



ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПРЯМЫМИ СПОСОБАМИ

Рассмотрена методика подсчёта прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов с выделением рудных тел прямыми способами, основанными на приёмах подсчёта запасов геологическими блоками. Приведены особенности применения этих способов в зависимости от категории прогнозных ресурсов (P_1 или P_2). Указаны основные ошибки количественной оценки прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов прямыми способами, выявленные при апробации.

Ключевые слова: прогнозные ресурсы, прямые способы оценки, локализация, оценочные параметры, содержание полезного компонента, рудное тело.

При определении количества прогнозных ресурсов допускается использование разнообразных способов и приёмов – от экспертных оценок до прямых расчётов. Их выбор зависит от уровня изученности соответствующих площадей и полноты исходной геологической информации. Методы обработки и анализа того или иного вида информации, ограничения применения способов подсчёта достаточно полно рассмотрены в различных изданиях [3–5, 7]. В настоящей статье рассмотрены наиболее предпочтительные прямые способы количественной оценки прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов.

Прогнозные ресурсы оцениваются прямыми способами в случае, если геологическая изученность объекта прогнозирования позволяет выделить рудные тела, которые могут быть: полностью представленными рудами, отвечающими требованиям оценочных параметров, или с прерывистым распределением руд с промышленными концентрациями полезного компонента, которое (распределение) учитывается применением коэффициента рудоносности. Прямые способы применяются для определения количества прогнозных ресурсов категории P_1 и P_2 по новым рудопроявлениям и рудным полям, а также на флангах и глубоких горизонтах месторождений и рудных тел за контурами запасов кат. C_2 .

Оценка производится [6] укрупнёнными блоками, соответствующими конкретным геометризованным рудным телам, последовательным определением их подсчётных параметров, а при невозможности геометризации тел статистически в обобщённом контуре сближенных рудных интервалов (минерализованной зоне, залежи, пласте, горизонте и т.д.) с использованием коэффициента рудоносности, как правило линейного. Коэффициент рудоносности по площади применяется в виде исключения, как правило, для прогнозных ресурсов кат. P_2 . Расположение, количество, расстояние между точками наблюдений, рациональное комплексирование различных видов работ, методы опробования и исследований, принципы экстраполяции данных определяются геолого-

Голенев Владимир Борисович

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник
golenev_vb@mail.ru

Куликов Данила Алексеевич

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий отделением
минерально-сырьевой базы
kulikov@tsnigri.ru

ФГБУ Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов,
г. Москва

промышленным типом, предполагаемой группой сложности геологического строения прогнозируемого месторождения (кат. P_1), категорией прогнозных ресурсов. Последняя обуславливает различие подходов к оценке прогнозных ресурсов прямыми способами.

Категория P_1 . В основе оценки – данные о количестве, размерах, условиях залегания рудных тел, содержании основного и попутных полезных компонентов, полученные в результате горных и буровых работ, различных видов опробования, лабораторного изучения и в меньшей степени геологических, геофизических, геохимических и других исследований и аналогии. Методика подсчёта прогнозных ресурсов по новым и известным рудным телам на флангах и глубоких горизонтах разведанных (разрабатываемых) месторождений различна.

По *новым рудным телам* прогнозные ресурсы кат. P_1 оцениваются следующими прямыми способами:

- геологическими блоками, в качестве которых выступают отдельные рудные тела, их сближенные группы при подсчёте с коэффициентом рудоносности или участки крупных тел, отвечающие требованиям к однородности распределения свойств полезного ископаемого (в основном по технологическим типам руд и способам разработки);
- горизонтальными или вертикальными разрезами.

Применение геостатистических методов при подсчёте прогнозных ресурсов возможно, но менее эффективно по сравнению с традиционными способами по следующим основным причинам:

- не обеспечивают достаточную достоверность оценки прогнозных ресурсов в условиях редких поисковых сетей (для двухмерного моделирования должно быть не менее нескольких десятков пересечений, для трёхмерного – не менее первых сотен проб при расстоянии между пересечениями не более двух радиусов корреляции экспериментальной вариограммы, иначе не достигается повышение точности оценки подсчётных параметров по сравнению с традиционными способами, и применение геостатистических методов теряет смысл);
- не обеспечивают достаточную достоверность оценки прогнозных ресурсов в условиях прерывистого распределения промышленных руд

(при традиционных способах используется коэффициент рудоносности) при любой плотности сети, а при коэффициенте рудоносности $<0,5$ получить достоверную оценку прогнозных ресурсов геостатистическими методами невозможно;

- плотность поисковой сети не позволяет выделить однородные подсчётные блоки по критериям, которые используются при подсчёте запасов геостатистическими методами;
- систематические ошибки подсчёта, возникающие из-за неоднозначности (многовариантности) и отсутствия критериев выбора и оценки структуры, параметров и качества экспериментальной вариограммы, размеров элементарных ячеек блочной модели, размеров и ориентировки осей поискового эллипсоида, количества проб, учитываемых при интерполяции исходных данных в элементарные ячейки модели и т. д., порождают неоднозначность выбора параметров, многовариантность геостатистического моделирования, различие результатов подсчёта прогнозных ресурсов в одном и том же контуре рудного тела по вариантам моделей в 1,5–2,0 раза и более;
- применение методов недостаточно детально регламентировано инструкциями, методическими руководствами и рекомендациями, что не обеспечивает воспроизводимость результатов подсчёта различными исполнителями и приводит к систематическим погрешностям оценки;
- необходимость сравнения в обязательном порядке результатов подсчёта с применением геостатистических методов и традиционными способами (не менее чем для 30% прогнозных ресурсов, подсчитанных с использованием геостатистических методов).

Способы оценки прогнозных ресурсов полностью соответствуют аналогичным способам подсчёта запасов месторождений цветных и благородных металлов. Выбираются и реализуются способы оценки прогнозных ресурсов так же, как и при подсчёте запасов. Реализация подсчёта прогнозных ресурсов на основе компьютерных технологий значительно облегчает все вычислительные операции и подготовку табличных и графических приложений.

Блоки прогнозных ресурсов кат. P_1 выделяются на новых рудопроявлениях, новых участках место-

рождений по результатам поисковых работ, проведённых:

- на поверхности канавами и на глубину отдельными скважинами. Расстояние между канавами составляет 20–120 м, а отдельные скважины пересекают рудное тело на глубине до 100–250 м в зависимости от геолого-промышленного типа и предполагаемой группы сложности геологического строения прогнозируемого месторождения. Все расстояния указаны в плоскости прогнозируемого рудного тела;
- на поверхности канавами, пройденными через 20–120 м в зависимости от геолого-промышленного типа, предполагаемой группы сложности геологического строения прогнозируемого месторождения;
- скважинами (при отсутствии выходов рудных тел на поверхность) по сети, плотность которой в 2–4 раза более редкая, чем обычно применяется для запасов кат. C_2 на месторождениях прогнозируемого геолого-промышленного типа. Например, сеть наблюдений (160–240)х(80–160) м с отдельными выработками до глубины 250 м для золоторудных штокерков 2–3-й групп сложности геологического строения, (100–200)х(200–400) м для золотоносной коры выветривания 2–3-й групп сложности на всю мощность коры, но не более 200 м.

Подземные горные выработки для оценки прогнозных ресурсов кат. P_1 на поисковой стадии по новым объектам, как правило, не применяются.

На месторождениях с запасами блоки прогнозных ресурсов кат. P_1 выделяются как подвеска к запасам кат. C_2 по известным рудным телам или самостоятельными блоками по новым рудным телам. В отличие от поисковых работ на новых объектах на месторождениях возможно применение подземных горных выработок. Плотность сети более редкая (в 2–4 раза), чем на том же месторождении для запасов кат. C_2 .

При построении блоков прогнозных ресурсов для подтверждения величины ограниченной и неограниченной экстраполяции обязательно учитываются и в большем объёме, чем для запасов кат. C_2 , результаты геологического картирования, геофизических и геохимических работ, геолого-структурных, минералогических и других исследований закономерностей локализации промышленных руд, бороздowego или штуфного опробования коренных выходов руд на поверхности (при нали-

чии таковых), наличие шлиховых ореолов полезного ископаемого и его элементов спутников и т. д.

Параметры прогнозных ресурсов кат. P_1 в геометризованном объёме (блоке) устанавливаются по результатам [6] геологической документации, опробования, геофизических и геохимических исследований руд в естественных обнажениях, горных выработках и скважинах с использованием методов, принципов, подходов и приёмов, применяемых при подсчёте запасов кат. C_2 месторождений того же геолого-промышленного типа. При этом учитывается более редкая и неравномерная сеть наблюдений с разрежением не более чем в 2–4 раза (2 – расстояние между пересечениями, 4 – площадь ячейки сети) в зависимости от предполагаемой сложности геологического строения прогнозируемого месторождения. Применение каких-либо повышающих или понижающих качество и количество прогнозных ресурсов коэффициентов (за исключением коэффициентов рудоносности и дайконосности) не рекомендуется.

Оценка прогнозных ресурсов кат. P_1 прямыми способами проводится в такой последовательности:

- создаётся компьютерная база данных (целесообразно применение компьютерных технологий – горно-геологических информационных систем и отдельных программ – для подсчёта прогнозных ресурсов, создания табличных и графических приложений);
- на картах, разрезах и планах отражается геологическое строение рудопроявления (месторождения) с выделением элементов, контролируемых размещением новых рудных тел с прогнозными ресурсами (и известных рудных тел с запасами);
- обосновываются оценочные параметры для локализации прогнозных ресурсов;
- обосновывается способ определения количества прогнозных ресурсов (геологическими блоками на соответствующей залегающей рудного тела проекции, горизонтальными или вертикальными разрезами, с применением геостатистических методов);
- оконтуриваются рудные интервалы по пересечениям, согласно принятым оценочным параметрам и методикам, применяемым при подсчёте запасов;
- принимается решение о проведении оценки прогнозных ресурсов геометризованными руд-

- ными телами или статистически в обобщённом контуре сближенных рудных интервалов с учётом линейного коэффициента рудоносности. Если рудные интервалы в поисковых выработках единичные или достаточно разобъединённые, увязываются между собой достаточно однозначно, то прогнозные ресурсы оцениваются геометризованными рудными телами. Если рудных интервалов много, они сближены, увязать их между пересечениями однозначно в рудные тела не удаётся, то прогнозные ресурсы оцениваются в обобщённом контуре, включающем сближенные рудные интервалы, с применением линейного коэффициента рудоносности, величина которого по рудному телу (блоку) не должна быть $<0,1$. Рудные интервалы в этом случае объединяются в пересечения с установлением границ рудного тела (обобщённого контура) по мощности по методике, применяемой при подсчёте запасов;
- в рудные тела увязываются рудные пересечения, определяются условия залегания, форма и размеры рудных тел;
 - на графических приложениях (вертикальная, горизонтальная или продольная проекции рудного тела, горизонтальные или вертикальные разрезы), согласно выбранному способу подсчёта прогнозных ресурсов, оценочным параметрам, точкам наблюдений, геологическим, геофизическим, геохимическим и другим данным, глубине подсчёта и методам экстраполяции, отстраиваются контуры блоков прогнозных ресурсов с учётом требований к их однородности и с соблюдением всех правил оконтурирования и экстраполяции (ограниченной и неограниченной) по падению и простиранию рудных тел;
 - по имеющимся данным опробования горных выработок, скважин и геологических наблюдений вычисляются среднее содержание основного полезного компонента и попутных компонентов (при наличии), средняя мощность рудного тела, объёмная масса, линейный коэффициент рудоносности (при необходимости) и другие необходимые для оценки количества прогнозных ресурсов параметры в соответствии с методиками, традиционно принятыми при подсчёте подходящим способом (геологическими блоками, разрезами или с применением геостатистических методов);
 - выявляется и анализируется возможное влияние «ураганных проб» на количество и качество прогнозных ресурсов основного и попутных компонентов. Предпочтение следует отдавать ограничению по способу Когана;
 - определяется количество прогнозных ресурсов по каждому блоку, рудному телу и суммарное по объекту, согласно общепринятым методикам, в зависимости от способа подсчёта геологическими блоками, разрезами или с применением геостатистических методов;
 - проверяется соответствие обоснованности прогнозных ресурсов кат. P_1 требованиям Классификации ... [2] и сложившейся практике прогнозной оценки.
- В комплексных рудах количество прогнозных ресурсов попутных компонентов оценивается в контурах прогнозных ресурсов основного полезного ископаемого кат. P_1 по той же методике.
- На флангах и глубоких горизонтах месторождений* прогнозные ресурсы кат. P_1 оцениваются за контурами запасов кат. C_2 известных рудных тел при наличии характерных геофизических и геохимических аномалий, геологических, структурно-тектонических, литолого-стратиграфических, магматических, петрологических, минералогических, палеогеографических и других признаков, подтверждающих вероятное присутствие промышленных руд. Параметры прогнозных ресурсов в этом случае устанавливаются на основании геологической экстраполяции результатов, полученных на тех же месторождениях и рудном теле при подсчёте запасов (по данным разведки или эксплуатации) с учётом всех известных геологических, геофизических, геохимических и других данных, морфологии рудных тел, минеральных и технологических типов руд, тенденций в изменении параметров количественной оценки на фланги и глубину, и находятся в прямой зависимости от:
- протяжённости по простиранию и глубины распространения промышленного оруденения на перспективном участке рудного тела;
 - подобию геологического строения перспективных флангов и глубоких горизонтов геологической обстановке нахождения балансовых запасов рудного тела или участка месторождения.
- Оценка прогнозных ресурсов кат. P_1 на флангах и глубоких горизонтах месторождений и рудных тел за пределами контуров запасов кат. C_2 по

аналогии осуществляется в следующей последовательности [3]:

- в контуре подсчитанных (эксплуатируемых) балансовых запасов анализируются данные о параметрах рудных тел и о всех возможных геологических факторах, обуславливающих особенности изменения этих параметров по латерали и вертикали, определяются минерало-геохимическая, метасоматическая и другие необходимые и возможные типы зональности и её влияние на параметры рудных тел, глубина эрозионного среза месторождения и рудного тела, оценивается характер отражения промышленных руд в различных геофизических и геохимических полях;
- анализируются геологическое строение и структура месторождения (участка), составляются схемы геофизических и геохимических полей, распределения минеральных ассоциаций, отдельных минералов, метасоматитов, выделяются зоны (участки, горизонты, пачки, пласты и т. д.), в различной степени благоприятные для локализации рудных тел, производится дифференциация зон (участков и т. д.) по качеству (уровню содержания основного и попутных компонентов и вредных примесей при их наличии), минеральным и технологическим типам руд, морфологии и условиям залегания рудных тел;
- определяется возможная суммарная протяжённость предполагаемых рудных тел (по разведочным, геологическим, геофизическим, геохимическим и другим данным) с учётом различия их по морфологии, условиям залегания, качеству руд и содержанию полезного компонента;
- рассчитываются по параметрам балансовых запасов средние показатели (содержание полезного компонента, мощность, объёмная масса и т. д.) на единицу длины и 1 м глубины рудных тел различных по морфологии, условиям залегания, качеству руд и содержанию полезного компонента;
- корректируются полученные средние показатели (уменьшаются или, реже, увеличиваются) с учётом подобия геологических обстановок нахождения и наличия фактических пересечений по участкам подсчёта прогнозных ресурсов на флангах и глубоких горизонтах месторождения или рудного тела;
- экстраполируются средние показатели на возможную суммарную длину предполагаемых рудных тел, подсчитывается общее количество полезного компонента на 1 м глубины с учётом технологических типов руд, морфологии и условий залегания прогнозируемых рудных тел;
- определяется возможная глубина распространения промышленных руд с учётом их рудно-формационного и геолого-промышленного типов, аналогии с более детально изученными месторождениями тех же рудно-формационного и геолого-промышленного типов, вертикальной зональности распределения признаков промышленного оруденения, уровня эрозионного среза, структурно-поисковых скважин, геолого-структурных, геофизических, геохимических и других методов исследований;
- подсчитываются прогнозные ресурсы полезного компонента на флангах и глубоких горизонтах месторождения (рудного тела) исходя из их количества на 1 м глубины по суммарной протяжённости предполагаемых рудных тел и принятой возможной глубины распространения промышленных руд.
Количество и содержание основного и попутных компонентов (для комплексных руд) являются главными критериями оценки промышленного значения прогнозных ресурсов кат. P_1 , оценённых на флангах и глубине. Эти показатели для кондиционных прогнозных ресурсов не должны быть хуже тех, которые имеют балансовые запасы кат. C_2 того же месторождения. Промышленные концентрации полезного компонента в контурах прогнозных ресурсов должны быть подтверждены отдельными пересечениями в горных выработках и (или) скважинах.

Категория P_2 . В основе оценки – данные о количестве, размерах, условиях залегания рудных тел, содержании основного и попутных полезных компонентов, полученные в результате геологических, геофизических, геохимических и других исследований, штучного опробования естественных обнажений и аналогии, подтверждённые ограниченными объёмами горных и буровых работ. При этом количественная оценка прогнозных ресурсов кат. P_2 прямыми способами основывается на критериях и признаках, сходных с используемыми для оценки прогнозных ресурсов кат. P_1 . Основное их отличие заключается в степени достовер-

ности, определяемой различными представительностью и объёмом исходной информации в связи с более ранними стадиями геологоразведочных работ, меньшими поисковой изученностью и объёмами горно-буровых работ.

Прямые способы применяются при целевых поисковых работах м-ба 1:10 000 (1:25 000) и реже при проведении прогнозно-поисковых, геологосъёмочных и поисковых работ м-ба 1:50 000.

В основе количественной оценки прогнозных ресурсов кат. P_2 лежат представления о форме, размерах, условиях залегания, геологическом строении рудных тел, минеральном и элементном составе, качестве и возможных технологических свойствах руд, полученных по комплексу прямых и косвенных признаков, по данным опробования, а также по аналогии с известными месторождениями того же геолого-промышленного и рудно-формационного типов. Обязательным условием является привязка прогнозных ресурсов к конкретным рудным телам.

Блоки прогнозных ресурсов кат. P_2 укрупнённые, представляют рудное тело целиком и выделяются по результатам поисковых работ, включающих проходку магистральных канав (шурфов) на поверхности, бурение отдельных структурно-поисковых скважин на глубине, геологические, геофизические, геохимические и другие методы поисков. При оконтуривании прогнозных ресурсов учитываются все возможные прямые и косвенные критерии и признаки, указывающие на наличие оруденения, по свойствам отвечающего принятым оценочным параметрам.

Не допускается локализация прогнозных ресурсов кат. P_2 как подвеска по падению и простиранию рудного тела к прогнозным ресурсам кат. P_1 . Если имеются объективные геолого-структурные, геофизические, геохимические, минералогические и другие предпосылки и признаки, прямо или косвенно указывающие на возможное наличие оруденения в подвеске, то такая подвеска должна быть включена в контур прогнозных ресурсов кат. P_1 с соблюдением правил неограниченной экстраполяции. Если же предпосылки и признаки оруденения в подвеске отсутствуют, то нет оснований и для локализации прогнозных ресурсов кат. P_2 .

Количество прогнозных ресурсов кат. P_2 устанавливается по результатам буровых и горных работ, геологических, геофизических, геохимических и других видов исследований, рядового опробо-

вания с учётом способа и предельно допустимой глубины разработки прогнозируемого месторождения определённых геолого-промышленного и рудно-формационного типов. Широко применяется коэффициент рудоносности линейный и (или) в меньшей степени по площади в связи с ограничением возможности геометризации рудных тел со сплошными кондиционными рудами по редкой поисковой сети.

Оценка количества прогнозных ресурсов кат. P_2 проводится в такой последовательности:

- на картах, разрезах и планах отражается геологическое строение рудного поля (рудопроявления) с выделением геолого-структурных элементов, контролирующих размещение рудных тел;
- обосновываются оценочные параметры для локализации прогнозных ресурсов;
- оконтуриваются рудные интервалы в пересечениях (канавах, естественных обнажениях, скважинах) по методике, применяемой при подсчёте запасов;
- по результатам оконтуривания рудных интервалов принимается решение – проводить оценку прогнозных ресурсов геометризованными рудными телами или с применением коэффициента рудоносности в обобщённом геологическом или условном контуре сближенных рудных интервалов. Границы оценки прогнозных ресурсов по мощности рудных тел выделяются по той же методике, которая использовалась для кат. P_1 и запасов;
- увязываются рудные интервалы (пересечения) в рудные тела и определяются границы оценки прогнозных ресурсов по простиранию и падению с применением экстраполяции (как правило, неограниченной);
- количество прогнозных ресурсов благородных металлов (P , кг) определяется по формуле:

$$P=(L \cdot H \cdot M \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{пл}} \cdot d \cdot C \cdot K) / 1000, \quad (1)$$

где L – средняя протяжённость рудного тела по простиранию, м; H – средняя протяжённость рудного тела по падению, м; M – средняя мощность рудного тела, м; $K_{\text{пл}}$ – линейный коэффициент рудоносности; $K_{\text{пл}}$ – коэффициент рудоносности по площади; d – объёмная масса сухой руды, т/м³; C – среднее содержание полезного компонента, г/т; K – коэффициент надёжности прогноза;

- количество прогнозных ресурсов цветных металлов (P, τ) определяется по формуле:

$$P=(L \cdot H \cdot M \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot d \cdot C \cdot K) / 100, \quad (2)$$

где C – среднее содержание полезного компонента, %;

- рассматривается соответствие обоснованности прогнозных ресурсов кат. P_2 требованиям Классификации ... [2] и сложившейся практике прогнозной оценки.

Ниже приведены рекомендации по определению параметров для количественной оценки прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов кат. P_2 .

Протяжённость рудного тела по простиранию устанавливается графически на плане поверхности или соответствующего горизонта. Контур рудного тела в плане отстраивается согласно правилам экстраполяции. При различной длине рудного тела по простиранию на разных горизонтах протяжённость рассчитывается как средняя арифметическая величина исходя из количества горизонтов.

Протяжённость рудного тела по падению определяется графически: для пологих рудных тел на плане, для наклонных на разрезах в плоскости рудного тела или на продольной проекции, для крутопадающих на разрезах по вертикали или на вертикальной проекции. Контур рудного тела по падению отстраивается на разрезах или на проекции рудного тела по правилам экстраполяции. При различной длине рудного тела по падению на разрезах принимается средняя арифметическая её величина с учётом всех разрезов.

Средняя мощность рудного тела в контуре оценки прогнозных ресурсов определяется в соответствии с методикой, применяемой при подсчёте запасов геологическими блоками. При этом вводятся все необходимые поправки для приведения наблюденной мощности к горизонтальной (тела крутого падения), истинной (наклонные тела) или вертикальной (субгоризонтальные, пологие тела). Мощность рудного тела в отдельном пересечении устанавливается по результатам геологической документации и рядового бороздowego (канавы, естественные обнажения) и кернового (скважины) опробования в полном соответствии с принятыми оценочными параметрами, методикой оконтуривания рудных интервалов в пересечениях. Для рудных тел изометрической формы и с близкими размерами по трём направлениям вместо мощности

используется ширина рудного тела, которая определяется по результатам оконтуривания рудных интервалов в канавах, естественных обнажениях с учётом при необходимости: контуров геофизических, геохимических аномалий, связанных с рудным телом; результатов геологического картирования с прослеживанием коренных выходов рудного тела и гидротермально изменённых вмещающих пород с прямыми и косвенными признаками оруденения до их выклинивания естественного или в связи с геолого-структурными элементами строения рудного поля (рудопроявления); наличия шлиховых ореолов в рыхлых отложениях и протолочках из коренных пород; результатов отбора штучных и бороздowych проб в естественных обнажениях и т. д.

Линейный коэффициент рудоносности определяется как отношение суммы длины рудных интервалов в пересечениях (естественные обнажения, канавы, скважины) по мощности к сумме длины рудного тела по тем же пересечениям. Если оценка проводится без линейного коэффициента рудоносности, то его величина в формулах (1 и 2) принимается равной 1. Минимальная величина линейного коэффициента рудоносности по рудному телу (блоку) не должна быть $<0,1$.

Коэффициент рудоносности по площади определяется как отношение числа пересечений с параметрами, отвечающими требованиям оценочных параметров (минимальное содержание в оконтуривающей выработке, а при отсутствии этого параметра – минимальное содержание по объекту, минимальная мощность рудного тела или соответствующий метрограмм (метропроцент (произведение минимальной мощности рудного тела на минимальное содержание в оконтуривающей выработке или на минимальное содержание по объекту)), к общему количеству пересечений в контуре прогнозных ресурсов кат. P_2 . Если оценка проводится без коэффициента рудоносности по площади, то его величина в формулах (1 и 2) принимается равной 1. Минимальный коэффициент рудоносности по площади рудного тела (блока) не должен быть $<0,5$.

Объёмная масса сухой руды принимается по аналогии с рудами тех же рудно-формационного и геолого-промышленного типов на известных месторождениях или реже по результатам лабораторного определения в образцах. Порядок расчётов объёмной массы такой же, как и при подсчёте

запасов геологическими блоками. Не допускается использование вместо объёмной массы плотности руд.

Среднее содержание полезного компонента в контуре прогнозных ресурсов определяется в соответствии с методиками, применяемыми при подсчёте запасов геологическими блоками. Данные штучного опробования используются только при отсутствии бороздовых или керновых проб. В этом случае содержание в порядке исключения может быть также принято равным минимальному содержанию по объекту прогноза согласно оценочным параметрам. Штуфы должны быть отобраны из коренных пород, а не из развалов, смещённых по склону неизвестно откуда. На рудных полях с промышленными месторождениями среднее содержание для прогнозных ресурсов может быть принято по аналогии с содержанием в разведанных или эксплуатируемых подобных рудных телах или равным минимальному промышленному содержанию в блоке по разведочным кондициям. Содержание по отдельным пересечениям оценивается по данным рядового бороздового опробования редких канав и естественных обнажений рудного тела, кернового опробования скважин. Выделение рудных интервалов по пересечениям производится в соответствии с принятыми оценочными параметрами и методикой оконтуривания, применяемой при подсчёте запасов.

Коэффициент надёжности прогноза принимается экспертно для новых слабо изученных рудных полей с единичными пересечениями рудных тел горными выработками и скважинами, а также для новых рудных полей, выделенных на площади слабо изученных на оцениваемый полезный компонент рудных узлов и районов без рудных месторождений. Его величина, как правило, равна 0,5.

В комплексных рудах оценка прогнозных ресурсов попутных компонентов проводится в контурах оценки прогнозных ресурсов основного компонента кат. P_2 по тем же формулам (1 и 2), но в которых вместо среднего содержания основного компонента – среднее содержание попутного компонента.

При апробации прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов довольно часто выявляются следующие недостатки их количественной оценки [1] прямыми способами.

1. Игнорирование требований к качеству геологоразведочных работ:

- не учитываются систематические ошибки определения (обычно в сторону завышения) содержания полезного компонента при аналитических работах, обнаруженные внешним геологическим контролем;
- необоснованно вводятся повышающие содержание полезного компонента коэффициенты без проведения соответствующих исследований (на аналитические работы без арбитражного контроля, на наличие крупного золота, возможно, не попадающего в аналитические навески, выведенные по результатам методически некорректных опытных работ, без учёта гнездового неравномерного характера распределения металла в рудах) и внесения изменений в методику аналитических работ или в схему обработки проб, которые полностью устраняют причины возникновения ошибок при определении содержания полезного компонента, и в связи с чем необходимость введения коэффициентов отпадает;
- необоснованно используются скважины, некондиционные по углу встречи с рудным телом и выходу керна, но с высоким содержанием полезного компонента, которым при выводе подсчётных параметров придаётся большее значение, чем горным выработкам;
- при определении содержания полезного компонента количественным методом неправомерно используются данные менее точного полуколичественного метода, если последний показывает более высокое содержание;
- оценка некорректно проводится по штучному опробованию развалов горных пород, смещённых по склону, если оно показывает более высокое содержание полезного компонента, чем полученное при выполнении по объекту горно-буровых работ;
- при наличии нескольких линий опробования для оценки необоснованно используются данные только линии с более высокими параметрами рудного тела, даже если её положение не отвечает особенностям геологического строения объекта, например отобрана по простиранию рудного тела по обогащённому прослою и не вскрывает рудное тело на полную мощность.

2. Применение приёмов расчётов, завышающих содержание и количество прогнозных ресурсов полезного компонента:

- не учитывается неравномерность сети поисковых пересечений;
- для одной пробы лабораторией выполняется до четырёх определений содержания полезного компонента, но при оценке учитывается не среднее, а максимальное значение из всех определений;
- выборочное использование пересечений с высокими содержанием полезного компонента, мощностью рудного тела и полное игнорирование пересечений с низкими подсчётными параметрами;
- завышение коэффициентов рудоносности, надёжности прогноза, приведение содержания попутных компонентов в комплексных рудах к условному содержанию основного полезного компонента;
- использование при подсчёте прогнозных ресурсов вместо объёмной массы плотности руд, последний показатель на 10–30% выше значения объёмной массы.

3. Неполный учёт всех полезных компонентов комплексных руд через приведение их содержания к содержанию условного основного полезного компонента. Нередко без учёта всего комплекса полезных ископаемых геолого-экономическая оценка по укрупнённым показателям показывает, что объект не имеет перспектив для промышленного освоения.

4. Для комплексных руд подсчитываются прогнозные ресурсы условного компонента. Например, на апробацию представляются прогнозные ресурсы условного золота, вычисленные с учётом наличия в рудах золота, серебра, меди, свинца и цинка. Правильнее оценить отдельно прогнозные ресурсы золота, серебра, меди, свинца и цинка, а не условного золота.

5. На месторождениях с запасами при оценке прогнозных ресурсов на флангах и глубоких горизонтах не учитываются закономерности измене-

ния подсчётных параметров с глубиной и по простиранию. Как правило, значения параметров в этих направлениях снижаются.

6. Использование результатов ГРП предшествующих стадий (15–20 лет тому назад и более) без корректировки рудных интервалов в соответствии с новыми оценочными параметрами. Это приводит к завышению содержания полезного компонента и снижению мощности рудных интервалов, поскольку на предыдущих стадиях учитывалось, как правило, более высокое бортовое содержание.

7. В качестве рудных тел представляются, по сути, минерализованные зоны и перспективные площади с крайне низкими коэффициентами рудоносности ($0,0n-0,00n$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *К итогам апробации состояния ресурсного потенциала алмазов, благородных и цветных металлов на 2016 г. по результатам поисковых работ* / В.Б.Голенев, Ю.В.Ермакова, О.М.Конкина и др. // Руды и металлы. 2017. № 2. С. 7–16.
2. *Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых*. Утверждена приказом МПР РФ от 11.12.2006 г. № 278.
3. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых*. Вып. I–XV, 1986. Вып. I–V, 1989. – М.: ВИЭМС, ВИМС, ВНИИгеолнеруд, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ЦНИГРИ, 1989.
4. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых*. Вып. VI (Дополнение). – М.: Роскомнедра, ЦНИГРИ, 1992.
5. *Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов*. Методическое руководство. Изд. 3-е. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
6. *Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых* / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2010.
7. *Российский металлогенический словарь* / Гл. ред. А.И.Кривцов. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2003.

INFERRED RESOURCE ESTIMATION BY DIRECT METHODS

V.B.Golenev, D.A.Kulikov (FSBI Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

Base and precious metal inferred resource estimation technique revealing orebodies by direct methods based on reserve estimation by geological blocks is discussed. Features of direct methods use depending on inferred resource category (indicated or potential) are presented. Major errors in estimating base and precious metal inferred resources by direct methods found in approval are reviewed.

Keywords: inferred resources, direct estimation methods, localization, estimation parameters, mineral content, orebody.