Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXП, вып. 2, 1977 г.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЙ ФОРМАЦИИ

Б.Б.ЕВАНГУЛОВ,
С.В.СЕНДЕК

Исследования, проведенные авторами в течение 1973–1975 гг. на золоторудных месторождениях золото-серебряной формации, позволяют сделать определенные выводы и предложить конкретные рекомендации по комплексированию и рациональной последовательности проведения геологоразведочных работ на различных стадиях разведки месторождений, относящихся к этой структурно-генетической группе.

Месторождения, на опыте разведки которых разрабатывались рациональные комплексы разведочных работ, существенно отличны одно от другого по многим характерным признакам. Вместе с тем они обладают и многими сходными чертами, что позволило объединить их в рамках единой золото-серебряной формации.

Прежде всего следует остановиться на тех общих для всех месторождений характерных чертах, которые позволили подойти к изучению месторождений с „единой мерой и весом".

1. Все изученные месторождения характеризуются значительными колебаниями в минеральном составе руд, числовых значениях золото-серебряного отношения, структурной позиции рудных тел в пределах рудных полей и другими отличительными признаками. Вместе с тем общий объединяющий признак, на основе которого возможна типизация этих объектов, – это структурно-генетические особенности развития рудных тел, выражающиеся в специфике их морфологического сложения и характере распределения оруденения.

2. Месторождения представлены рудными телами трех основных типов.

А. Простые плитообразные жилы, в свою очередь подразделяющиеся на две группы.

Первая группа – небольшие жильные тела в сколовых трещинах, оперяющих более крупные разрывы, или отдельные короткие (десятки и первые сотни метров) жилы в трещинах сколового типа. Для этих рудных тел характерно фрагментарное оруденение, представленное отдельными стадиями рудного процесса. Распределение оруденения крайне неравномерное и изменчивое. Коэффициенты вариации содержания металлов – от 80 до 250. Обогащенные участки малы по размерам: не превышают площади в несколько сотен квадратных метров.

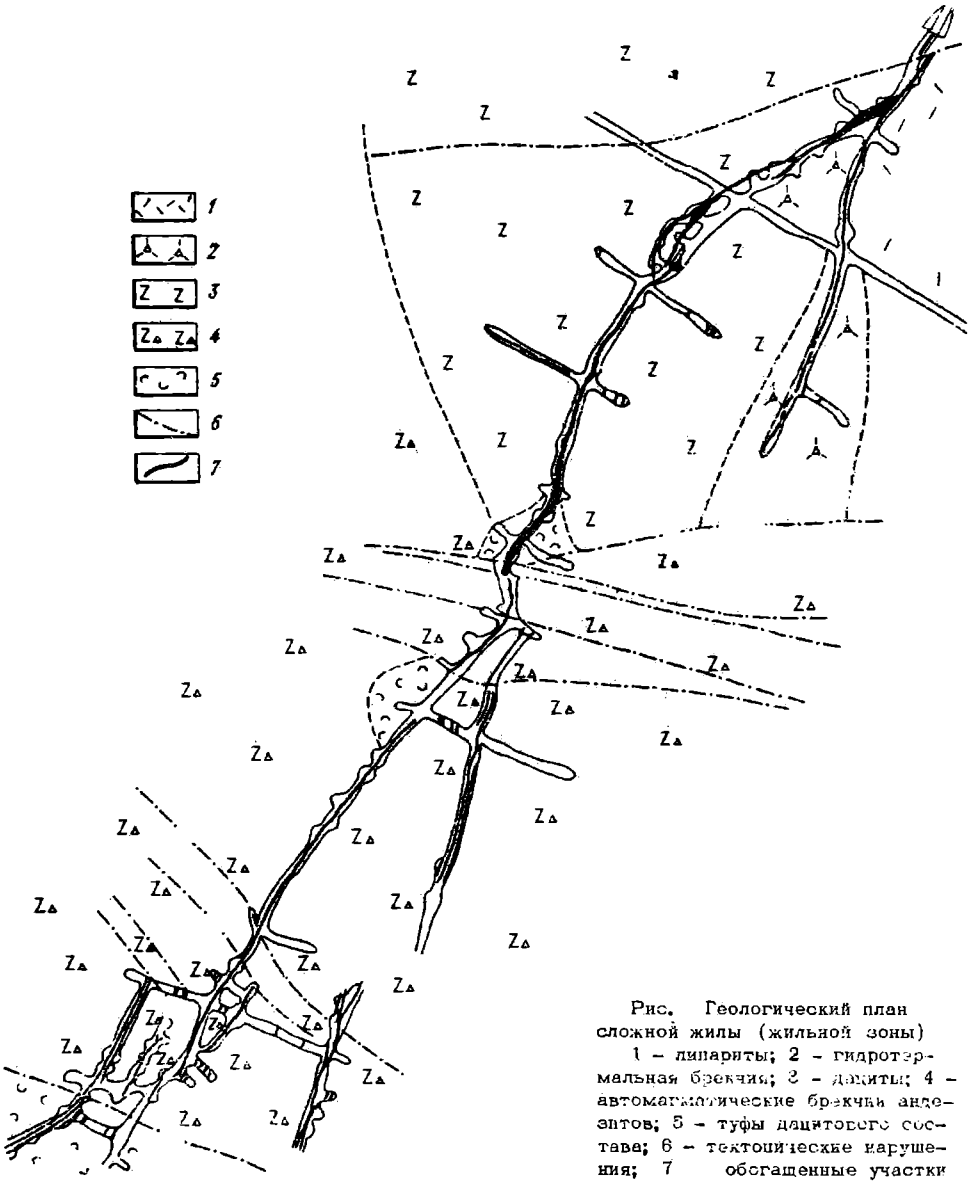


Рис. Геологический план сложной жилы (жильной зоны)
1 – липариты; 2 – гидротермальная брекчия; 3 – дациты; 4 – автомагматические брекчии андезитов; 5 – туфы дацитового состава; 6 – тектонические нарушения; 7 обогащенные участки

Вторая группа – крупные, от сотен метров до 1–1,5 км по простиранию жилы, приуроченные к долгоживущим разрывам сколового типа. В этих жилах отчетливо проявлена многостадийность оруденения. Распределение золота и серебра невыдержанное. Коэффициенты вариации содержания металлов несколько ниже, чем в жилах первой группы (от 90 до 170), размеры обогащенных участков имеют площади от сотен до тысяч квадратных метров. Морфология рудных тел типа А достаточно проста и не нуждается в специальной иллюстрации.

Б. Жильные зоны или сложные жилы. К ним относятся тела, представленные преимущественно образованиями метасоматической природы сложной конфигурации. Залегают они в пределах интенсивно гидротермально переработанных пород и приурочены к сложным по генезису разрывам, у которых фиксируется изменение типа и планов деформаций во времени (сколы, отрывные трещины с брекчированием пород). Жильные зоны или сложные жилы имеют протяженность от первых сотен метров до нескольких километров. Для рудных тел характерен многостадийный характер оруденения. Распределение металлов в рудах, по сравнению с простыми жилами, относительно равномерное (для низких и убогих содержаний). В целом все же наблюдаются высокие значения коэффициентов вариации содержания золота и серебра, хотя эти значения несколько более стабилизированы (от 100 до 150). Обусловливается это тем, что рудные столбы по площади имеют большие размеры (от сотен до тысяч квадратных метров) и обладают зачастую значительной мощностью (рис. 1 и 2).

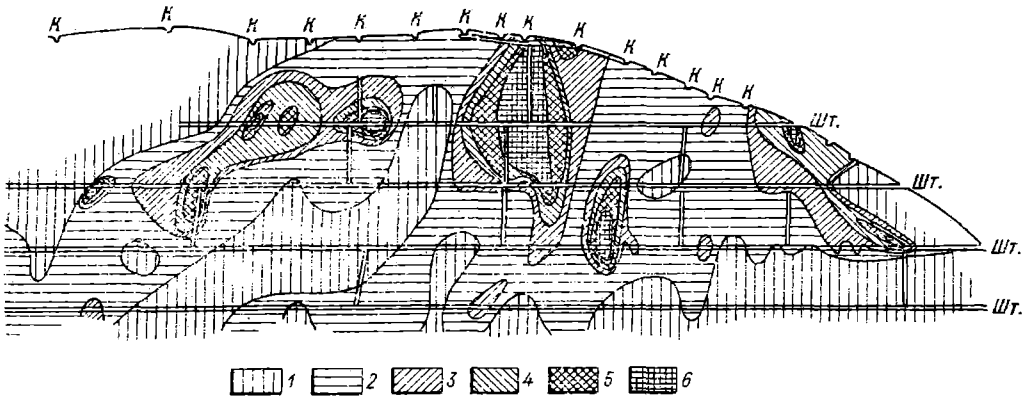


Рис.2. Проекция сложной жилы (жильной зоны) на вертикальную плоскость
1-6 – содержание полезного компонента в порядке увеличения

Жильные зоны или сложные жилы не имеют четких границ рудного тела и промышленный контур выделяется, как правило, по данным опробования с учетом первичной геологической документации.

В. Минерализованные зоны дробления и смятия глубокого заложения. Становление и развитие этих зон фактически определяет весь ход формирования месторождения в целом. Это наиболее крупные рудные тела, размеры которых составляют (по простиранию) от нескольких сотен метров до километров. Для них свойствен многостадийный характер оруденения с интраминерализационными внедрениями вулканических эксплозий, брекчированием, рассланцеванием и гидротермальной переработкой пород.

Распределение оруденения для рядовых и низких содержаний металлов относительно равномерное. На этом фоне наблюдаются крупные рудные столбы, иногда имеющие площадь в несколько тысяч квадратных метров и значительную мощность. Промышленный контур рудного тела, как и в сложных жилах, определяется по данным опробования с использованием материалов первичной геологической документации (рис.3 и 4).

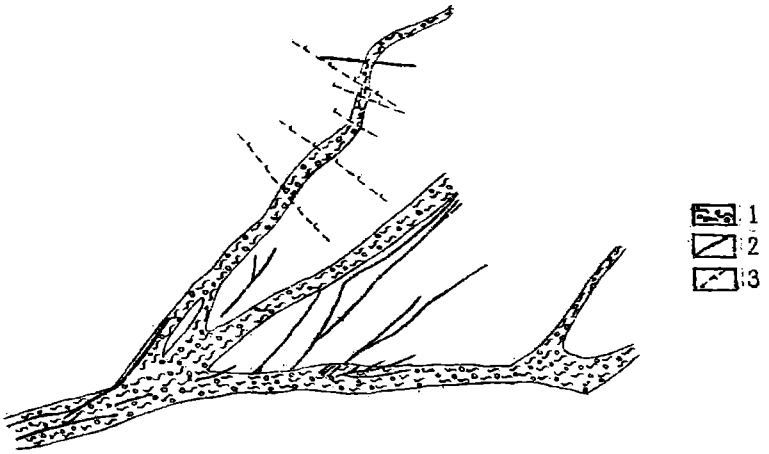


Рис.3. Геологический план минерализованной зоны дробления
1 – зоны брекчирования и интенсивного окварцевания; 2 – жилы различного состава; 3 – дайки базальтов

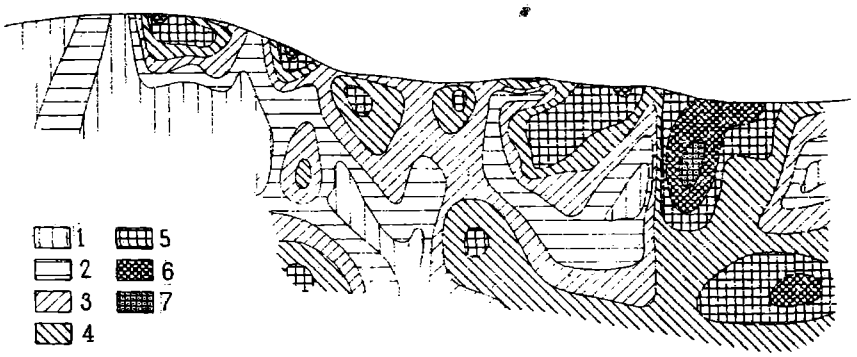


Рис.4. Проекция минерализованной зоны дробления на вертикальную плоскость
1-7 концентрация запасов в порядке увеличения

3. Степени изменчивости содержания ведущих полезных компонентов (золота и серебра) весьма близки. Коэффициенты вариации содержания почти для всех объектов колеблются в пределах 80–100 для полных разведочных пересечений и 80–250 для отдельных проб.

4. Для месторождений характерно наличие рудных тел-лидеров, в которых, как правило, концентрируется главная масса запасов полезных компонентов (рис.5, где на оси ординат отложены доли от суммарных запасов месторождения, содержащихся в каждом рудном теле – в процентах; на оси ординат выне-

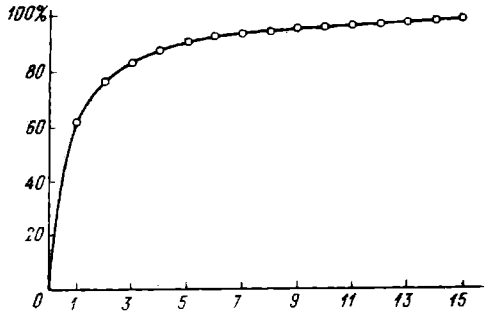


Рис.5. Кривая концентрации запасов в рудных телах месторождения

сены все рудные тела месторождения в порядке уменьшения запасов).

5. Отмечается ряд рудоконтролирующих факторов, из которых к важнейшим в пределах рудного поля относятся структурный и литологический. Это обусловливает гнездовый и столбовой характер оруденения.

6. Характерной чертой месторождений является четкая корреляционная зависимость между содержанием золота и серебра в рудах и почти полное отсутствие корреляционных связей между содержанием полезных компонентов, мощностью и элементами залегания рудных тел.

7. На всех месторождениях наблюдается закономерное значительное обогащение руд в приповерхностных частях рудных тел: резкое снижение содержания золота серебра на первых метрах ниже дневной поверхности и значительно более плавное, но все же закономерное обеднение руд на больших глубинах.

8. Все известные месторождения имеют уже установленную разведочными работами глубину промышленного оруденения, измеряемую в 200–300 м и более по падению рудных тел.

9. Руды месторождений отличаются комплексным характером. Главные полезные компоненты – золото и серебро. В различных месторождениях золото-серебряное отношение изменяется в чрезвычайно широких пределах. Среди сопутствующих полезных компонентов, которые могут иметь промышленное значение, следует назвать свинец, цинк, медь, редкие и рассеянные элементы, кварц и керамическое сырье.

Геолого-математическая обработка материалов по разведке описываемых месторождений проводилась различными методами с применением электронно-вычислительных машин. Результаты проведенных работ приводят к выводу: для получения достоверных данных о содержании полезных компонентов в рудах, о мощностях и о других важнейших параметрах рудных тел подобных месторождений с ошибкой, не превышающей 20–25%, необходимо по каждому разведываемому объекту иметь определенное количество полных разведочных пересечений, равномерно распределенных по площади исследуемого объекта. Это количество колеблется от 20–25 для мощных оруденелых зон дробления до 80–90 для простых плитообразных жил и жильных зон. Полученный вывод чрезвычайно важен. Он является узловым для выбора необходимой и достаточной плотности разведочной сети при разведке конкретных объектов. Необходимость иметь определенное количество полных разведочных пересечений рудного тела обусловливает различную плотность сети в зависимости от размеров разведываемого объекта и стадии разведки. Это, в свою очередь, предопределяет возможность применения различных технических средств разведки, т.е. горных выработок или буровых скважин на конкретных объектах и на определенной стадии работ.

Геолого-экономические расчеты, проведенные для всех исследуемых месторождений, свидетельствуют, что на стадии предварительной разведки, когда требуется получить общие усредненные данные о рудном теле в целом, ведущим техническим средством разведки в ряде случаев могут быть буровые скважины в сочетании с поверхностными горными выработками и небольшим объемом подземных горных работ.

На стадии детальной разведки, когда необходимо получить данные о каждом блоке подсчета запасов, применение буровых скважин резко ограничивается, так как при этих условиях плотность сети должна достигать размеров 20х20 или 20х30 м, что технически трудно выполнить и, как показывают элементарные расчеты, экономически совершенно нецелесообразно. На этой стадии работ буровые скважины могут применяться только для разведки глубоких горизонтов, недостижимых для подземных горно-разведочных работ, а также для бурения на промежуточных горизонтах с целью более точной увязки рудных тел. Конечно, в каждом случае разведочные комплексы должны обосновываться не только геологическими требованиями, но и экономическим расчетом.

Приведенные выводы о необходимом количестве разведочных пересечений хорошо согласуются с результатами подобных же исследований, проведенных авторами на других месторождениях золота, а также и на оловорудных месторождениях.

В соответствии с данными исследований и сделанными выводами, а также руководствуясь экономическими расчетами, можно дать некоторые рекомендации по комплексированию разведочных работ при разведке золото-серебряных месторождений и очередности их проведения.

I. Исходя из установленной закономерности о наличии почти во всех месторождениях рудных тел-лидеров, в первую подстадию предварительной разведки рекомендуется как можно более широко осветить перспективную площадь (рудное поле) поверхностными горно-разведочными выработками. При густой сети рудных тел это, как правило, должна быть сеть магистральных канав в сочетании с короткими канавами прослеживания и детализации. Если же месторождение представлено рудами далеко друг от друга расположенными телами, то основу разведочной сети должны составлять короткие канавы, задаваемые на предварительно выявленных геофизическими работами аномалиях, в сочетании с отдельными магистральными канавами. Таким образом обычно удается наиболее экономичными средствами выявить рудные тела-лидеры, содержащие основную массу запасов и сконцентрировать на них основное внимание при проведении разведочных работ.

2. Предварительная разведка коренных месторождений золото-серебряной формации и прежде всего выявленных рудных тел-лидеров должна проводиться в основном комплексом поверхностных горных выработок и буровых скважин при широком использовании геофизических методов и весьма ограниченном объеме проходки тяжелых подземных горных выработок. Плотность разведочной сети в эту стадию разведки определяется, во-первых, требованиями достоверной увязки разведуемых рудных тел и, во-вторых, необходимостью иметь по каждому разведуемому рудному телу определенное количество полных разведочных пересечений. Это количество равно 25-30 пересечениям для мощных оруденелых зон

работ. Более того, постоянные повороты выработок зачастую сбивают с толку и геологов-документаторов, что приводит к потере рудного тела и необходимости проходки дополнительных поисковых выработок.

В связи с этим рекомендуется проходить горные выработки прослеживания исходя из генерализованного простирания рудного тела, не стремясь уследить за всеми его (иногда совсем незначительными) изгибами. В случае выхода рудного тела за пределы забоя разведочной выработки, оно должно быть подсечено рассечками через минимальные интервалы. Особо стоит вопрос о прослеживании мощных рудных тел, не умещающихся в габариты подземной выработки. В этом случае расчет средних данных по рудному телу и подсчет запасов производится, как известно, по данным систематически проходимых рассечек. Однако инструкция ГКЗ требует обязательного спробования и самой штрековой выработки. По-видимому, для проверки сплошности выделенного по рассечкам контура подсчета запасов более целесообразно проходить выборочные контрольные штрековые выработки на наиболее сложных участках подсчетного контура. Такая методика дает большую уверенность в правильности проведения контура рудного тела, чем опробование самого штрека. По рекомендации авторов она была проверена на одном из крупных золоторудных месторождений типа минерализованных зон дробления и дала очень хорошие результаты.

Еще в 1972 г. авторы впервые указали на возможность и необходимость выделения на ряде месторождений золото-серебряной формации мощных оруденелых зон дробления и смятия пород. Тогда же была подчеркнута определяющая роль этих рудных зон в общем балансе запасов многих месторождений. Это предположение полностью подтверждено разведочными работами на одном из исследуемых месторождений. Поэтому следует отдельно остановиться на рекомендациях по методике разведки подобных рудных тел.

Мощные оруденелые зоны дробления, подобные описанным, характеризуются значительно меньшей степенью изменчивости, что отражается и в значении коэффициента вариации. Объясняется это тем, что в одно полное разведочное пересечение входит большое количество бороздовых проб и, таким образом, данные по сечению являются уже усредненными. Расчет необходимого количества разведочных пересечений для таких рудных тел, проведенный способом разрежения, подтверждает эти выводы и показывает, что для уверенного подсчета средних данных по подобным рудным зонам достаточно иметь 25 пересечений. Поэтому для разведки оруденелых зон на стадии предварительной разведки можно рекомендовать проходку штреков по простиранию (через 100 м по вертикали), рассечек вкрест простирания (через 80 м) и отдельных восстающих с рассечками через 20–40 м. На стадии детальной разведки высота этажа остается равной 100 м. Рассечки по простиранию сгущаются до 20–40 м. Восстающие с рассечками следует проходить через 200 м по простиранию. Для проверки контуров подсчета запасов, построенных по данным рассечек, следует проходить в пределах контуров контрольные штреки с частыми рассечками для проверки сплошности оруденения.

Для удобства пользования рекомендуемыми комплексами разведочных работ применительно к различным морфо-генетическим типам рудных тел изучаемых

Тип рудного тела	Геологическая природа рудовмещающих структур	Характер распределения оруденения и размеры обогащенных участков (рудных столбов)	Коэффициенты вариации		
			содержания		мощности
			Au	Ag	
Простые плитообразные жилы	Сколовые трещины, оперяющие более крупные разрывы, или отдельные непротяженные (десятки и первые сотни метров) разрывы сколового типа	Фрагментарный, представлен отдельными стадиями оруденения. Распределение оруденения резко неравномерное и изменчивое. Обогащенные участки малы по размерам	80-160	80-250	45-80
	Крупные (сотни метров до 1-1,5 км) долгоживущие разрывы сколового типа	Многостадийность оруденения в пределах рудного тела. Распределение оруденения невыдержанное. Размеры обогащенных участков от сотен до тысяч квадратных метров (в плоскости рудного тела)	90-150	90-170	40-65
Жильные зоны или сложные жилы	Представлены преимущественно метасоматическими телами сложной конфигурации. Залегают в пределах интенсивно гидротермально переработанных пород; приурочены к сложным по генезису разрывам, у которых во времени фиксируется изменение типа и плана деформаций (сколы, отрывные трещины с брекчированием пород). Протяженность от первых сотен метров до нескольких километров	Многостадийный характер оруденения. Относительно равномерное распределение низких и убогих содержаний золота и серебра. Рудные столбы распределены неравномерно, площадь их (в плоскости рудного тела) составляет от сотен до тысяч квадратных метров. Промышленный контур руд определяется опробованием	100-150	100-125	65-100
Минерализованные зоны дробления и смятия	Рудные тела глубокого заложения, развитие и становление которых определяет весь ход формирования месторождения в целом. Размеры обычно значительные (от нескольких сотен метров до километров)	Многостадийный характер оруденения с интраминерализационными внедрениями вулканических экспозиций, брекчированием, рассланцеванием и гидротермальной переработкой пород. Относительно равномерное распределение рядовых и низких содержаний металлов, на фоне которых наблюдаются крупные рудные столбы площадью более тысячи квадратных метров. Промышленный контур определяется по опробованию	100-140	85-100	70-100

[x] Некоторое отступление от утвержденной стадийности разведочного процесса и разделение

и рекомендуемые схемы комплексов разведочных работ

Рекомендуемые схемы комплексов на различных стадиях разведки		
предварительной[x]		детальной
1-я подстадия (завершение поисково-разведочных работ)	2-я подстадия	
1. Геофизические работы (преимущественно электропрофилирование или пьезоэлектрические методы) для выяснения рудных аномалий на всей перспективной площади. 2. Поверхностные выработки на всей площади рудного поля (месторождения) для обнаружения всех промышленных рудных тел и выявления теллидеров: а) при большом количестве и густоте рудных тел (аномалий) - магистральные канавы через 80-160 м короткие канавы прослеживания через 40 м; б) при небольшом количестве рудных тел - магистральные канавы через 160-300 м и короткие канавы прослеживания через 20-40 м. 3. Мелкие единичные шурфы по выходам рудных тел на глубину до 10 м для проверки наличия приповерхностного обогащения. 4. Бурение - единичные скважины колонкового бурения по наиболее крупным рудным телам для подтверждения их продолжения на глубину	1. Поверхностные выработки - канавы через 20 м и на отдельных участках траншеи для уточнения морфологии рудных тел. 2. Подземные выработки - штольни и штреки по рудным телам через 100 м по вертикали. Восстающие по рудным телам через 200 м по простиранию. 3. Бурение - только для установления глубины оруденения и подсчета запасов по категории C_2	1. Подземные выработки - горизонтальные и восстающие по рудным телам по сети 50x100 м. 2. Бурение - скважины по сети 80x50 или 40x50 м для разведки глубоких горизонтов
	1. Поверхностные выработки - канавы через 40 м. 2. Подземные выработки - штольни и штреки по рудным телам через 100 м по вертикали. Восстающие по рудным телам через 300-400 м. 3. Бурение - для разведки глубоких горизонтов по категории C_2 отдельными профилями скважин	1. Подземные выработки - горизонтальные и восстающие по сети 50x200 м. 2. Буровые скважины по сети 80x50 м для разведки глубоких горизонтов
	Те же комплексы разведочных выработок, что и для крупных простых жил. Дополнительно необходимо проходить рассечки или горизонтальные буровые скважины из штреков и штолен через 20-40 м по простиранию и восстающих выработок - для пересечения всей мощности рудных тел и вскрытия возможных рудных апофиз	Те же комплексы выработок, что и для крупных простых жил. Дополнительно необходимо проходить рассечки или горизонтальные скважины через 10-20 м по простиранию и 20-40 м по падению из горизонтальных и восстающих выработок для пересечения всей мощности рудных тел и вскрытия рудных апофиз
	1. Поверхностные выработки - канавы через 20-40 м. 2. Подземные выработки - штольни и штреки по генерализованному простиранию через 100 м по вертикали с рассечками через 80 м. Контрольные штреки с рассечками через 40 м по выделенным контурам подсчета запасов для проверки сплошности оруденения. Отдельные восстающие с рассечками через 20-40 м для изучения оруденения по падению. 3. Бурение - скважины по сети 80x100 или 160x100 м для разведки глубоких горизонтов	1. Подземные выработки по сети 100x200 м с рассечками на всю мощность зон через 20-40 м с контрольными штреками по выделенным контурам подсчета запасов для проверки сплошности оруденения. 2. Бурение по сети 80x100 м для разведки глубоких горизонтов

предварительной разведки из-за ее длительности на две подстадии сделано сознательно.

месторождений и стадиям разведки разработана классификация (см. таблицу). Рекомендуемые комплексы разведочных работ и их очередность приведены в полное соответствие с требованиями ГКЗ и новой инструкции по разведке золоторудных месторождений.[x]

Как уже указывалось, эти комплексы разработаны для выполнения основной задачи - получения всей необходимой геологической информации о месторождении при минимальных затратах труда и материальных ресурсов в кратчайший срок. Вместе с тем, благодаря преобладанию горно-разведочных работ, они не только обеспечивают получение всех необходимых горно-геологических данных о разведуемом объекте, но и служат средством его подготовки к эксплуатации. Тем самым значительно сокращаются сроки промышленного освоения месторождения и повышается общая народно-хозяйственная эффективность геологоразведочных работ.

Рекомендуемые комплексы - это, конечно, только схемы разведочных работ. В каждом отдельном случае они должны получить свое материальное воплощение исходя из конкретной горно-геологической обстановки на основе тщательного инженерно-экономического расчета. По мере открытия новых месторождений и накопления опыта их изучения эти схемы, безусловно, будут совершенствоваться. Выполненные исследования следует рассматривать как первый опыт теоретического обоснования разведочных работ на месторождениях золото-серебряной формации, осуществленный с геолого-экономических позиций.

---

[x] Методические указания по разведке и геолого-промышленной оценке месторождений золота. Под общ. ред. Г.П.Волоровича. Изд. 2-е. М., изд. ЦНИГРИ, 1974.