ -измерений	Сотни тысяч квадратных метров	150	0,8—0,5
4	Линзообразные и гнездообразные залежи с резко неравномерным распределением металла. Литологический и структурный контроль, как правило, выражен нечетко. Границы оруденения устанавливаются только по результатам опробования или γ -измерений	Десятки тысяч квадратных метров	200	0,5—0,25
5	Тонкие жилы в трещинах разрыва и скалывания. Оруденение резко неравномерное, в виде мелких линз, совокупность которых иногда образует рудные столбы. Границы оруденения устанавливаются визуально	Десятки тысяч квадратных метров	200	0,25—0,02

В разведке описываемых месторождений существенную роль играют небольшие расщелины или длинные шпиги в стенках выработок. Необходимость их проходки и бурения вызывается обычно повышенной склонностью продуктивных трещин к ветвлению с концентрацией в рудных апофизах значительных запасов металла, иногда превышающих запасы по основной жиле.

Значение различных видов выработок зависит от положения рудных столбов. При крутом склонении последних оценка жил производится главным образом по данным, полученным в результате проходки штреков. В случае пологого склонения рудных столбов данные для оценки жил могут быть получены главным образом путем проходки вертикальных выработок, т. е. восстающих и геизенов.

Низкий коэффициент рудоносности и незначительная мощность рудных жил, нередко имеющих вид тонких тектонических швов, исключают возможность достоверной оценки запасов этих месторождений при помощи буровых скважин. В подобных условиях бурение применяется только для приближенного решения вопроса о возможной глубине промышленного оруденения.

Установлено, например, что при залегании рудных жил в гнейсово-сланцевой толще нижняя граница ураноносности часто совпадает с поверхностью гранитных массивов, подстилающих рудовмещающие породы. Топография этой поверхности может быть установлена при помощи бурения так называемых структурных скважин. Мелкое

бурение из горных выработок дает иногда значительный эффект как в процессе разведки, так и в процессе геологического обслуживания действующих рудников; оно успешно заменяет небольшие квершлагги при поисках параллельных жил, рудных апофиз и смещенных частей рудовмещающих трещин.

Заключение

Изложенная выше морфологическая характеристика известных в настоящее время месторождений урана может быть сведена воедино, как показано в таблице, следующим образом.

Месторождения первой группы разведываются бурением; месторождения второй, третьей и четвертой групп — комбинацией горных выработок и буровых скважин при различной плотности разведочной сети; месторождения пятой группы — только горными выработками.

Указанные в таблице группы месторождений урана отличаются друг от друга также и по условиям квалификации запасов. В процессе геологоразведочных работ запасы всех трех промышленных категорий (A_2 , B и C_1) могут быть выявлены только в месторождениях, относящихся к первой группе. На месторождениях второй и третьей групп запасы квалифицируются не выше, чем по категории B ; на месторождениях четвертой и пятой групп добыча должна базироваться главным образом на запасах категории C_1 .

Поступила в Редакцию 30/V 1959 г.

