

Взвешено

М.М.Константинов, Г.Н.Шаров

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ
И ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА
В ОСНОВНЫХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ**

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

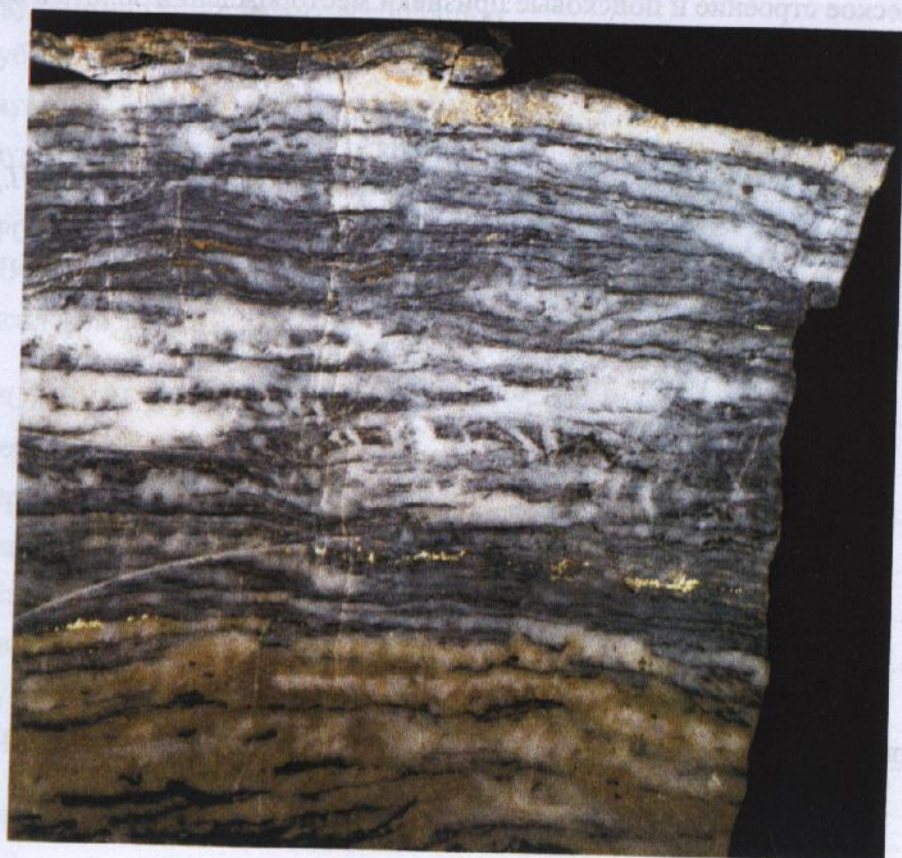
АДМИНИСТРАЦИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ДЕПАРТАМЕНТ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОРОЛЬЗОВАНИЯ
И ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ГЕОКОН»

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В ОСНОВНЫХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ

Атлас. Книга 1

Составители: М.М.Константинов, Г.Н.Шаров



Москва-Кемерово, 2002 г.

М.М.Константинов, Г.Н.Шаров. Геологическое строение и поисковые признаки месторождений золота в основных геотектонических обстановках (Атлас. Книга 1). – Москва-Кемерово, 2002, 264 с., 197 илл.

Приведены графические и краткие текстовые характеристики 16 отечественных и зарубежных золоторудных месторождений, которые находятся в различных геотектонических обстановках — докембрийских зеленокаменных поясах, древних рифтогенных прогибах, вулканоплутонических поясах, зонах активизации срединных массивов, подвижных поясах с терригенно-карбонатным и вулканогенно-карбонатным заполнением. Охарактеризованы позиции месторождений, рудоконтролирующие структуры, морфология и строение рудных тел, распределение в них золота, текстурные особенности руд. Сформулированы критерии прогноза и поисков золоторудных месторождений в различных геотектонических обстановках.

Работа может быть использована при прогнозно-металлогенических и прогнозно-поисковых работах с учетом специфики геотектонических обстановок потенциально золотоносных территорий. Атлас рассчитан также на широкий круг преподавателей, аспирантов и студентов.

Научное издание.

Геологическое строение и поисковые признаки месторождений золота в основных геотектонических обстановках. Атлас. Книга 1.

Редколлегия:

Кривцов А.И. (гл.ред.), *Баловнев В.П.*, *Борисов С.М.*, *Дегтярев В.П.*,
Зябкин А.В., *Малахов С.М.* (зам.гл.ред.)

На первой странице — золото-кварцевая руда месторождения Мурунтау

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ.....	9
Хемлю	25
Морроу Велью.....	34
Хоумстейк.....	47
2. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДРЕВНИХ РИФТОГЕННЫХ ПРОГИБОВ.....	49
Витватерсранд	51
3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ	65
3.1. в комплексах основания вулканоплутонических поясов	
Зодское	67
Майское.....	85
типа Карлин	99
3.2. в вулканоплутонических ассоциациях	
Кубака	111
Каульды.....	129
Раунд Маунтин.....	146
4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЗОНАХ АКТИВИЗАЦИИ СРЕДИННЫХ МАССИВОВ.....	153
Васильковское	155
5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ.....	175
5.1. с терригенно-карбонатным заполнением	
Мурунтау	177
Школьное.....	196
Бакырчик.....	209
Олимпиадинское	223
5.2. с вулканогенно-карбонатным заполнением	
Коммунар.....	237
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	253
ЛИТЕРАТУРА.....	258

Инициатива ООО «Геокон» по созданию этой работы уже на начальных стадиях постановки и проведения исследований представлялась весьма перспективной и продуктивной по ожидаемым результатам. В процессе исследований сравнительно быстро выявилась необходимость и целесообразность более широкого подхода к проблеме прогнозно-металлогенических построений для территории Кемеровской области. Организаторы работы совершенно резонно и обоснованно приняли то положение, что эффективность прогноза и поисков золоторудных месторождений определяется не столько их генетическими моделями, сколько реальными обстановками нахождения, доступными для наблюдения и изучения при геолого-съёмочных и поисковых работах. Такой подход позволяет прогнозировать и искать не только те типы месторождений, которые уже известны в регионе, но и те, которые были выявлены в других регионах мира в определенных геотектонических обстановках.

Таким образом, организаторы исследований пришли к целесообразности построения итоговой работы по системе: геотектоническая обстановка – обстановка нахождения месторождений – поисковые признаки и критерии, используемые для прогнозно-поисковых построений. В этой системе реализуется принцип последовательного приближения, составляющий гносеологическую основу геологоразведочного процесса; такой подход позволяет снизить негативное воздействие психологического феномена «искать известное», избежать влияния генетических концепций и построений, пока еще остающихся в избыточной мере умозрительными и субъективными, а самое главное — создать объективные предпосылки для повышения эффективности прогнозно-поисковых работ.

Естественно, что такая переориентировка работы потребовала расширения её информационной базы, что было достигнуто за счет плодотворного сотрудничества между ООО «Геокон» и ЦНИГРИ.

Уместно напомнить, что открытия месторождений нетрадиционных типов (для отдельных регионов и даже всего мира) надолго сдерживались стремлениями «уложить» вновь обнаруженные объекты в жесткие рамки ранее созданных (скорее, принятых) генетических парадигм; результативность поисков начинала возрастать (иногда — стремительно!) лишь после понимания специфики месторождений, демонстрируемой идеологически «зашоренным» исследователям реальной и наблюдаемой обстановкой нахождения месторождения и размещения золотоносных тел.

В этой связи напомним, что первые месторождения карлинского типа (Голд Акрес и Гетчелл) были открыты в Неваде (США) до 1940 г. Понимание их специфики пришло лишь к 1970 г., после чего до 1990 г. было открыто около 20 месторождений с десятикратным увеличением ранее известных запасов. Подчеркнем, что эти успехи определились благодаря построению тактики поисков на основе наблюдаемых обстановок нахождения месторождения, на чем и акцентируется представляемая читателям работа.

Не менее важным представляется «технологический» блок этих исследований, созданный под руководством Т.В.Башлыкковой и включаемый по вторую часть данного издания. Значимость этих работ очевидна на примере тех же месторождений карлинского типа. Заслуги в доказательстве их промышленной ценности принадлежат не только (и не столько) геологам, сколько аналитикам, сумевшим в массовых масштабах

определять содержания «невидимого золота», и технологам, создавшим высокоэффективные системы извлечения металла методами кучного выщелачивания.

Приведенный пример месторождений карлинского типа тем более уместен, что создатели данной работы уделили особое внимание перспективам выявления в Кемеровской области стратоидных месторождений золота в карбонатных толщах. Заметим, что в нашей стране, кроме Воронцовского месторождения на Урале и группы Куранахских месторождений на Алдане в условиях продолжающихся непродуктивных генетических дебатов ничего похожего на карлинский тип пока (увы!) не обнаружено. Столь же остра проблема обнаружения в нашей стране месторождений типа Хемло и других типов, характерных для ряда зеленокаменных поясов мира.

Работа главного редактора и всей редколлегии книги была направлена на обеспечение рационального размещения обширного фактографического материала, оптимизацию внутренней конструкции отдельных разделов, достижение выразительности графики и доступности текстовых материалов для широкого круга пользователей. В какой мере это удалось редколлегии — судить читателям!

Независимо от возможных последующих оценок работы, представляется важным подчеркнуть значимость исследований, выполненных кемеровскими геологами, не только для территории юга Западной Сибири, но и для регионов обширной территории нашей страны. Публикация этой работы представляется весьма значимой и для обеспечения информационной преемственности разных геологических поколений — передачи обобщенного трудного опыта первопроходцев новым энтузиастам приумножения богатств недр нашей страны.

А. И. Кривцов

Настоящий Атлас составлен в рамках научно-исследовательской работы по теме: «Оценка территории Кемеровской области на месторождения благородных металлов основных геолого-промышленных типов месторождений, используемых в мировой практике». Работа выполнена ООО «Геокон» в течение 1999–2001 гг. в соответствии с Государственной программой геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Кемеровской области. Ответственный исполнитель Г.Н.Шаров.

В процессе проведения этих работ выявились необходимость и целесообразность более широкого подхода — учета и обобщения материалов по представительным месторождениям России и разным регионам мира. Такой подход объективно обусловлен тем положением, что перспективы золотоносности в значительной мере зависят от геотектонических режимов регионов и обстановок нахождения месторождений.

Для информационного обеспечения этого исследования ООО «Геокон» организовало сотрудничество с Центральным научно-исследовательским геологоразведочным институтом цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ), руководитель работ от ЦНИГРИ — М.М.Константинов. Обобщение данных по технологическим свойствам руд, определяющим их ценность, было выполнено группой исследователей под руководством зав. лаборатории Института стали и сплавов Т.В.Башлыковой.

Потребность в настоящем Атласе возникла после появления в последние десятилетия ряда отечественных и зарубежных исследований, посвященных геологии золоторудных месторождений, из которых следует, что формирование промышленных концентраций золота возможно в очень широком спектре геологических обстановок, которые частично могут быть недостаточно учтены или даже упущены в отдельных регионах. Территория Российской Федерации весьма разнообразна по геологическому строению, для нее характерны различные геолого-промышленные типы месторождений, однако, нет оснований полагать, что весь имеющийся арсенал отечественного и зарубежного опыта учитывается при решении задач прогноза и поисков в конкретных регионах.

Задача авторов состояла в том, чтобы путем компиляции многочисленных отечественных и зарубежных публикаций дать в форме атласа сжатый синтез геологических обстановок, в которых формируются золоторудные месторождения, основные и характерные элементы их геологического строения.

В мировой истории золото олицетворяло собой могущество, власть, гарантии экономической независимости и эталон процветания стран и народов. Веками оно являлось мировыми деньгами, составляя основу валютно-финансовых отношений между государствами. В настоящее время золото утратило свое исключительное монетарное значение, однако оно так и не стало обычным товаром, как бы незримо присутствуя за бумажными занавесами валют разных стран.

Стратегическая роль золота и других драгоценных металлов в мировой экономике определяется стабильностью спроса на эти ценности. Именно это обстоятельство вынуждает мировую финансовую систему поддерживать государственные и частные золотые активы в высоколиквидном состоянии, постоянно котируя их стоимость на специализированных золотых биржах, самой известной из которых является Лондонская биржа металлов. Таким образом, золото продолжает надежно, хотя и «подпольно», выполнять свою прежнюю, традиционную роль мировых денег, в том числе и благодаря возможности легкой реализации наличного металла на любую валюту, потребную его владельцу.

Практика показывает, что особенно существенное стабилизирующее влияние на мировую финансовую систему рынок золота оказывает во времена серьезных экономи-

ческих потрясений — энергетический кризис 70-х годов, длительная депрессия 80-х годов. В эти периоды спрос на золото значительно возрастает, что благотворно влияет на состояние экономики золотодобывающих стран.

Отсюда познавательная и практическая ценность работ, посвященных характеристике современных данных о геологическом строении и разнообразии обстановках нахождения золоторудных месторождений, характеризующих их важнейшие промышленные типы. К этому виду исследований авторы относят и настоящий Атлас.

Главным полезным ископаемым на территории Кемеровской области, добыча которого определяет уровень её экономики, является каменный уголь; значительные запасы железных руд позволили создать в области уверенно развивающуюся чёрную металлургию. Добыча золота из россыпей, комплексных золотосодержащих полиметаллических и мелких золоторудных месторождений всегда играла подчинённую роль в экономике области. Последнее определялось отсутствием выявленных в её пределах крупных золоторудных месторождений.

Вместе с тем, в последние десятилетия XX века в ряде стран мира, в том числе на территории бывшего СССР, были выявлены в большинстве своём на ранее хорошо изученных площадях, крупные и даже гигантские золоторудные месторождения.

Данная работа была призвана ответить в частности на вопрос — возможно ли выявление на территории Кемеровской области крупного (или крупных) золоторудного месторождения. Если «да», то в какой геотектонической обстановке, какого геолого-промышленного типа, на каких конкретных площадях, с благоприятными или нет технологическими свойствами руд. Решение этой задачи было бы невозможным без обобщения данных о геологических обстановках, в которых находятся крупные месторождения золота мира, и технологических свойствах их руд. Проанализированы и систематизированы материалы по 16 крупным отечественным и зарубежным месторождениям, локализованным в основных геотектонических обстановках: зеленокаменных поясах, древних рифтогенных прогибах, вулканоплутонических поясах (в комплексах пород их основания и собственно вулканоплутонических ассоциациях), в зонах активизации срединных массивов, в подвижных поясах с терригенно-карбонатным и вулканогенным заполнением. Принятый в работе структурно-вещественный принцип районирования территорий не умаляет значения различных геотектонических построений, позволяя при этом независимо от генетических воззрений, распространять приведенные данные на другие территории России.

На основе анализа таких данных стало возможным определить основные поисково-прогнозные критерии крупных золоторудных месторождений.

Применение выработанных поисково-прогнозных критериев позволило при анализе геологического строения территории Кемеровской области локализовать площади, перспективные на выявления крупных золоторудных месторождений, уменьшив её в 5 раз по отношению ко всей площади, в той или иной мере имеющей признаки золотого оруденения. По совокупности критериев определено, что наиболее вероятно выявление в Кемеровской области крупных месторождений типа Карлин (США).

Представляется, что настоящий Атлас может быть полезным и использован при оценке других золотоносных регионов России.

Месторождение Хемо расположено в провинции Сатарно в 30 км от северозападного берега оз. Верхнее и в 35 км к востоку от Марфон, близ трассы «Хемьей» № 17.

Для описания послыдег ряд зарубежных и отечественных публикаций (В. Грегори, R. Vainant, D. S. Harris, R. I. Kibrik, В. Н. Анталашвили и др., Е. М. Некрасов, В. А. Степанов). На сегодня это одно из крупнейших месторождений мира, запасами которого предвидается 600 т золота при средних содержаниях около 6 г/т.

Геологическая история месторождения определяется преимущественно событиями позднекаменноугольного и раннепермского возраста. Восточная часть территории заложена в складчатую часть кембрийского доклада Абитыби. Минерализация приурочена к южному возвышению синклинали Хемо. Стратиграфические вулканогенно-осадочные комплексы, сформированные в фазии метаморфизма палеозой. формаций Кет-Лена — осановые и граниты вулканиды Гун-Лена — перемещавшиеся метасидеритные породы, обогащенные серпентином, асбестом и магнетитовыми компонентами. Муз-Лена — вулканические и осадочные породы вулканической системы, колчеданов и железных сланцев Сатар-Лейк.

1. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

Гуаша зона протягивается более чем на 2200 м при ширине от 3 до 40 м (средняя мощность 20 м); по падению буровыми обнаруживается более чем на 2500 м. Запасы золота составляют около 650 т при среднем содержании 7,7-8 г/т.

Месторождение с запада на восток делится на три частных участка: Лак-Минерале, Голден-Гилет и Гет-Коррал.

Участок Лак-Минерале содержит 43 млн т подтвержденных бурением запасов с содержанием около 6 г/т в пределах стратифицированных зон между позднекаменноугольными фельзитом и перекристаллизовавшимися вулканическими породами. Зонированные породы определяются как зона «А» в юго-восточной части участка, длина простирается от поверхности до глубины 275 м. К СВ зона «А» замещается промежуточной зоной «А», простирающаяся на глубину до выходов 1400 м. Территориально зона «А» простирается в фельзитах западной части территории, где минерализация с типичными прожилковыми золотоподобными окрасками, объединенные под названием зона «А», залегают в 1,9 км от обоснованных бурением запасов, содержащих 4,4 г/т. Азия вертикальный интервал 100 м. На поверхности зона «А» представлена двумя золотоподобными зонами простирания 280° с падением под углом 60° к северу, разделенных параллельными вулами. Зона «А» сменяется двумя небольшими зонами кварц-мусковит-пирит-золотом, белых золотом, которые залукают по простиранию.

По классификации «А» сменяется рудными телами Голден-Гилет. Зона «В», представляющая единичными телами, разделенными фельзитовыми или осадочными породами, имеет максимальную мощность около 43 м в центральной части. Протяженность зоны «В» на глубину составляет 800 м. Стратификация слоев в рудных телах варьируется от 1 м до нескольких метров и представлена крупно- и тонкозернистыми кварц-баритовыми и пиритовыми слоями. Основная часть золота приурочена к породам кварц-мусковит-пиритового состава. В стратиграфически нижних частях они преимущественно содержат баритом, в верхних — кварцем и молибденитом. Содержания барита, молибдена, графита и золота характерны для центральной части зоны и с глубиной увеличиваются. Для верхних частей зоны и ее периферии характерны также

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ХЕМЛО

Месторождение Хемло расположено в провинции Онтарио в 30 км от северо-восточного берега оз.Верхнее и в 35 км восточнее г.Марафон, вблизи трассы «Хайвей» № 17.

Его описанию посвящен ряд зарубежных и отечественных публикаций (В.Friese, R.Valliant, D.C.Harris, R.J.Kuhns, В.Н.Апполонов и др., Е.М.Некрасов, В.А.Степанов). На сегодня это одно из крупнейших месторождений мира, запасы которого превышают 600 т золота при средних содержаниях около 8 г/т.

Геологическая позиция месторождения определяется приуроченностью к метавулканическому поясу Херон-Бей возраста 2,6–2,8 млрд. лет, составляющему южную часть зеленокаменного пояса Абитибид. Минерализация приурочена к южному погружению синклинали Хемло. Стратиграфические вулканогенно-осадочные комплексы амфиболитовой фации метаморфизма включают формации: Кеч-Лейк — основные и средние вулканыты; Рул Лейк — перемежающиеся метаосадочные породы, обогащенные серицитовыми, пелитовыми и магнетитовыми компонентами; Муз Лейк — рудоносную, заключающую фельзитовые вулканокласты, порфириды и метаосадки; Цедар-Лейк — кластические метаосадки, непосредственно перекрывающие рудные тела.

Рудные тела протягиваются более чем на 2200 м при мощности от 3 до 40 м (средняя мощность 20 м); по падению оруденение прослеживается более чем на 2500 м. Запасы золота составляют около 650 т при среднем содержании 7,7–8 г/т.

Месторождение с запада на восток делится на три шахтных участка: Лак Минералс, Голден Гйант и Тек Корона.

Участок Лак Минералс содержит 43 млн. т подтвержденных бурением запасов с содержанием около 6 г/т в пределах стратиформных ленточных тел между подстилающими фельзитами и перекрывающими вулканопластическими осадочными породами. Золотоносные породы определяются как зона «А» в юго-восточной части участка, где они прослежены от поверхности до глубины 275 м. К СЗ зона «В», являющаяся продолжением зоны «А», прослежена на глубину не менее 1100 м. Стратиформное золото присутствует в фельзитах западной части территории, где многочисленные лентовидные кремнистые золотоносные образования, объединенные под названием зона «С», заключают 1,9 млн.т обоснованных бурением запасов, содержащих 4,4 г/т Au на вертикальный интервал 100 м. На поверхности зона «А» представлена двумя золотоносными линзами простираения 280° с падением под углом 60° к северу, разделенных лапиллиевыми туфами. Зона «А» сменяется двумя небольшими линзами кварц-мусковит-пиритовых пород бедных золотом, которые затухают по простираанию.

По падению зона «А» сменяется рудным телом Голден Гйант. Зона «В» представлена многочисленными линзами, разделенными фельзитовыми или осадочными пачками, и имеет максимальную мощность около 45 м в центральной части. Протяженность зоны «В» на глубину составляет 800 м. Стратификация слоев в рудных телах варьирует от 1 мм до нескольких метров и представлена грубо- и тонкозернистыми кварц-баритовыми и пиритовыми слоями. Основная часть золота приурочена к породам кварц-мусковит-пиритового состава. В стратиграфически нижних частях они преимущественно обогащены баритом, в верхних — кварцем и молибденитом. Содержания барита, молибденита, пирита и золота характерны для центральной части зоны и с глубиной увеличиваются. Для верхних частей зоны и ее периферии характерны также

сурьма и мышьяк. Слоистые текстуры руд местами осложнены брекчированием, будинированием, мелкой складчатостью и кливажем, преимущественно параллельным слоистости.

Среднее отношение в рудах $Au:Ag = 4:1$. Пирит составляет примерно 6% рудных тел в виде субгедральных и эвгедральных зерен до 3 мм в размере, концентрируемых в слое до 1 м мощностью полумассивного агрегата. Барит образует массивные слои или единичные крупные зерна в силикатной массе, молибденит рассеян в виде зерен размером от 0,024 до 0,5 мм. Золото преимущественно ассоциирует с молибденитом и вкрапленным пиритом в виде очень мелких свободных выделений по границам зерен кварца и в пределах трещинок в грубозернистом пирите. Углеродистый материал пропитывает мусковит или выделяется по границам его зерен.

Главное рудное тело Голден Гйант простирается по азимуту 115° с падением на север под углом $60-70^\circ$; прослежено по простиранию на 100 м по поверхности и до 650 м на глубине. Рудная зона прослежена более чем на 1000 м к северо-западу. Мощность рудной зоны 3–40 м при ее плитообразном строении. Ниже основной зоны выявлена узкая (2–5 м) зона минерализации. В строении минерализованных зон преобладают кварц, полевой шпат, серицит, пирит, барит, молибденит и ванадиевая слюда. Обычные акцессорные минералы: реальгар, антимонит, аурипигмент, киноварь и арсенопирит. Молибденит — лучший минерал-индикатор на наличие золота.

Пирит не имеет четкой корреляции с золотом. Золото образует микроскопические свободные выделения вдоль границ зерен силикатов. Иногда видимое золото (возможно регенерированное), наблюдается в трещинах кварца.

Выделено три основных типа руд: кремнистый (10–15 г/т Au), серицитовый и баритовый (6 г/т Au).

Подсчитано 19137,148 т руды с содержаниями 10,11 г/т Au, 0,1% Mo, 1,5 г/т Ag и 10–13% барита. Баритовое содержание 2,7 г/т при минимальной мощности 3 м; максимальное содержание 34,29 г/т.

Количество минералов, установленных на месторождении, по Д.Харрисону (1986), включает более 80 наименований. Отмечаются уникальные изоморфные замещения (мас. %): Hg — 22 в самородном золоте, до 27,5 в сфалерите, до 18,6 в тетраэдрите, V_2O_5 — до 8,5% в мусковите; BaO — до 16,6% в микроклине.

Рудные минералы (кроме пирита) составляют менее 1% руды, имеют мелкие размеры выделений и, вследствие этого, часто диагностируются с трудом.

Пирит — наиболее распространенный сульфид, и его распределение может служить для стратификации рудных тел. Он встречается в двух типах — как грубозернистый деформированный агрегат зерен с различной степенью огранки размером до 3 мм в поперечнике, сосредоточенный в прослоях мощностью до 2 мм, и как рассеянная вкрапленность идиоморфных кристаллов с размером зерен менее 0,2 мм в силикатной массе руды.

Основная золотосодержащая фаза — это самородное золото. В рудах установлено ничтожно малое содержание ауриститита и крайне редкое присутствие калаверита. Ассоциации самородного золота: 1) свободные зерна золота размером 1–20 мкм вдоль границ кварцевых и полевошпатовых зерен; 2) зерна золота, включенные в самородный мышьяк, киноварь, антимонит, ауриститит и сульфосоли или окруженные каймами этих минералов; 3) в виде включений в пиритовом агрегате. Видимое самородное золо-

то редко. В самородном золоте может содержаться до 22,1 мас. % Hg и до 29,1 мас. % Ag. Значительные вариации состава наблюдаются не только от образца к образцу, но и от зерна к зерну в пределах одного шлифа. Усредненный состав 89 зерен золота из полированных шлифов всех типов руд месторождения (в мас. %): 86,2 Au, 6,5 Hg, 5,9 Ag. Наиболее высокопробное золото отмечено в образцах северо-восточной части рудного тела Лак. Какой-либо корреляции между золотоносностью руд и содержанием в них пирита не наблюдается. Наилучшим индикатором золотоносности руд служит присутствие в них молибденита. Высокие содержания золота приурочены к зонам, где развиты сильнораздробленные будинированные кварцевые жилы с богатой сульфидной минерализацией реальгар-киноварь-антимонитового состава.

Отмечается тесная ассоциация ртутных и таллиевых минералов. Наиболее распространенные ртутные минералы — киноварь и акташит. Они встречаются в центральной, наиболее мощной части рудного тела Лак от поверхности до глубины 1000 м, и латерально вдоль разломов к западу от рудной залежи Тек-Корона, где исчезает барит. Другие ртутьсодержащие минералы — это сфалерит (до 27,9 мас. % Hg), самородное золото и промежуточные члены ряда тетраэдрит-теннантит. Они обнаружены как на периферии, так и в центральных частях рудных тел. Электронно-зондовое изучение указывает на изоморфный характер вхождения ртути в сфалерит. Наблюдается возрастание размеров элементарной ячейки сфалерита при увеличении содержания ртути.

Минералы таллия — парапьеротит и рутьерит — редки на месторождении и, вследствие сходства оптических свойств с киноварью, трудны для диагностики.

Молибденит распространен повсеместно и, как уже отмечалось, лучший индикатор золота. Он встречается преимущественно в ассоциации с силикатными минералами и лишь в некоторых случаях в виде включений в пирите и реже в барите. Молибденит образует как обособленные идиоморфные кристаллы, так и чешуйчатые скопления, ориентированные параллельно слоистости руд. Иногда в молибденитовых чешуйках и их скоплениях обнаруживаются мельчайшие (2 мкм) зерна самородного золота.

Сурьмяные и мышьяковистые минералы являются ведущими для месторождения. Изоморфизм между ними характерен для различных по составу сульфосолей. Главные концентраторы сурьмы — антимонит, цинкениит и тетраэдрит. Антимонит наиболее распространен и легко распознается в некоторых образцах, особенно из будинированных кварцевых жил, где он встречается в виде вкрапленности и скоплений вдоль контактов кварцевых будин. Реальгар — главный мышьяковистый минерал, его присутствие в кварцевых рудах определяется по оранжевой окраске руды. Теннантит — редкая фаза, но в некоторых скважинах, обычно из северо-западного погружения рудного тела Лак, это главный мышьяковистый материал. Самородные мышьяк и сурьма найдены в образцах в ассоциации с ауристибитом, бертьеритом, реальгаром, антимонитом и гудмундитом.

Главные нерудные минералы месторождения — кварц, слюда, полевой шпат и барит. Распределение барита крайне неравномерно. Встречаются как массивные баритовые породы (до 40 об. % барита), так и рудные тела, где барит обнаружен лишь в виде тонкой вкрапленности или мелких прожилков. В некоторых участках (восточное рудное тело Тек-Корона) он отсутствует, в других наблюдается только в нижних частях рудных горизонтов. Во вмещающих породах ниже рудного горизонта встречаются лишь единичные зерна барита. Микроанализом барита из скв. W 135 и W 70 рудного тела Лак Минералс в нем установлено содержание SrO от 0,5 до 7,2 мас. %. Высокое

содержание барита в рудах месторождения, развитие в них Sb, As, Hg и Tl служат аргументами для отнесения руд Хемло к типу месторождений, образовавшихся в результате деятельности системы горячих источников в близповерхностных условиях. Такие факты, как интерстициальное положение барита в кварц-полевошпатовых агрегатах, отсутствие рудных минералов в баритовых скоплениях, секущее положение баритовых жил, почти полное отсутствие барита на участке Тек-Корона свидетельствует о равноновременности кристаллизации барита и рудных минералов. Наиболее вероятно более поздняя кристаллизация барита, возможно, как результат тектонических деформаций или повторной гидротермальной активности.

Слюды (серицит, мусковит, ванадийсодержащий мусковит) широко распространены на месторождении. Серицитовые разности приурочены к приконтактовым частям рудных тел. Заметного замещения полевого шпата серицитом не отмечено. Мусковит и ванадийсодержащий (до 8,5% V_2O_5) мусковит наиболее характерны для рудных тел. Последний легко отличим по его травяно-зеленой окраске. Так же как и молибденит, ванадийсодержащий мусковит — индикатор золотого оруденения.

Полевой шпат (микроклин и барийсодержащий микроклин), наряду с баритом и кварцем, — главный нерудный минерал. В рудных телах наиболее обычен микроклин с содержанием BaO до 9,4 мас. %; в всяких контактах содержание бария в этом минерале иногда повышается до 16,6 мас. %. Микроклин (вслед за баритом) — основной барийсодержащий минерал, а в некоторых зонах это главный носитель бария.

В рудных зонах повсеместно отмечается рассеянная вкрапленность рутила с размером зерен менее 0,2 мм. Некоторые зерна частично или полностью замещены титанитом. По данным электронно-зондового анализа, рутил из рудоносных зон содержит в виде изоморфной примеси до 5,6 V_2O_5 , 6,5 Sb_2O_5 и 2,3 мас. % WO_2 . Повышенное содержание этих элементов в рутиле — показатель золотоносности рудных горизонтов месторождения.

Наиболее вероятен, по А.Д.Щеглову, гидротермально-осадочный генезис оруденения в связи с проявлениями кислого вулканизма, о чем свидетельствует стратиформный характер рудных залежей, переслаивание рудных тел с туфами, слоистые текстуры руд, изотопный состав серы рудных баритов, аналогичный по составу серы из заведомо осадочных баритов района. В то же время тесная ассоциация молибдена с золотом напоминает месторождения порфирирового типа. Модель образования месторождения включает:

- формирование стратиформных осадочно-гидротермальных руд в мелководном морском бассейне архейского возраста, возможно обогащенном сероводородом, в связи с проявлением кислого субмаринного вулканизма;

- последующий многократный метаморфизм руд, приводящий к перекристаллизации мелкозернистых руд, их брекчированию и частичной регенерации в пределах первично-обогащенных прослоев пород определенного состава. Возможно более позднее наложение реальгар-аурипигментовой минерализации.

Формирование месторождения охватывало длительный (свыше 200 млн. лет) временной интервал, в течение которого сопряженно развивались процессы магматизма, метаморфизма, тектонических дислокаций и рудообразования.

Необычно сочетание золотой, молибденовой и ртутной минерализации, что является косвенным свидетельством возможной многоэтапности рудообразования, как это характерно для крупных рудных концентраций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аполлонов В.Н., Кудрявцева Г.П., Щеглов А.Д.* Месторождение золота Хемло в Канаде // Геол.рудн.м-ний, 1992, т.34, № 6, с.80–89.
2. *Константинов М.М.* Провинции благородных металлов. – М.: Недра, 1991, 223 с.
3. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988, 286 с.
4. *Степанов В.А., Моисеенко В.Г.* Геология золота, серебра и ртути. – Владивосток: Дальнаука, 1993, 228 с.
5. *Friesen Bob, Kusins Bob, Kennedy Pat and Brown Peter.* Geology of the Golden Giant // Canadian Mining Journal. July 1985. P.53–54.
6. *Valliant Robert.* The Geology of the Hemlo pyritic gold deposit in light of the Bousgnet and Doyon examples // Canadian Mining Journal. May 1985. P.34–47.
7. *Harris D.C.* Minerals in the main Hemlo gold deposit, Ontario; in Current Research, Part A, Geological Survey of Canada. Paper 86–1A. 1986. P.49–54.
8. *Harris D.C.* The mineralogy and geochemistry of the Hemlo gold deposit, Ontario // Geol. Econ. Rept. Surv. Can. 1989. P.1–88.
9. *Kuhns Roger J.* Magmatism, Metamorphism and Deformation at Hemlo, Ontario, and the Timing of Au-Mo Mineralization in the Golden Giant Mine // Econ. Geol. Vol.89. 1984. P.720–756.
10. *Lin Shoufa.* Stratigraphic and Structural Setting of the Hemlo Gold Deposit, Ontario, Canada // Econ. Geol. 2001. № 3. Vol.96. P.477–509.

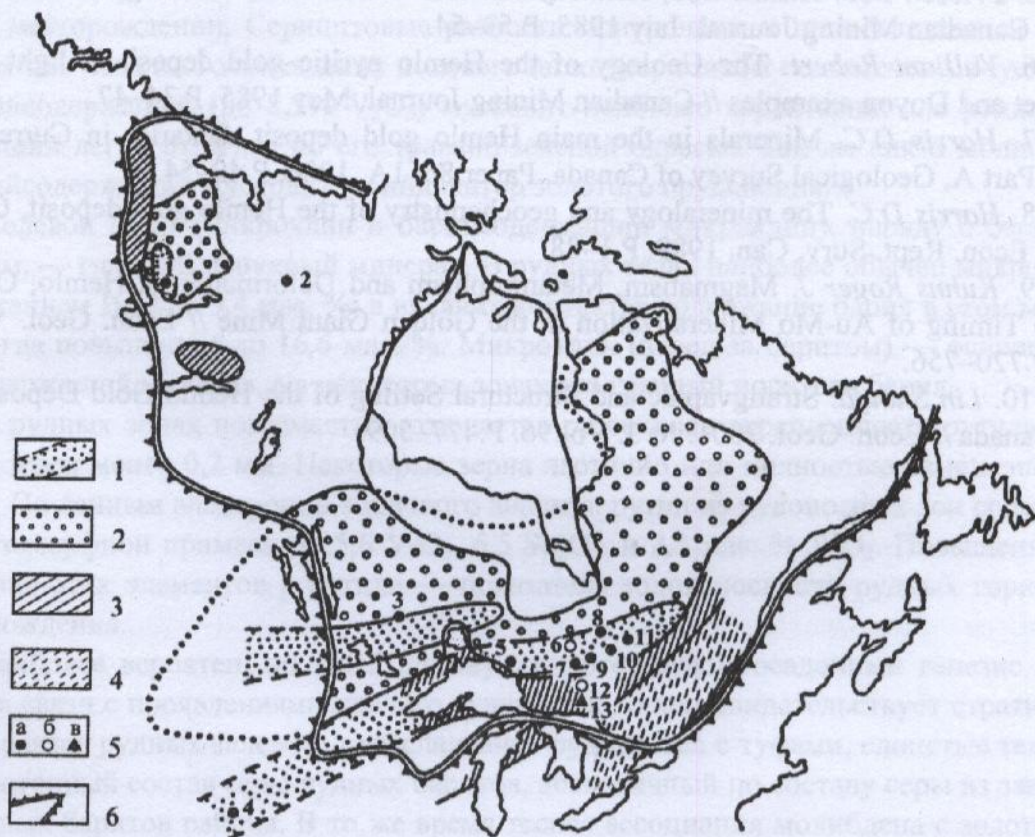


Рис. 1. Позиция месторождения Хемло в структурах Канадского щита, М.М.Константинов, 1991:

1 — зеленокаменные пояса; 2 — блоки архейской коры — гранито-гнейсовые комплексы; 3 — чехол протерозойских отложений; 4 — зона глубинного метаморфизма с редкометалльным оруденением; 5 — важнейшие месторождения золота (а), серебра (б) и платины (в); 6 — границы щита. Месторождения: 1 — Иеллоунайф, 2 — Гйент, 3 — Сан-Антонио, 4 — Хоумстейк, 5 — Хемло, 6 — Килд-Крик, 7 — Тимминс, 8 — Матагама, 9 — Киркленд Лейк, 10 — Хорн, 11 — Малартик, 12 — Кобальт, 13 — Садбери

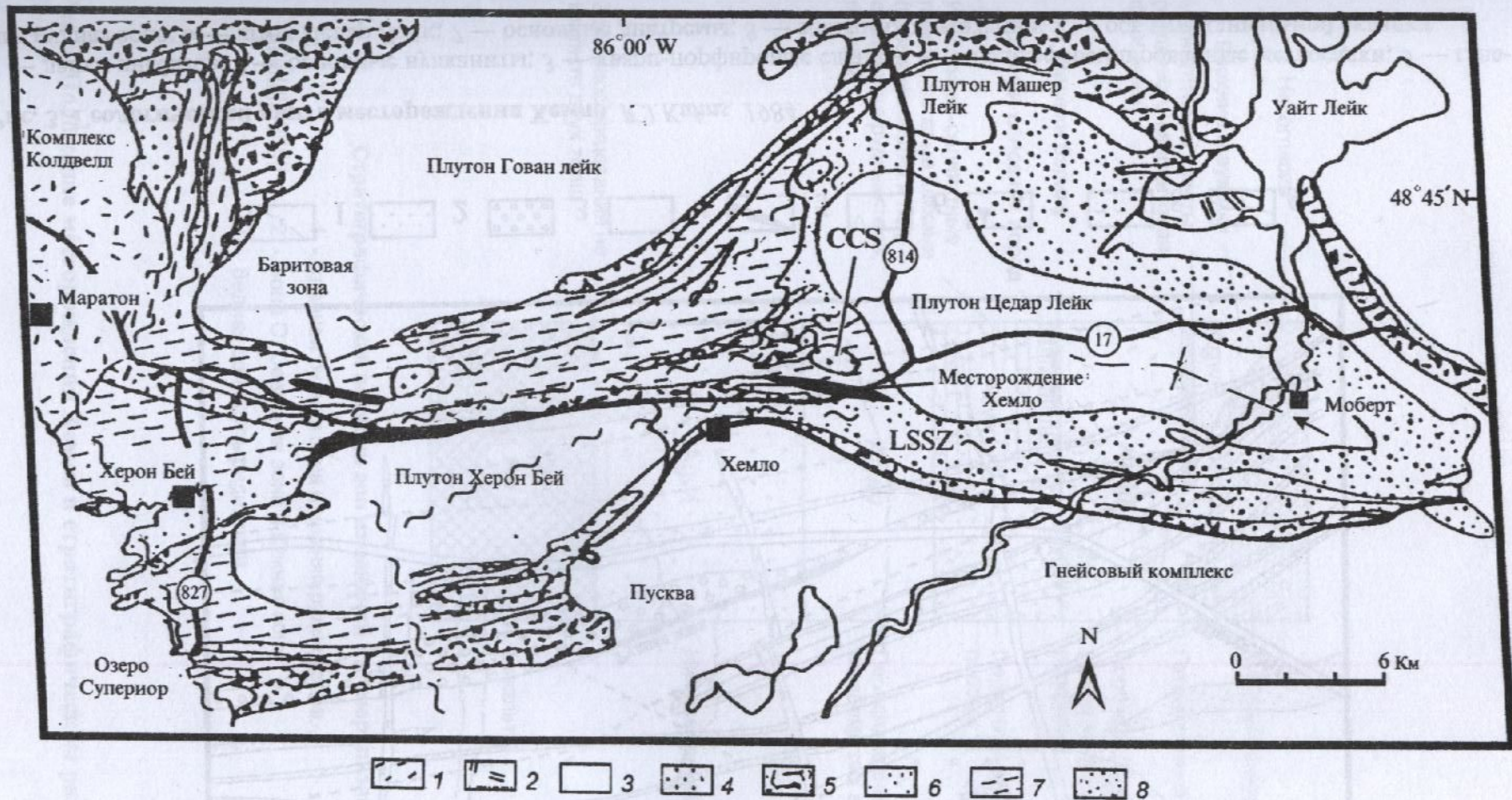


Рис. 2. Позиция месторождения Хемло в региональных структурах, R.J.Kuhns, 1984:

1 — протерозойский комплекс Колдвелл; 2 — протерозойское габбро; 3 — архейские гранодиоритовые породы; 4 — архейские гранитовые штоки; 5 — мафические метавулканические породы; 6 — фельзитовые метавулканические породы; 7 — смешанные метавулканические породы; 8 — метаосадочные породы

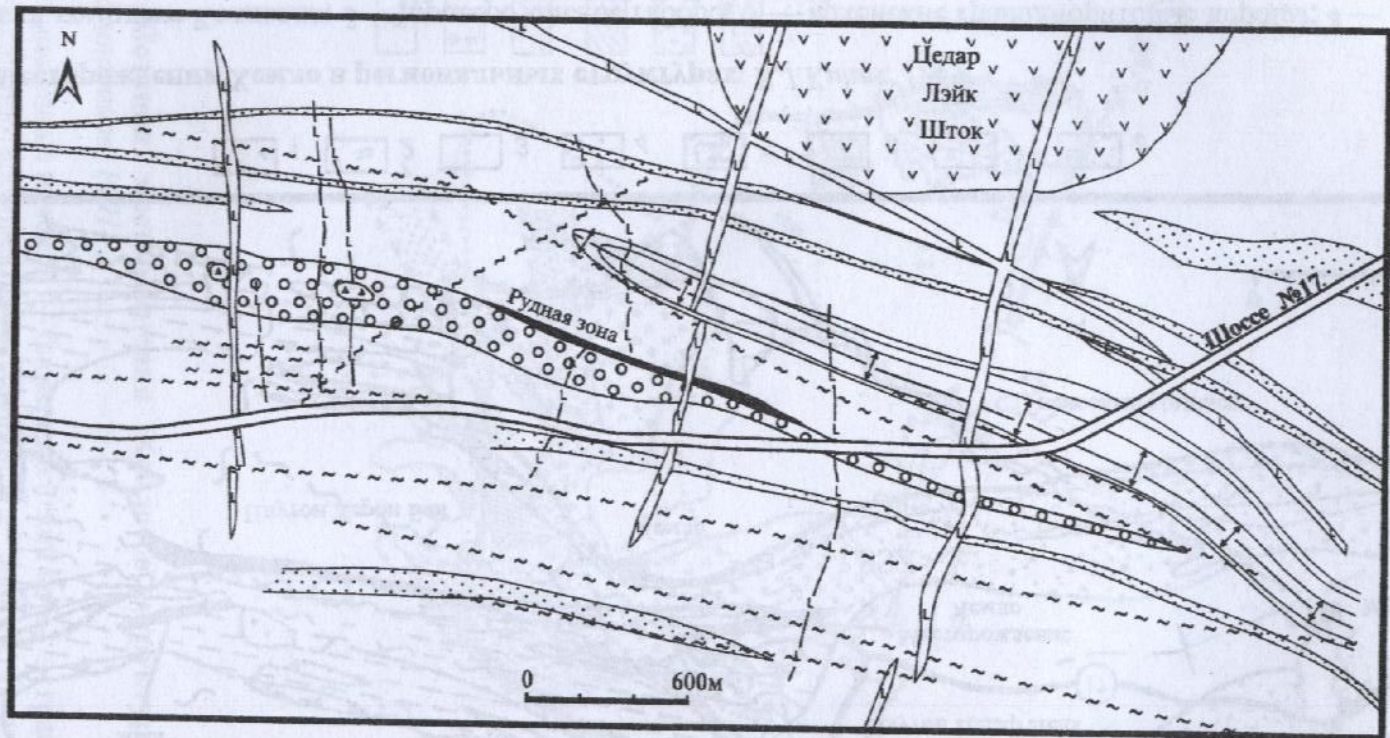


Рис. 3. Геологическая карта месторождения Хемло, R.J.Kuhns, 1984:

1 — дайки диабазов; 2 — основные вулканиты; 3 — кварц-порфировые сланцы; 4 — недифференцированные метасадки; 5 — главная рудная зона; 6 — шток Цедар Лэйк; 7 — основные диатремы; 8 — зоны милонитизации; 9 — ось антиклинальной складки

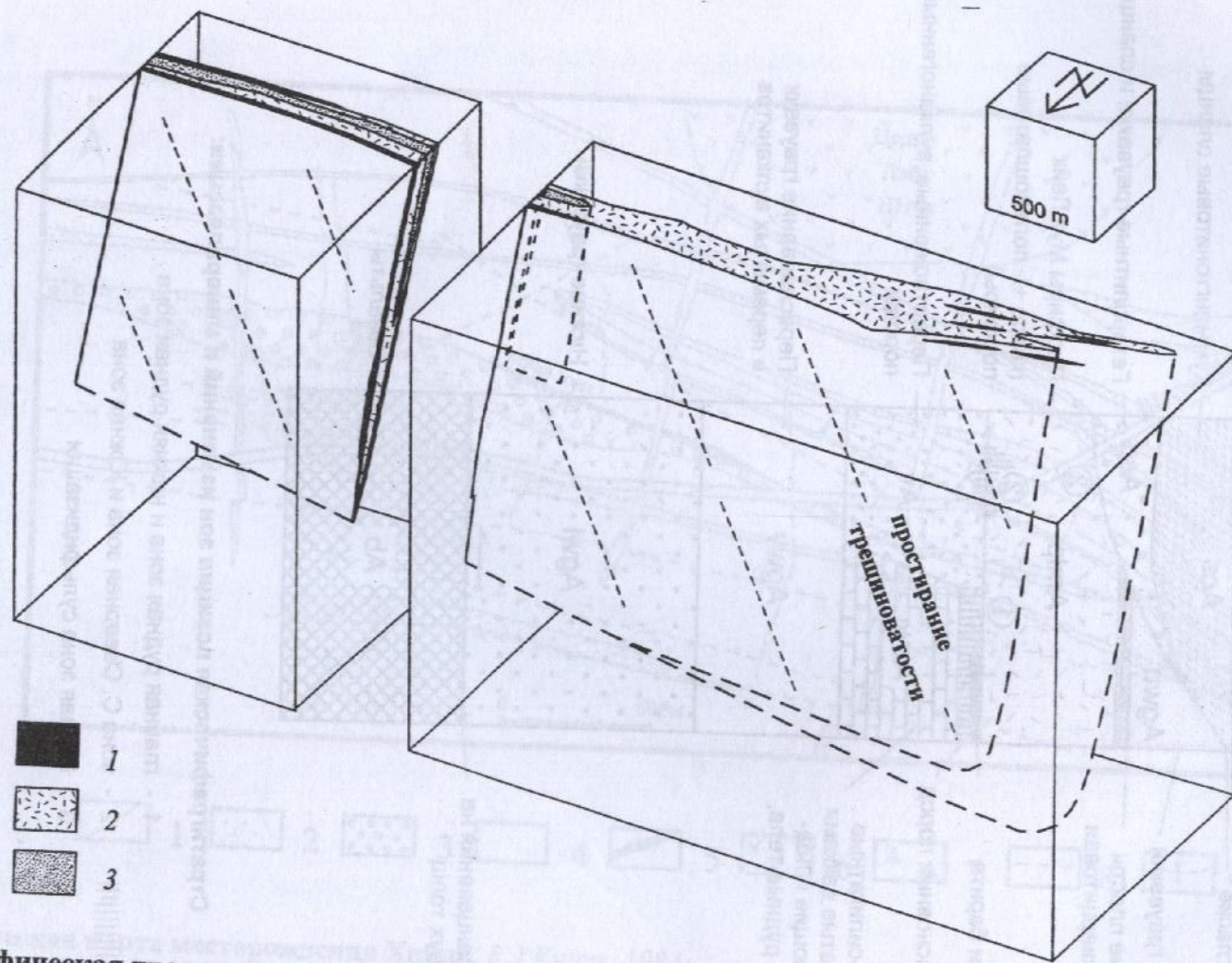


Рис. 5. Ортографическая проекция размещения рудных тел месторождения Хемло в складчатой структуре, Lin Shoufa, 2001:
 1 — рудные тела; 2 — порфиры; 3 — верхние грауваки

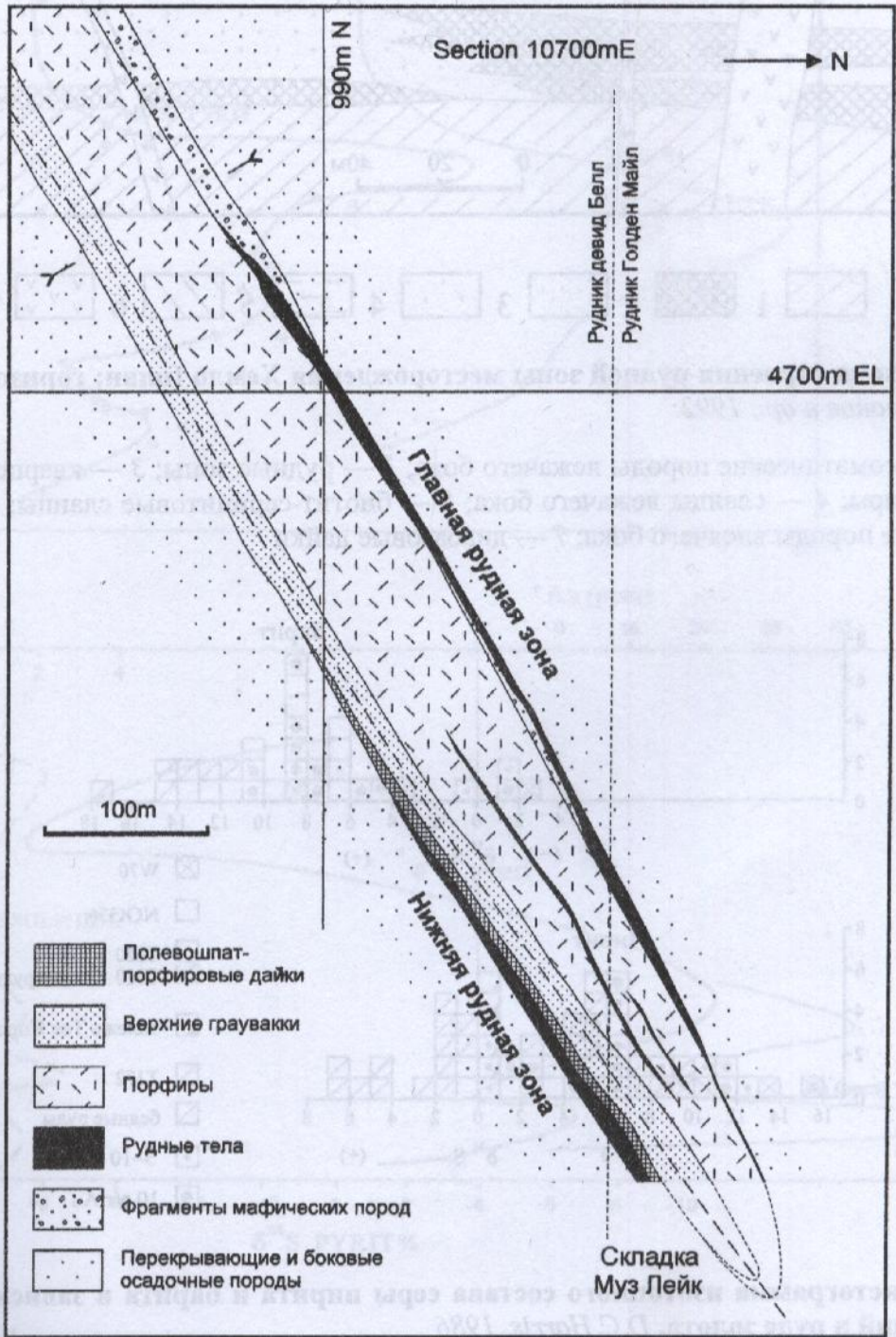


Рис. 6. Разрез месторождения Хемло, Lin Shoufa, 2001:

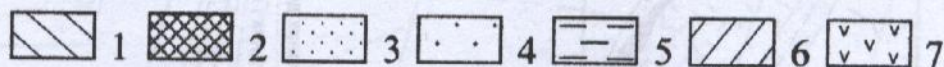
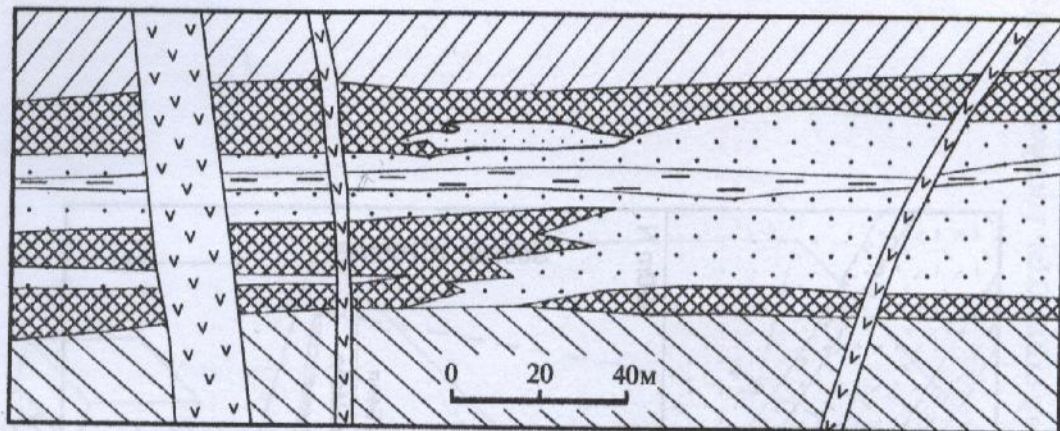


Рис. 7. Схема строения рудной зоны месторождения Хемло (план; горизонт 44 66), В.Н.Аполонов и др., 1992:

1 — метасоматические породы лежачего бока; 2 — рудные зоны; 3 — кварцевые фельзит-порфиры; 4 — сланцы лежачего бока; 5 — биотит-серицитовые сланцы; 6 — метасадочные породы висячего бока; 7 — диабазовые дайки

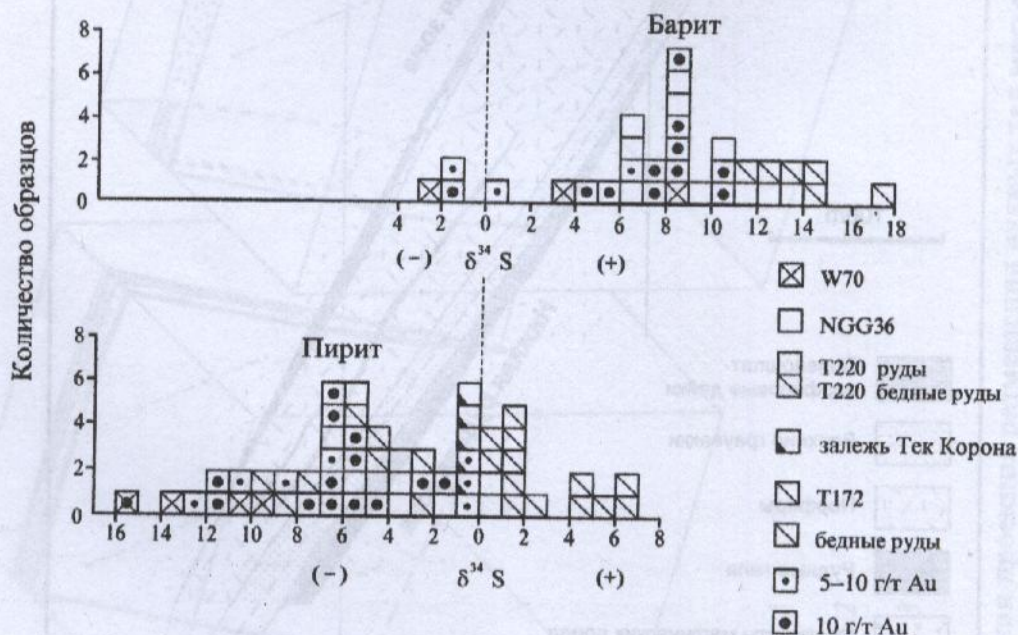


Рис. 8. Гистограмма изотопного состава серы пирита и барита в зависимости от содержаний в руде золота, D.C.Harris, 1986

все пириты из образцов с содержаниями золота более 5 г/т имеют отрицательные значения $\delta^{34}\text{S}$. Образцы высокосортных руд с содержаниями золота более 10 г/т находятся в интервале значений $\delta^{34}\text{S}$ — $6 \pm 1\%$

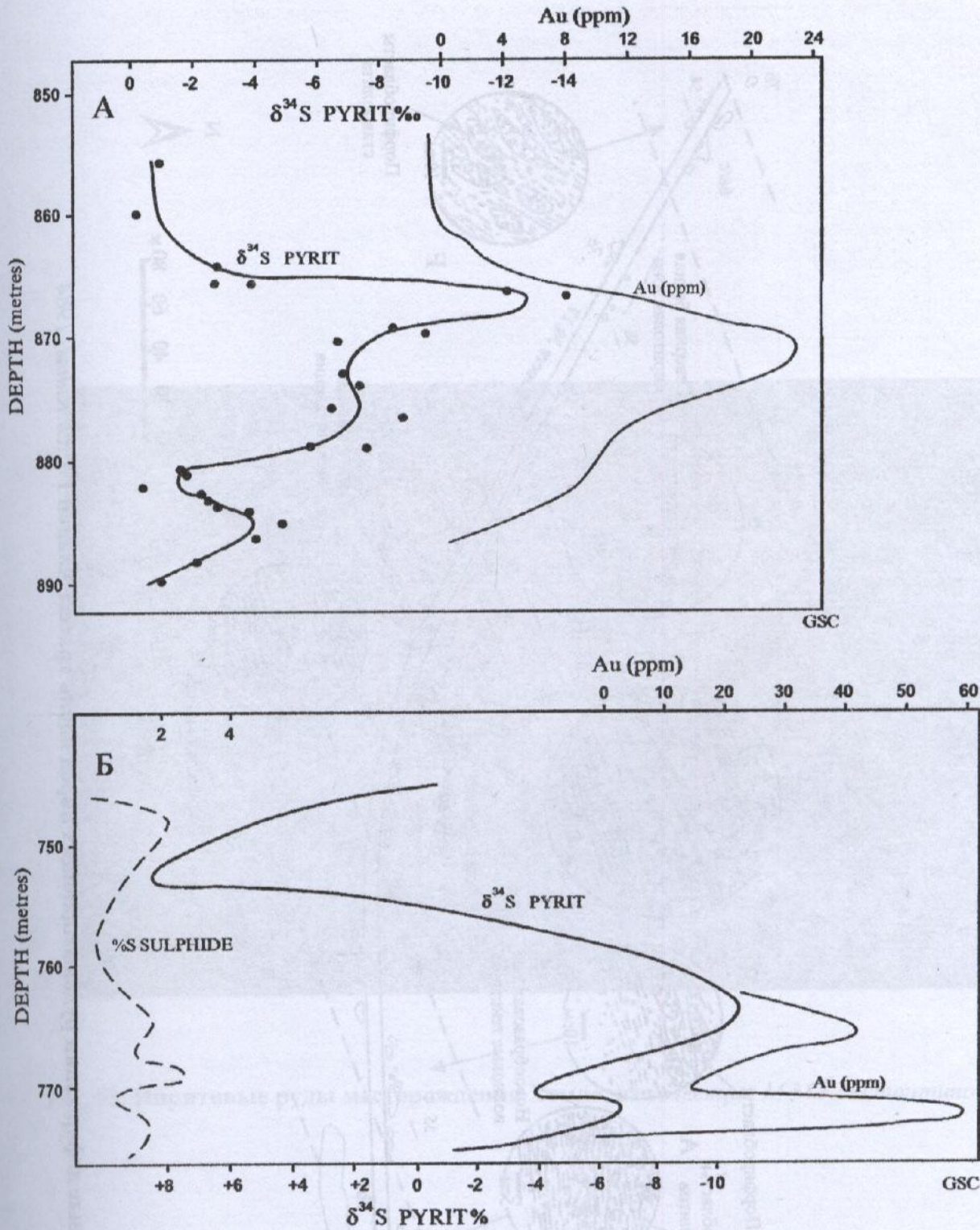


Рис. 9. Графики зависимости изотопного состава серы пирита от содержания в нем золота, D.C.Harris, 1989:

А — скв. 218W, коэффициент корреляции 0,89
 Б — скв. W-14, коэффициент корреляции 0,89

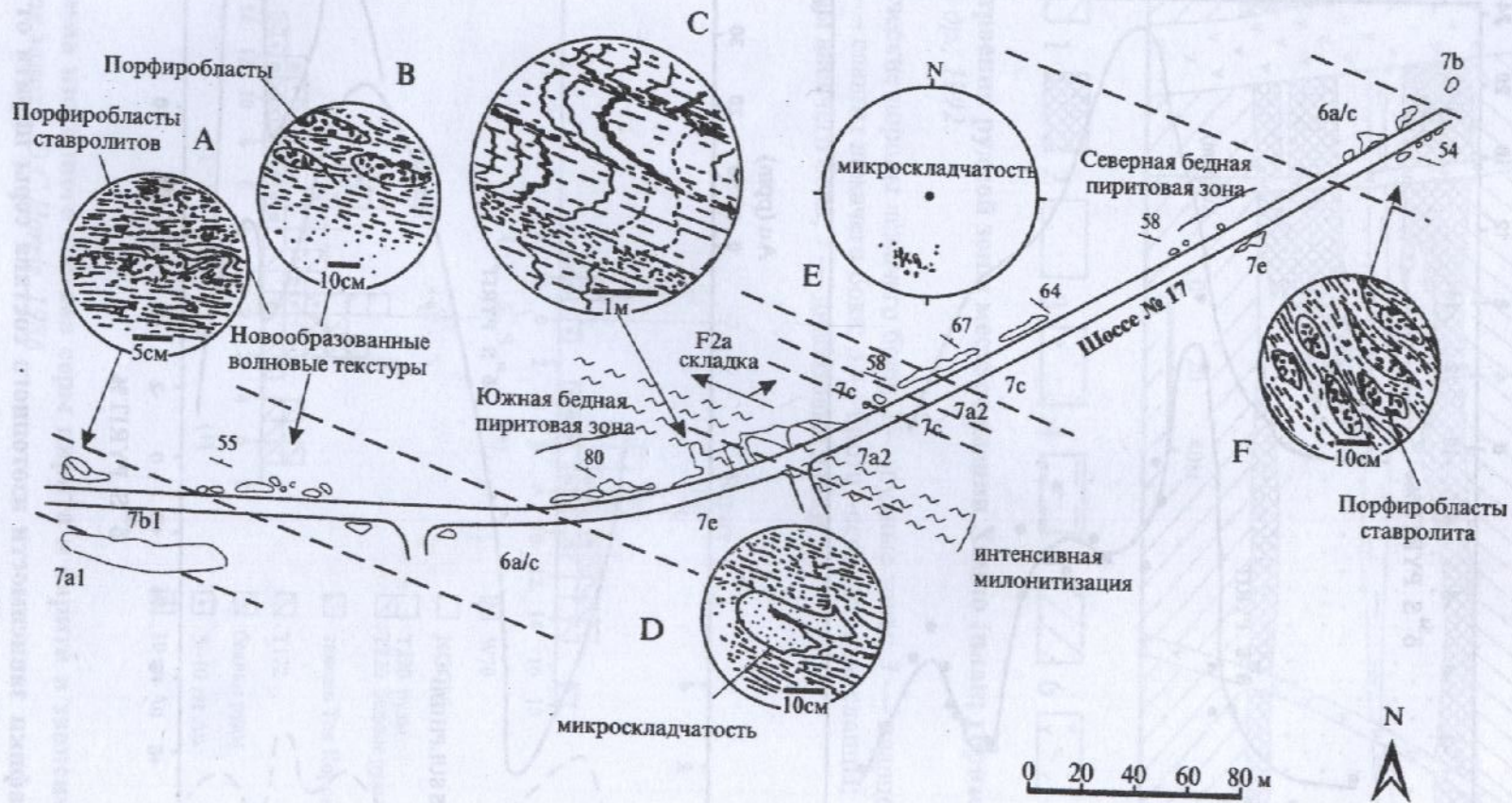


Рис. 10. Структурные деформации рудовмещающих пород вдоль трассы Хайвей 17, R.J.Kuhns, 1984

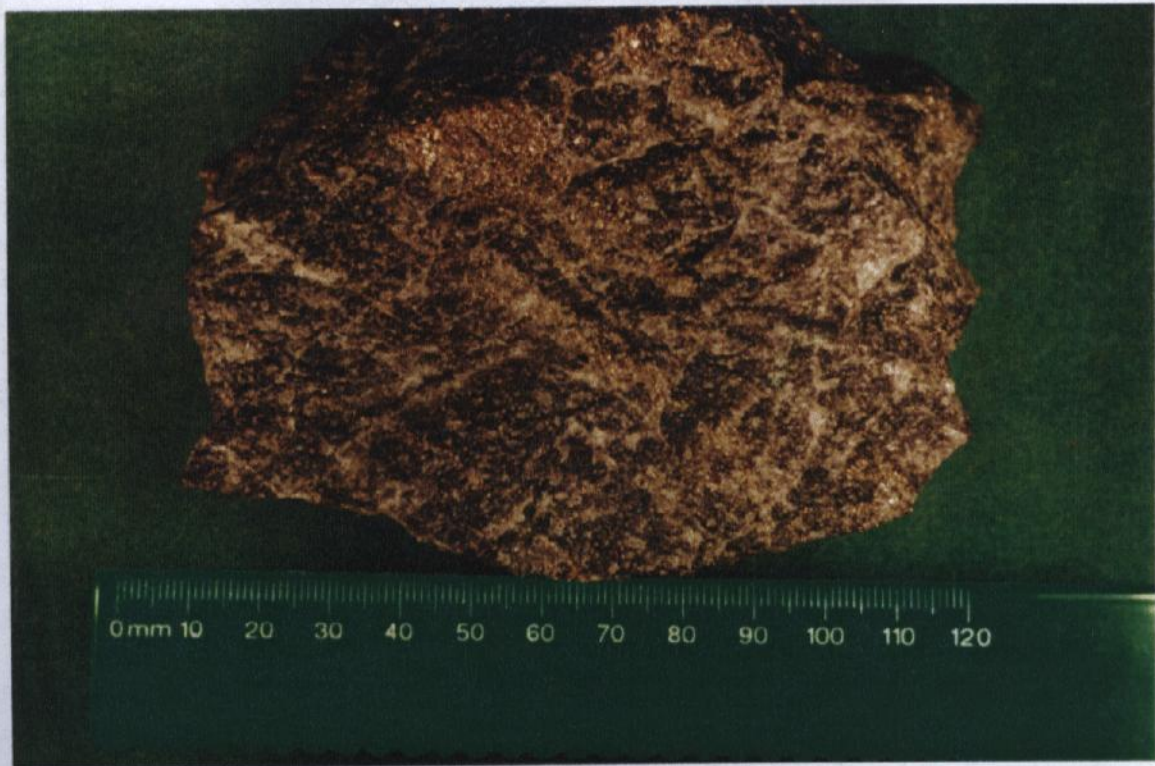


Рис. 11. Пиритовые руды месторождения Хемло, из коллекции М.М.Константинова



**Рис. 12. Слоистые пирит-кварцевые руды месторождения Хемло (фото забоя),
*B.Friesen et al., 1985***

МЕСТОРОЖДЕНИЕ МОРРОУ ВЕЛЬЮ

Месторождения Бразильского щита Морроу Велью, Пассежем де Мариана, Куиаба и ряда других расположены в архей-протерозойских комплексах зеленокаменного пояса и приурочены к архейско-протерозойскому метавулканическому комплексу, в пределах которого разрабатываются не только золоторудные месторождения, но и месторождения марганца, бокситов и драгоценных камней.

В целом зеленокаменный пояс имеет протяженность 10–800 км и ширину 20–200 км. От их основания прослеживаются следующие типы пород:

– нижняя свита метавулканических пород с ультрамафитами в основании и кальциево-щелочных от мафических до фельзитовых, включая небольшое количество химических осадочных пород;

– верхняя свита кластических аргиллитовых глубоководных осадочных пород, переходящих по восстанию в мелководные обломочные породы и химические осадки (карбонаты, железная формация).

Породы умеренно или интенсивно деформированы и испытали несколько этапов метаморфизма. Метаморфические преобразования варьируют от зеленосланцевой до гранулитовой фаций, типичны зеленосланцевые комплексы.

Супракрустальные пояса в целом представляют собой крупные синклинории, разделенные гранитными массивами. Обычно вблизи плутонов увеличивается степень метаморфических преобразований пород.

Промышленные месторождения могут быть связаны с плутонами, вулканическими породами и железной формацией.

Критерии месторождений в зеленокаменных поясах (табл.): Д — диагностический критерий; Р — допускающий критерий; Р/Д — нет определенности — диагностический или допускающий критерий; Х — месторождение отсутствует, данных не вполне достаточно; ^{х)} — возможность разных интерпретаций — сингенетической и эпигенетической моделей.

Критерии	Месторождения					
	Морроу Велью	Куиаба	Сао Бенго	Пассежем	Лупин	Хоумстейк
Зеленокаменный пояс	Д	Д	Д	Д	Р/Д?	Д
Химические осадки	Д	Д	Д	Д	Р	Д
Оксидные фации	Х	Х	Д	Х	Х	Х
Богатые железом карбонаты	Д	Д	Д	Р	Х	Д
Кремнистые сланцы	Р	Р	Д	Р	Р	Д
Богатые серой химические осадки «сульфидные фации»	Д	Д	Х	Х	Д	Р
Графитизированные филлиты	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Кварц-серицитовые сланцы (± пропластки вулканических пород)	Р/Д	Р/Д	Р/Д	Р/Д	Х	Р
Итабириты	Х	Х	Х	Р	Х	Х
Мафические вулканы	Р?	Р/Д	Р/Д	Х	Х	Р
Рудные тела контролируются структурами	?	Р	Д	Р/Д ^{х)}	?	Д
Стратифицированные	Д	Д	Д	Р/Д ^{х)}	Д	Р

Метаморфизм фации зеленых сланцев или нижней амфиболитовой фации	Д?	Д?	Д?	Д?	Д	Д
Возраст вмещающих пород	архей	архей	архей	ранний протерозой	архей	ранний протерозой
Литология вмещающих пород ВIF (включая богатые железом химические осадки)	Д	Д	Д	Х	Д	Д
Графитизированные филлиты	Х	Х	Р	Р	Х	Р
Мафические вулканыты	Х	Р	Х	Х	Х	Х
Фельзитовые вулканыты	Х	Х	Х	Р	Х	Х
Итабириты	Х	Х	Х	Р	Х	Х
Кварцевые жилы в рудных телах	Р	Р	Д	Д	Р	Д
Кварц-карбонатные жилы в рудных телах	?	?	Д	Д	Х	Д
Отсутствие цветных металлов (исключая рассеянные количества)	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Сульфиды железа	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Пирит	Р/Д	Д	Р/Д	Р/Д	Р	Р
Пирротин	Д	Р/Д	Д	Р/Д	Д	Д
Арсенопирит	Р/Д	Р	Д	Д	Р	Д
Турмалин	Р	?	Х	Р	Х	Р
Шеелит	Р/Д	?	Д?	Д?	Р	Р
Висмутин	Х	?	?	Д?	Х	Х
Антимонит	Р	?	Д	?	Х	Х
Серебро (Ag: Au ~ 6:1)	Д	Д	Д(8:1)	Д	Д	Д
Ртуть	Х	?	Д?	?	Х	Х
Сфалерит	Р	Р?	Х	Х	Х	Р
Галенит	Р	Р?	Х	?	Х	Р
Халькопирит	Р	Х	Х	Х	Д	Р
Ассоциация измененных пород	??	Р?	Д	Д	Р	Д
Сульфиды	Х	Р	Д	Д	Р	Д
Карбонаты	??	Р?	Д	Д	Х	Д
Серицит	Р?	?	?	?	Х	Р
Хлорит	?	?	Р	?	Р	Д
Бiotит	?	?	?	?	Х	Д
Горнблендит	Х	Х	Х	Х	Д	Р
Сложные структуры	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Зоны рассланцевания	Д	Р/Д	Д	Д	Д	Д

Предлагается следующая модель формирования месторождений.

Общая геологическая позиция

Зеленокаменный пояс.

Периоды химической седиментации с ВIF (пластовой железной формацией), включая карбонаты, оксиды, сульфиды и небольшое количество силикатов, а также углеродсодержащие породы (важна графитовая ассоциация).

Бимодальный вулканизм может иметь важное значение.

В системе необходимо участие серы. В сингенетической модели сера отлагается с осадками, в эпигенетической — привносится позднее.

Важное значение придается зеленосланцевым фациям метаморфизма. Этот метаморфизм может быть минимальным; его максимум — средние амфиболитовые фации. В сингенетической модели региональный метаморфизм не является необходимым, тогда как в варианте эпигенетической модели метаморфизм может быть источником тепла и гидротермальной деятельности.

История деформаций обычно включает несколько этапов структурных перестроек. Зоны рассланцевания играют важную роль в некоторых моделях.

Минералогические и химические факторы

- Сера в значительном количестве присутствует в сульфидах железа.
- Мышьяк и вольфрам более характерны для структурно контролируемых рудных тел.
- Кремнезем обычен для рудоносных систем.
- Карбонаты железа характерны для обычных рудных концентраций.
- Железо имеет важное значение как осадитель серы.
- Углерод, вероятно, играет большую роль в рудообразовании, но точно его значение остается невыясненным.

По данным Е.М.Некрасова из наиболее крупного месторождения — Морроу Веллю — добыто свыше 300 т Au при содержании ~9 г/т, что характеризует масштабы концентраций руд этого типа. Возраст вмещающих терригенно-вулканогенных пород — 800 млн. лет. Месторождение локализовано в горизонтах сидеритовых кварцитов, слюдисто-анкеритовых и кварц-доломитовых сланцев.

Оно приурочено к сильно сжатой, опрокинутой на север поперечной складке широтного простирания. На поверхности шарнир ее погружается на восток под углом 40°, а на глубине постепенно выполаживается до 20°. На запад складка открыта. Региональная сланцеватость ориентирована в северо-северо-восточном направлении и, таким образом, наложена на основное складчатое сооружение и осложняющую его поперечную складку. Видимо, в процессе формирования рудовмещающей складки породы толщи были осложнены сначала зонами рассланцевания северо-восточного направления (диагональными по отношению к ее шарниру), а затем северо-западного и широтного простирания. Вдоль этих разрывов проявилось волочение пород, в связи с чем, погружающаяся шарнирная часть складки оказалась осложненной мелкими складками волочения, а свод представлен протяженным волнообразно изгибающимся гребнем. Восточная часть его, начиная с уровня около 1 км от поверхности, пережата и заключена среди кварц-хлоритовых филлитов. Вдоль гребня, используя круто падающие на юг зоны рассланцевания субширотного (в пережатой части северо-восточного и северо-западного) направления, развилось перегибающееся лентообразное рудное тело (Главное). Оно почти полностью заключено в горизонте слюдисто-кварц-анкеритовых сланцев. Следуя погружению свода складки, лентообразное тело полого склоняется на восток и прослеживается на протяжении около 5000 м; от поверхности до глубины — на 2500 м. Мощность его изменяется от 0,5 до 28 м. Максимальные мощности более характерны для западного фланга рудного тела, где оно приурочено к субширотному либо к северо-западному интервалу зоны рассланцевания, пересекающему свод рудовмещающей складки. От верхнего гребня до нижней границы рудной ленты по вертикали насчитывается от 150 до 200 м.

Рудные тела месторождения представляют собой скопления густой вкрапленности сульфидов в кварцевом метасоматите. Последний кое-где содержит также гнезда сульфидов. По сведениям Ч.Ф.Парка и Р.А.Мак-Дормида, руды, как правило, состоят на 40–60% из кварца. Кроме того, присутствуют турмалин, гранат, кианит, альбит, серицит, анкерит. Среди сульфидов преобладает пирротин. Значительно меньшая часть приходится на арсенопирит, пирит и халькопирит, которым подчинены вольфрамит и шеелит. Еще более редко встречаются тетрадрит, борнит, сфалерит, галенит, антимонит. Золото сравнительно равномерно распределено во вкрапленных рудах. Видимо, оно ассоциирует с сульфидами Pb, Zn, Cu. Золото тонкое, в виде микропросечек заключено в арсенопирите, отчасти в пирротине. Очень редко более крупные золотишки наблюдаются в кварце. Кварц-золото-сульфидные залежи в обоих боках постепенно сменяются кварцевыми, затем кварц-серицитовыми и кварц-альбитовыми метасоматитами. На протяжении 5000 м по падению заметных изменений в минеральном составе руд с глубиной не отмечено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра. 1988, 286 с.
2. Парк Ч.Ф., Мак-Дормид Р.А. Рудные месторождения. – М.: Мир. 1996, 545 с.
3. *Gold deposits related to Greenstone belts in Brazil*-deposit modelling workshop // US Geol.Surv. Bull. 2000-A. P.188.

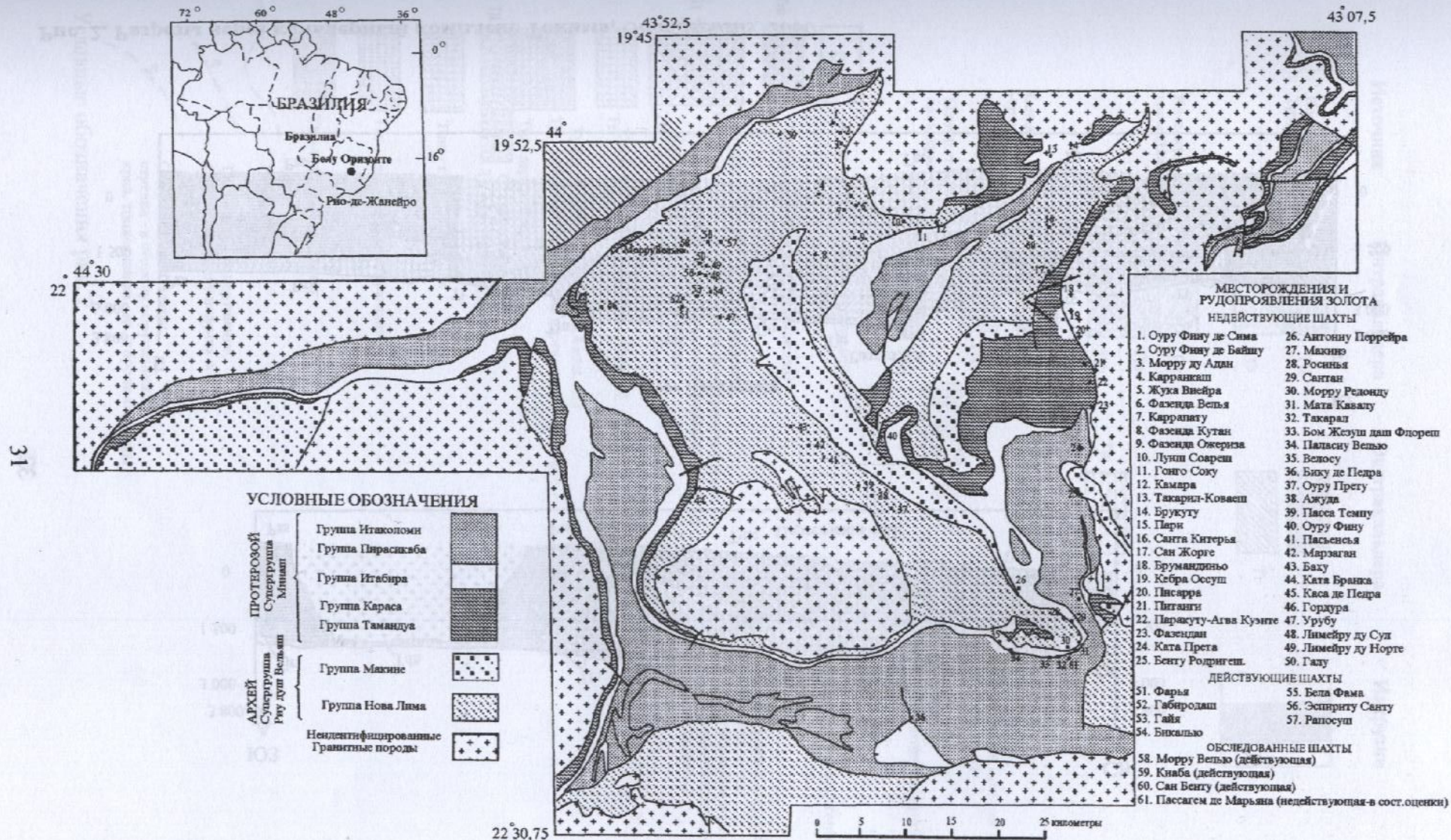
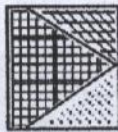


Рис. 1. Геологическая карта области Квадрилатеро Ферриферо с местами локализации основных золоторудных рудников, Gold deposits, 2000

Источник Интракальдера Экстракальдера Интрузии

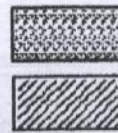
Кальдера
Трейл Каньон

Tt



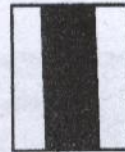
Ttl

Ttb



Trc

Tr



Кальдера
горы Джефферсон

Tjl



Tjc

Tju

Tjb

Tjr



Кальдера
Мурз Крик

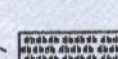
Неизвестные
кальдеры



Tmc



Tcc



Tdb



Tls



Мегабрекчия каньона Драй
(32,3 млн. лет)



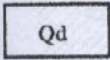
Порфириновые и афировые неки



Гранитные породы горы Шошон



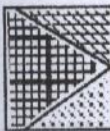
Pzs - осадочные породы
нижнего палеозоя
Pzb - мегабрекчия и сильно
брекчированные породы
нижнего палеозоя



Аллювий, колшовой и фангломерат



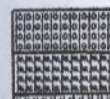
Туфы каньона Роуд (23-22 млн.лет)



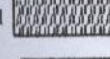
Туфы каньона Трейл (23,6 млн.лет)
Ttl - местные перекрывающие порфириновые лавы
Tt - верхние и нижние члены, недифференцированные
Ttb - брекчия коллапса кальдеры



Туфы каньона Райкрофт (25 млн.лет)



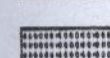
Туфы горы Джефферсон (26,4 млн.лет)
Tjc - прерывно залегающие перекрывающие члены



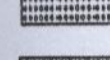
Tju - верхний член



Tjl - нижний член



Tjr - излившийся член



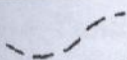
Tmc - туфы Мурз Крик



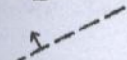
Tcc - туфы каньона Коркоран



Tls - туфы Логан Спринг



Контакт



Тектоническое нарушение,
стрелка в сторону падения его



Ограничения кальдеры,
стрелка - в сторону обрушенного
края, тонкая линия - на стороне кальдеры

Условные обозначения рис. 2

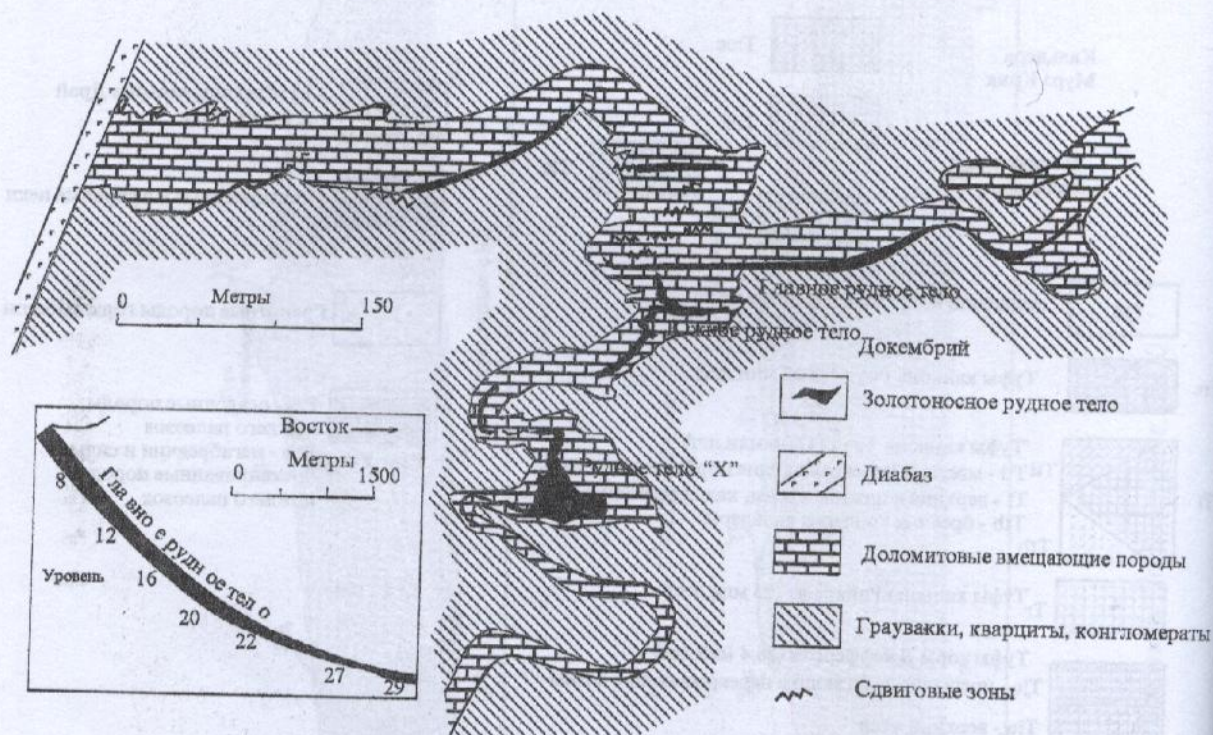


Рис. 3. Геологический план уровня 20 (5826 футов ниже поверхности) месторождения Морроу Велью, Ч.Ф.Парк, Р.А.Мак-Дормид, 1966

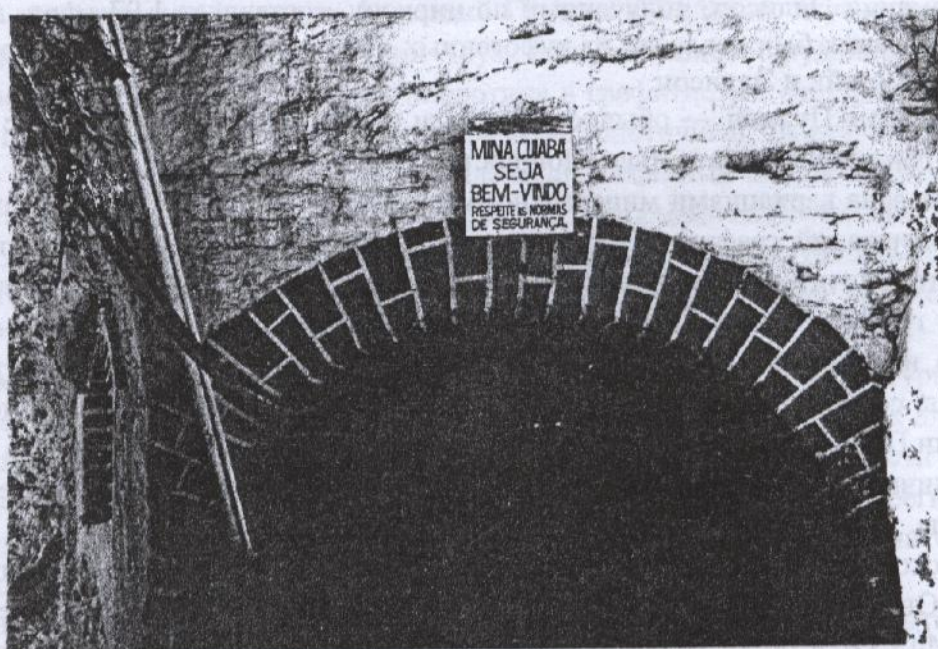
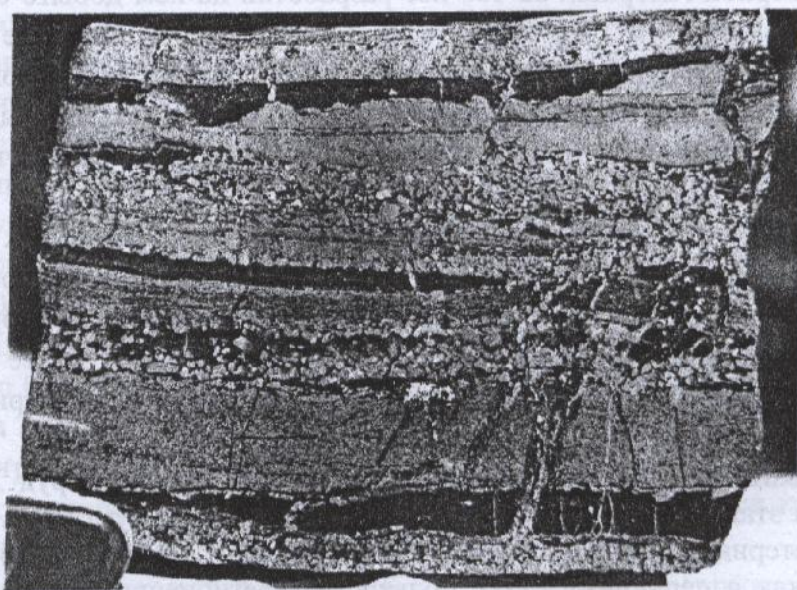


Рис. 4. Типичные полосчатые пиритовые руды и вход в рудничную штольню, *Gold deposits, 2000*

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ХОУМСТЕЙК

Месторождение Хоумстейк — одно из крупнейших и старейших золотых месторождений Северной Америки. За 108 лет разработки на нем добыто свыше 128 млн. т руды, содержащей почти 1320 т золота. Оно расположено на севере Черных Холмов (Блэк Жилз) возле города Лид, округ Лоуренс, в западной части Южной Дакоты.

Месторождение Хоумстейк находится на небольшом куполе, в ядре которого обнажаются докембрийские породы. Их позиция определяется приуроченностью к продолжению на юг Зеленокаменного пояса Абитибви.

На месторождении Хоумстейк установлены три докембрийских формации: Пурмен, Хоумстейк, Эллисон (от древних к более молодым). Подошва формации Пурмен не наблюдалась, из-за перекрывающих северную часть района месторождений палеозойских пород. Выше формации Эллисон описаны несколько более молодых докембрийских формаций, имеющих преимущественно метаосадочную природу, местами с экстрезивными или интрузивными составляющими.

Исследование изотопов свинца показало, что образование руд Хоумстейка произошло в два этапа. Более древний указывает, что руды Хоумстейка образовались из исходного материала, имевшего возраст 2,5 млрд. лет. Примерно 1,6 млрд. лет назад все породы, как и первичные руды, подверглись региональному метаморфизму. Возраст формации Эллисон, полученный по циркону, составляет 1,97 млрд. лет. Циркон для датирования был извлечен из туфогенных осадочных пород вблизи контакта формаций Хоумстейк и Эллисон.

Формация Пурмен — обычно серые или серо-коричневые филлиты с четкой, хорошо выраженной слоистостью. Мощность слоев варьирует от 1–3 мм до 2 см. Слоистость вызвана вариациями минерального состава, из которых наиболее заметно изменение содержания графита. Типичные породы формации Пурмен состоят из кварца, мусковита, биотита, графита, анкерита с примесью сульфидов железа. Количества анкерита и графита сильно варьируют, вплоть до образования локальных зон, в которых какой-то из этих минералов преобладает над другими. Линзы черных графитистых филлитов, содержащие до 30% сингенетичного на вид пирротина, локально развиты в формации Пурмен. Там, где преобладает анкерит, развиты более массивные породы.

Типичные метаосадочные породы формации Пурмен постепенно переходят в амфиболиты.

Золотое оруденение месторождения Хоумстейк ограничено формацией Хоумстейк. Она характеризуется минералами куммингтонитом и сидероплезитом $(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})\text{CO}_3$, а также зеленоватой окраской, вызванной повсеместно распространенным, хотя и в разных количествах, хлоритом. Микронзондовый анализ куммингтонита показал, что состав материала на месторождении варьирует от 30 до 40 моль.% $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. Другие обычные минералы — кварц, биотит, анкерит, гранат и графит. Куммингтонит преобладает на северо-востоке и востоке рудника, а сидероплезит — на западе. Эти минералогические изменения частично объясняются изменением степени метаморфизма с северо-востока на юго-запад. Кремнистые слои широко распространены, но количество их варьирует на месторождении закономерно.

Промышленная минерализация характерна только для формации Хоумстейк. Для руд типично присутствие арсенопирита, пирротина и рассеянного пирита. Минерализо-

ванные участки включают также более высокие содержания хлорита и жильного кварца, чем неминерализованные части формации Хоумстейк. Хлорит и сульфиды часто образуют узор вокруг кварцевых жил от грубого до хорошо развитого.

Слоистость в неминерализованных частях формации Хоумстейк обычно хорошо проявлена. В области сильного метаморфизма и в минерализованных областях она затушевана деформациями и перекристаллизацией.

Первоначальная мощность формации Хоумстейк менялась, вероятно, от менее 1 до более 100 м. Теперь невозможно сказать, в какой мере наблюдаемые теперь уменьшения и увеличения мощности связаны с первоначальным осадочным процессом и в какой — с последующими деформациями.

Наиболее молодые породы, обнажающиеся на месторождении, составляют формацию Эллисон. Она состоит из серых и серо-коричневых филлитов и сероватых кварцитов. Хотя филлитовая часть толщи сходна по строению с филлитами формации Пурмен, те обычно более тонкослоистые и слоистость в них шире распространена. Отличительная черта формации Эллисон — линзы и слои кварцитов мощностью от нескольких сантиметров до 17 метров. Кварцитовые слои обычно тонкозернистые, но местами хорошо окатанный кварц достигает 2 мм. Иногда встречается градационная слоистость, которая помогает отличить кровлю слоев.

В метаосадочной толще месторождения Хоумстейк обычно содержится от 1 до 2% пирротина. В графитистых филлитах формаций Пурмен и Эллисон, и участках повышенных концентраций графита в формации Хоумстейк, связанных с рудой, количество пирротина увеличивается. Концентрации пирротина в графитистых филлитах достигают 20–30%, причем пирротин имеет отчетливый сингенетичный слоистый характер. Графитистые разновидности встречаются в виде непротяженных линз в многочисленных горизонтах в осадочных породах как над, так и под формацией Хоумстейк. С ними обычно связаны повышенные, относительно фона, содержания полиметаллов, однако, в отличие от скоплений сульфидов в формации Хоумстейк, золото с ними не ассоциирует.

Докембрийская толща подверглась серии сложных деформаций. Структуры варьируют в размерах от мелковолнистой складчатости до изоклиналиных складок длиной в несколько километров. В районе месторождения Хоумстейк выявлено до шести стадий складкообразования. Из них лишь два периода деформаций представляются регионально распространенными и отвечающими за формирование наиболее значительных структур района месторождения.

В течение первого из этих двух периодов образовались самые большие антиформные и синформные структуры. Наиболее крупные структуры, образовавшиеся в это время, включают антиклиналь Лид, синклиналь Лид, и антиклиналь Пурмен. Эти складки обычно изоклиналичны, их осевая плоскость имеет простирание 25° СЗ, с падением на восток и погружением на юго-восток. Хотя образовывались и складки меньшего масштаба, различить их трудно, поскольку на втором этапе произошло их повторное смятие, а также образовалась повсеместно распространенная сланцеватость.

Второй этап значительного складкообразования последовал за только что описанным. Складки, сформировавшиеся на этом этапе, обычно изоклиналичные, с почти параллельными крыльями. Они обычно ориентированы 30° СЗ и падают 75° СВ. Этот этап, хотя и был слабее предыдущего, все же сформировал структуры до сотен метров

длиной. Крылья и оси прежде сформированных структур были пересечены несколько более западным направлением этого складкообразования. В результате произошли переориентация и формирование многих складчатых структур, показанных на многих картах и разрезах месторождения. По-видимому, многие складки западного простирания в западной части месторождения связаны с этим периодом деформаций. В результате деформаций формация Хоумстейк была смята в сложный складчатый комплекс.

Величины $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$ во вмещающих породах и жилах месторождения Хоумстейк показывают, что содержания изотопов кислорода в докембрийском кварце формации Хоумстейк соответствуют региональному тренду содержаний $\delta^{18}\text{O}$, отвечающему степени метаморфизма и $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ жильного материала определяются литологией вмещающих пород. Из этого следует, что они образовались благодаря местной сегрегации и миграции в зоны растяжения.

Кварцевые жилы образовались при метаморфизме и варьируют от мелких сложно складчатых жил до жил, деформированных всего один раз и совсем недеформированных жил. Крупные жилы, типичные для минерализованной области обычно слабо деформированы. Это означает, что максимальная миграция руды и жильных составляющих происходила после главных периодов складкообразования.

Сингенетичное происхождение золотой минерализации Хоумстейкского месторождения подтверждается в дополнение к изотопным данным, его стратифицированной, а местами и стратиформной природой. Данные по изотопии серы демонстрируют устойчивую корреляцию между литологией вмещающих пород и полученными содержаниями изотопов. Кроме того, различные значения получены при сравнении трех докембрийских формаций месторождения Хоумстейк. Значения $\delta^{34}\text{S}$ в пирротине и арсенопирите золотоносной формации Хоумстейк составляют от 5,6 до 9,8‰, в подстилающей формации Пурмен значения $\delta^{34}\text{S}$ в пирротине от 2,7 до 5,1‰, в перекрывающей формации Эллисон — от 4,1 до 29,8‰. Различие изотопного состава серы в этих формациях указывает на то, что сера скорее имеет сингенетичную природу, чем была привнесена насквозь проникающей гидротермальной системой.

Рудные тела в формации Хоумстейк встречаются от кровли до подошвы.

Руды составляют всего 5% всей формации Хоумстейк в пределах месторождения. В целом рудные тела концентрируются вдоль девяти удлиненных зон, почти параллельных преобладающему в местах их расположения направлению шарниров складок. Структурная интерпретация, а также характеристики руд и распределение рудных тел указывает, что метаморфическая ремобилизация носила локальный характер. Ремобилизация перемещала жильные составляющие на метры, максимум на десятки метров.

Золото встречается в виде отдельных зерен самородного металла, обычно контактирующих либо с пирротинном, либо с арсенопиритом. Зерна золота иногда встречаются вдоль поздних трещин в зернах арсенопирита. В образцах со стратиформной слоистостью минерализации, золото встречается в виде частиц от 5 мм до микроскопических, а в областях более интенсивной рекристаллизации, например по краям кварцевых жил, могут развиваться более крупные зерна.

Микроскопическое изучение показало, что зерна золота развивались позднее других ассоциирующих минералов. Локальная метаморфическая ремобилизация золота привела к образованию наиболее высоких концентраций золота на месторождении, до 80 г/т. Концентрации золота в стратиформной минерализации, не несущей следов ре-

мобилизации, обычно ниже 17 г/т.

Как отдельные рудные тела, так и рудные зоны, в целом лишены какой бы то ни было латеральной или вертикальной зональности, указывающей на гидротермальный канал или каналы. В породах, подстилающих рудные тела, не было выявлено ни пирит-кварцевых, ни других типов изменений.

Еще одна интересная черта, типичная для рудных тел — частичное до полного разрушение первичной литологической слоистости. Это является следствием складчатости, расщепления, перекристаллизации и замещения жильным кварцем. Интенсивность метаморфизма по-видимому была определяющей в разрушении слоистости. В целом слоистость лучше сохранилась на западе и юго-западе месторождения, где степень метаморфизма ниже.

В целом, как показали последние исследования, месторождение Хоумстейк — стратифицированное, а где сохранилось, и стратиформное сингенетического происхождения. Отложение формации Хоумстейк произошло между 2,5 и 2,0 млрд. лет в неглубокой морской обстановке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Meier L.F.* Structure and ore trend description of the Homestake mine // Geology Department. Homestake mine. 1991.
2. *Nobbe J.A.* Ore mineralization in the Homestake gold mine, Lead, South Dakota // Bull. Geol. Sci. Soc. Amer. 1950. Vol.61. № 3. P.221–252.
3. *Rogers H.* Geology of Precambrian Rocks in the Poorman anticlinorium and Homestake mine, Black Hills, South Dakota // Geology Department. Homestake mine. 1990.
4. *Vardiman David M.* Geological Review of the Homestake gold deposits // Geology Department. Homestake mine. 1990.

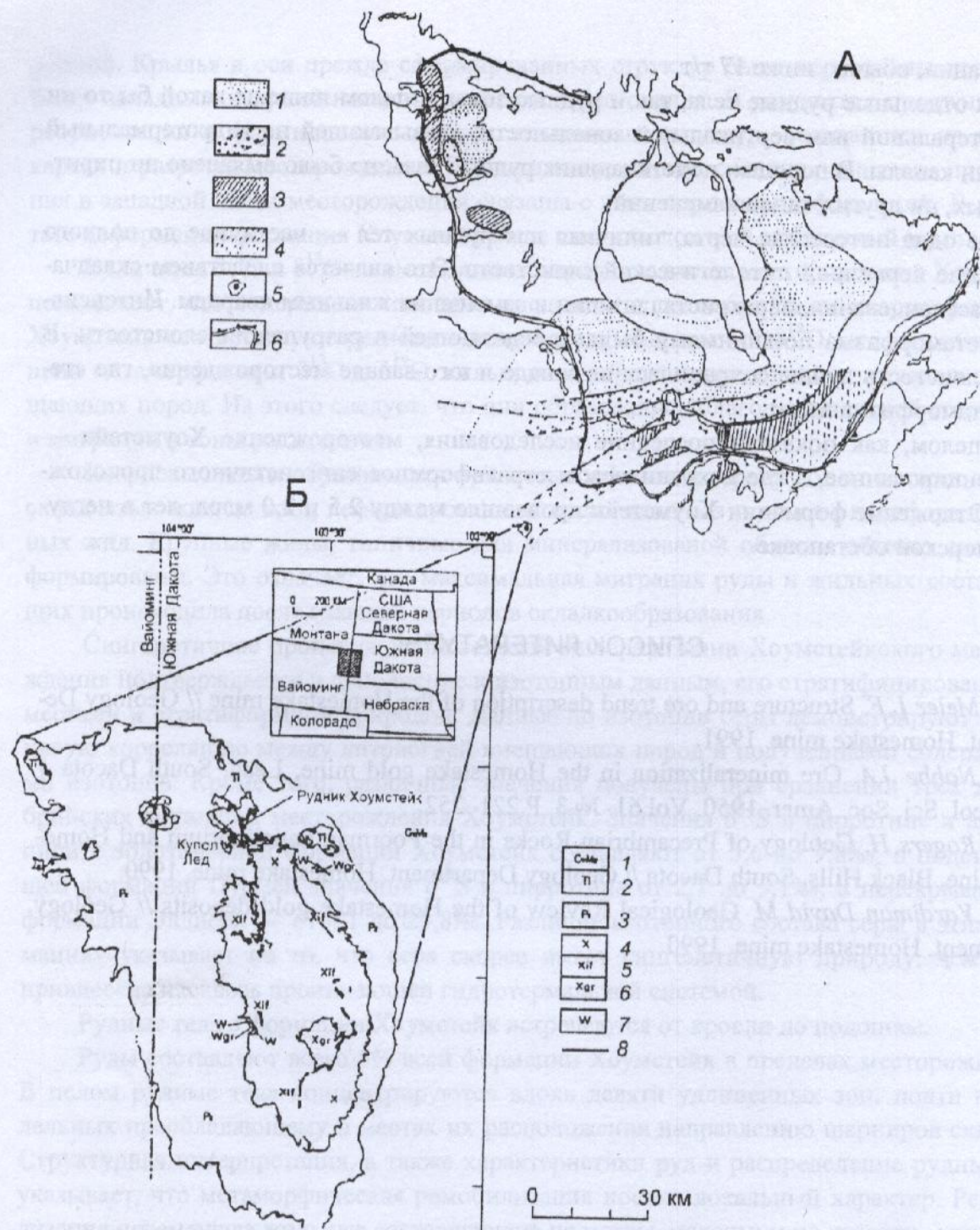


Рис. 1. Региональная позиция месторождений Хоумстейк, J.Noble, 1950:

А — позиция месторождения на продолжении золоторудного пояса Абитибид. 1 — зеленокаменные пояса; 2 — блоки архейской коры — гранито-гнейсовые комплексы; 3 — чехол протерозойских отложений; 4 — зона глубинного метаморфизма с редкометалльным оруденением; 5 — купол Хоумстейк; 6 — граница Канадского щита

Б — геологическая схема брахиантиклинального поднятия Блек Хиллс. 1 — кайнозойские и мезозойские породы; 2 — третичные интрузии; 3 — палеозойские отложения; раннепалеозойские образования: 4 — недифференцированные, 5 — железная формация; 6 — границы; 7 — позднеархейские образования; 8 — контакты пород

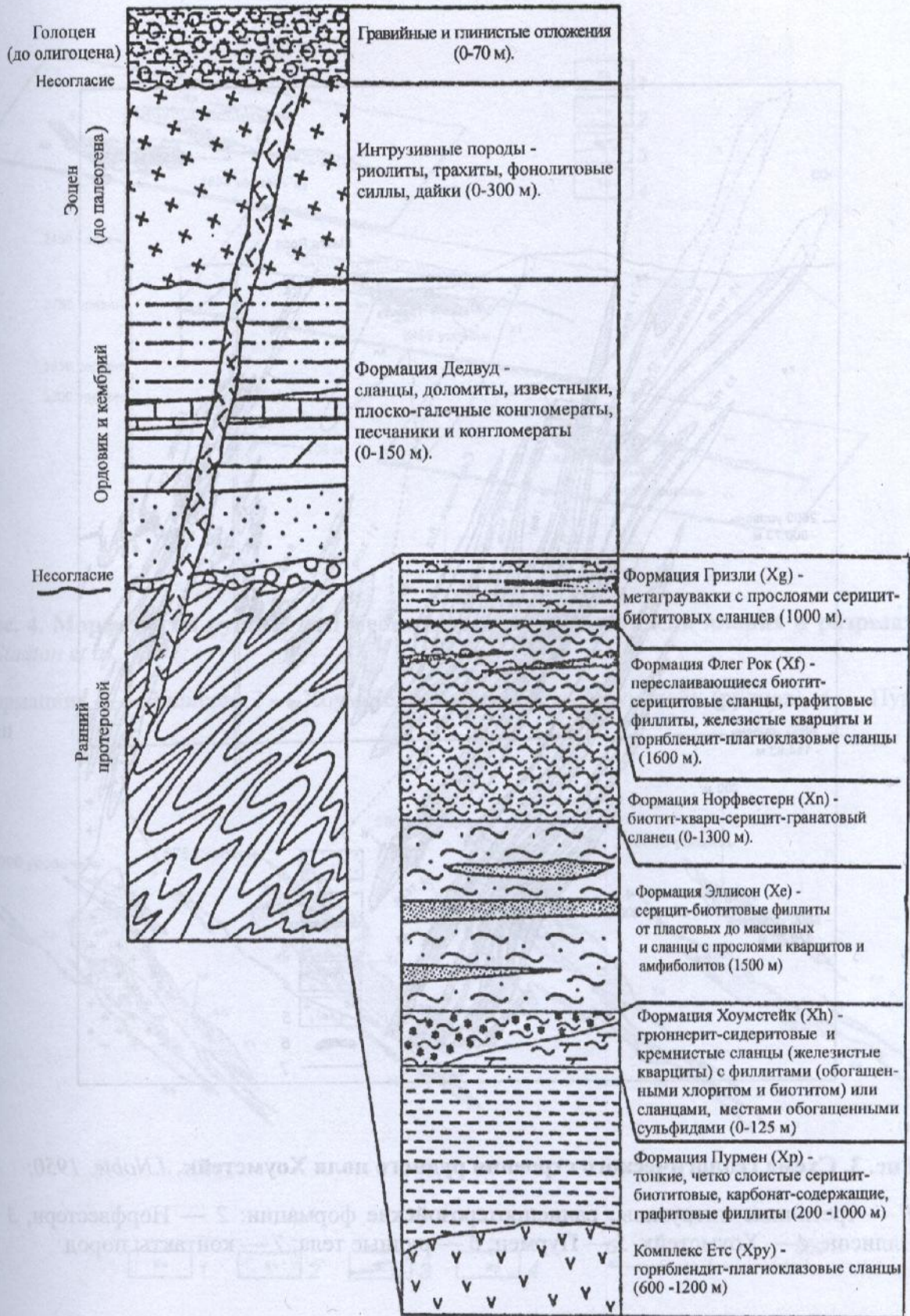


Рис. 2. Схематическая диаграмма, иллюстрирующая стратиграфию области Хоумстейк, H.Rogers, 1990

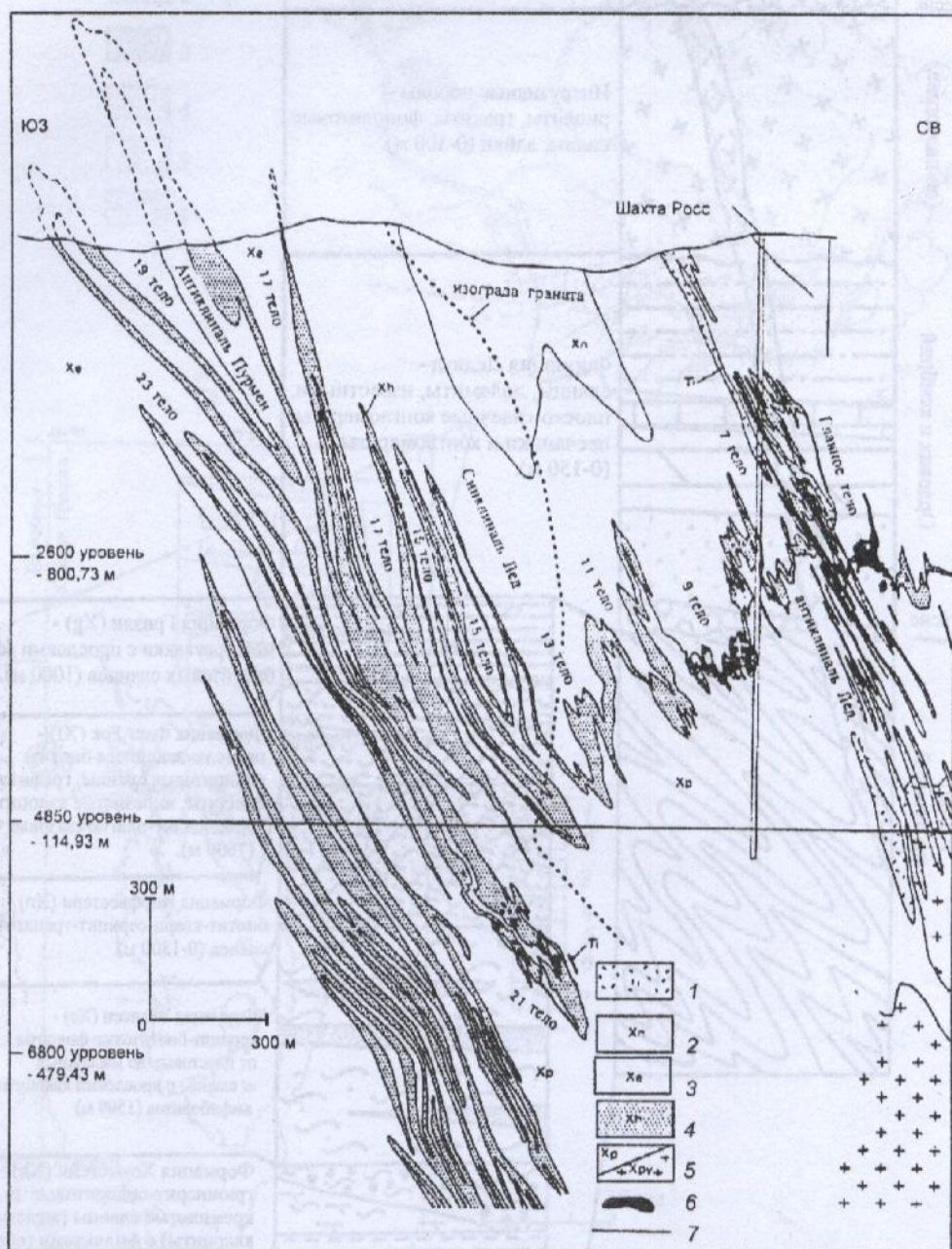


Рис. 3. Схема геологического строения рудного поля Хоумстейк, J.Noble, 1950:

1 — третичные интрузивы; раннепротерозойские формации: 2 — Норфвестерн, 3 — Эллисон, 4 — Хоумстейк, 5 — Пурмен; 6 — рудные тела; 7 — контакты пород

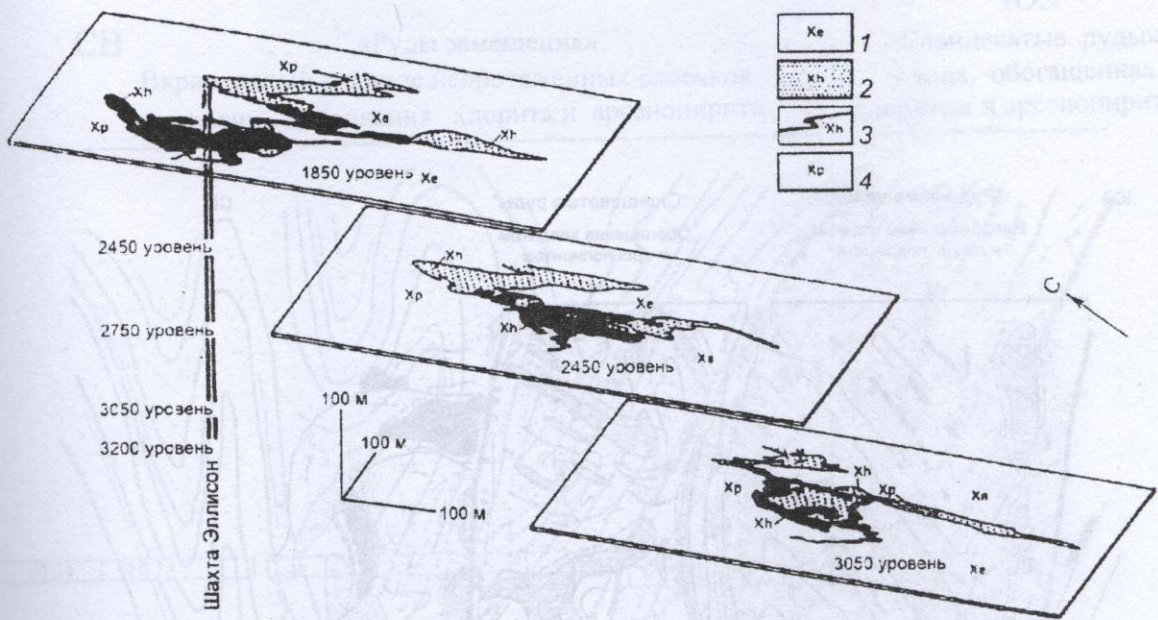


Рис. 4. Морфология рудных тел месторождения Хоумстейк на планах и разрезах, J.Stanton et al., 1991:

формации: 1 — Эллисон, 2 — Хоумстейк (бедная), 3 — Хоумстейк (рудная), 4 — Пурмен

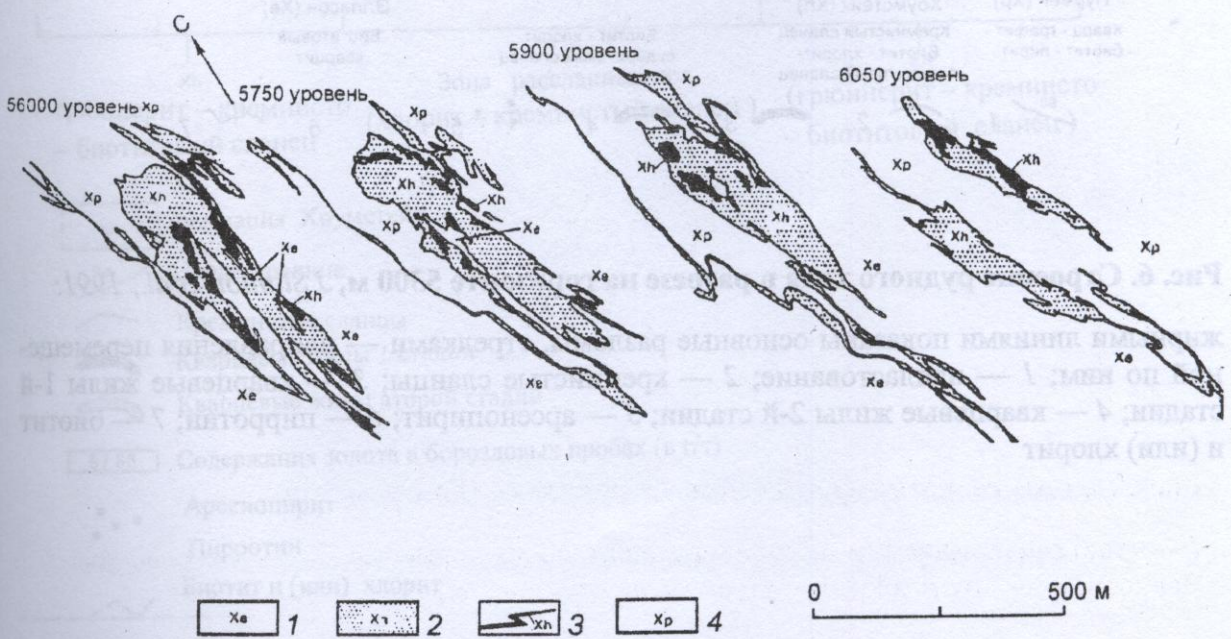


Рис. 5. Строение рудных тел месторождения Хоумстейк, J.Stanton et al., 1991:

усл. обозн. см. рис 4

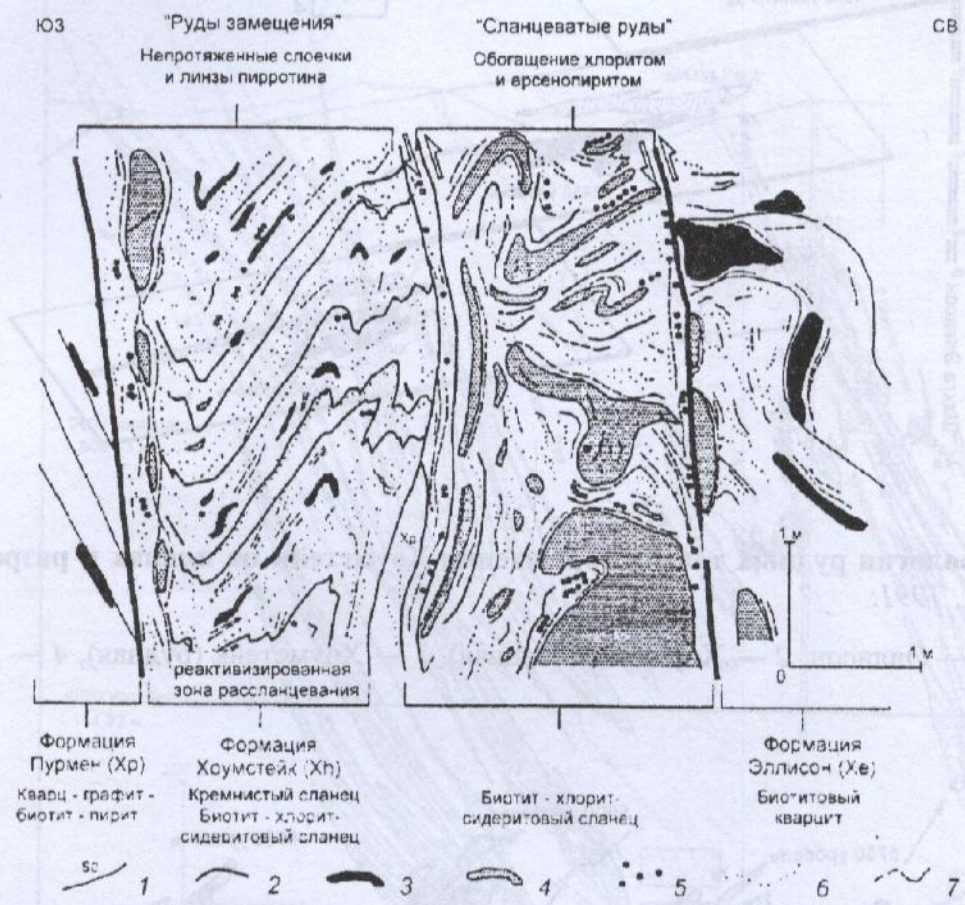
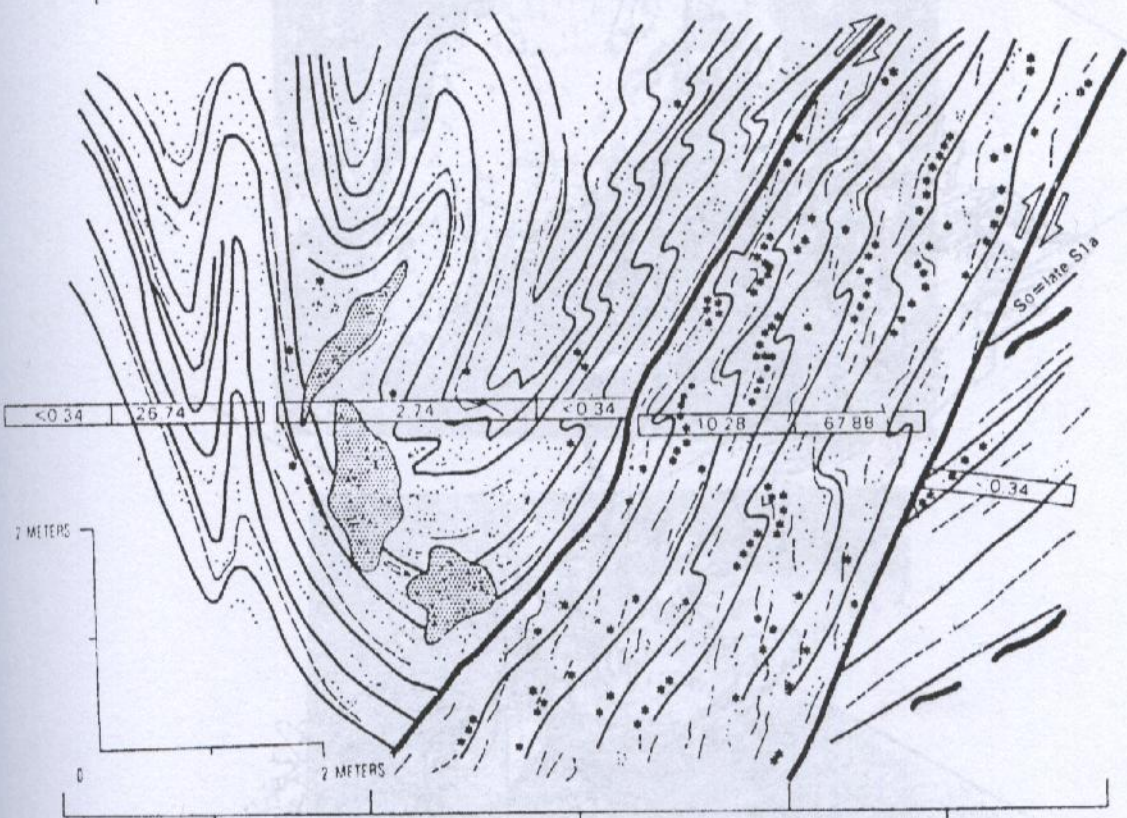


Рис. 6. Строение рудного тела в разрезе на горизонте 5300 м, J.Stanton et al., 1991:

жирными линиями показаны основные разломы, стрелками — направления перемещений по ним; 1 — напластование; 2 — кремнистые сланцы; 3 — кварцевые жилы 1-й стадии; 4 — кварцевые жилы 2-й стадии; 5 — арсенопирит; 6 — пирротин; 7 — биотит и (или) хлорит

Вкрапленный и в виде непротяженных слоечков
пирротин вкрапления хлорита и арсенопирита

«Сланцеватые руды»
(зона, обогащенная
хлоритом и арсенопиритом)



грюннерит – кремнисто
– биотитовый сланец (хлорит – кремнистый сланец) (грюннерит – кремнисто
– биотитовый сланец)

- Xh Формация Хоумстейк
- Напластование
- Кремнистые сланцы
- Кварцевые жилы 1 стадии
- Кварцевые жилы второй стадии
- 67.88 Содержания золота в борздовых пробах (в г/т)
- Арсенопирит
- Пирротин
- Биотит и (или) хлорит

Рис. 7. Строение рудного тела в разрезе на гор. 6350 м, J. Stanton et al., 1991:

жирная линия — разломы

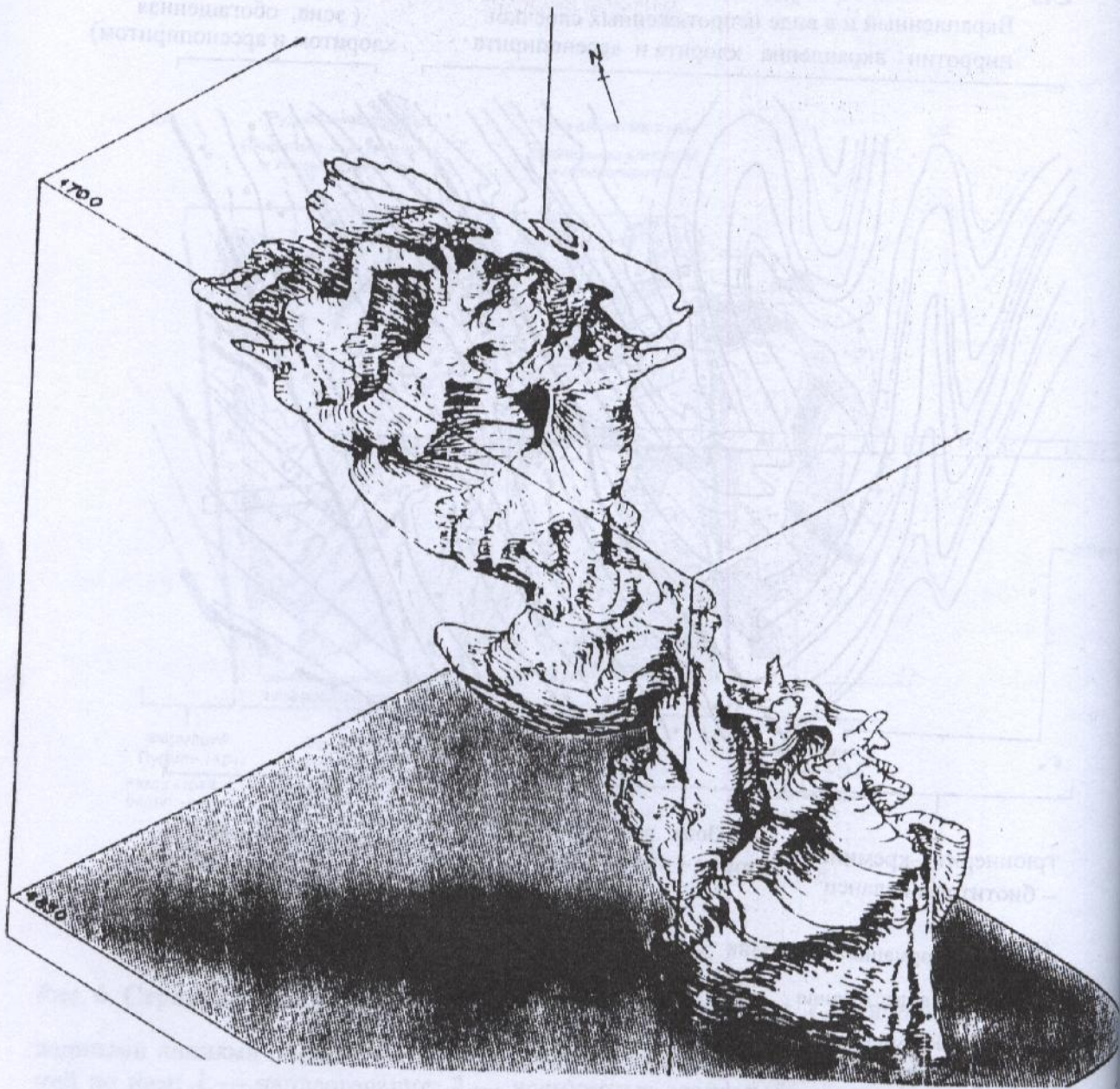


Рис. 8. Объемная фигура рудного тела № 9, D.Vardiman, 1990



Рис. 9. Фрагменты золото- кварцевых руд в зонах смятия, *L.F.Meier, 1991*



Рис. 10. Золотоносная кварц-арсенопиритовая руда, из коллекции музея ЦНИГРИ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВИТВАТЕРСРАНД

Под этим понятием в зарубежной литературе обозначается крупнейший центр подземной добычи золота, объединяющий около 40 шахтных полей. Эти центры разработок сконцентрированы по периферии крупного бассейна архейского осадконакопления и вулканизма, заключающего пологие золотоносные залежи кварцевых конгломератов — «риффы».

Рудный район приурочен к крупному синклинорному прогибу северо-восточного простирания протяженностью около 350 км при ширине 25–50 км. Эта структура интерпретируется В.Е.Хаиным как межгорный прогиб, выполненный орогенной моласой. Прогиб осложнен серией куполов, в ядрах которых выходят подстилающие его граниты, а по периферии последовательно фиксируются все составляющие рудоносной свиты Витватерсранд, общая мощность которой составляет около 8 км. Интересно отметить, что залегание ее более крутое в бортах прогиба и более пологое в центральных частях. А.Д.Щеглов подчеркнул значение рифтогенных структур в основании прогиба — с ними связана вулканогенная составляющая разреза.

Свита сложена терригенными обломочными отложениями — кварцитами, гравелитами, глинистыми сланцами, песчаниками, конгломератами. Нижний ее отдел, мощностью 2700–6000 м, менее золотоносен. Он состоит преимущественно из сланцев и тонкозернистых кварцитов. Верхний отдел, мощностью от 1500 до 4500 м, в большей степени насыщен грубообломочными фациями и включает основные горизонты золотоносных конгломератов — Майн, Майн Лидер, Южный и Карбон Лидер.

Слои, включающие пласты конгломератов, образовались в пределах равнины вблизи уровня моря. Остается предметом дискуссии вопрос, была ли эта поверхность дном моря или озера, морским побережьем, низкой дельтой или предгорной равниной. Грубость материала, мощность и постоянство галечниковых слоев указывают на снос больших масс гравия, частично образовавшихся, по-видимому, в результате ледниковой деятельности в горах (на что указывают горизонты тиллитов). Такой, например, выдержанный слой, как Майн-Риф-Лидер, мог образоваться путем выноса огромного количества материала целой системой рек, и затем его сортировки в результате наступления береговой линии. Естественно, что тяжелые минералы — железо, золото, платина — отлагались вместе с галькой и концентрировались внутри гравийных или конгломератовых слоев. Позже рудоносные слои были пересечены дайками диабазов и многочисленными кварцевыми жилами, заключающими в небольших количествах тальк, турмалин и сульфиды.

Золотоносные горизонты представляют собой пласты конгломерата мощностью от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров с кварцевой галькой и плотным кварцевым цементом, содержащим золото. Наряду с кварцем, составляющим 70–80% цемента конгломерата, в нем отмечают также тонкозернистый серицит, хлорит, мусковит, пирофиллит и небольшое количество аксессуарных минералов: рутил, циркон, ксенотим, монацит, турмалин и гранат. Из рудных минералов в основной массе конгломерата содержатся сульфиды: пирит, марказит, пентландит, пирротин, сфалерит, халькопирит, галенит, кобальтин, линнеит, арсенопирит.

Преобладающим сульфидом является пирит, к которому часто приурочено золото, представленное обычно тонкозернистой вкрапленностью. В цементе отмечают также детритовые зерна осмистого иридия в сростании с самородной платиной, образующие

новообразованиями самородного золота и пирита. Содержание осмистого иридия изменяется от 3 до 28 г/т, в год добывается около 200 кг этого металла.

Широко распространена урановая минерализация, приуроченная к прослойкам конгломерата и пиритовым кварцитам различных стратиграфических уровней. Главные минералы урана — уранинит, настуран и тухолит — согласно детальным минераграфическим исследованиям имеют детритовый характер. При этом тухолит часто ассоциирует с самородным золотом.

Золото присутствует в сульфидах — пирите, пирротине, халькопирите, арсенопирите, линнеите, пентландите, сфалерите, галените и кобальтине. Наиболее тесно золото ассоциирует с пирротинном.

Характерно наличие двух типов золота. Первичное — представлено округлыми зернами размером 1–100 мкм, сцементированными кварцем и обрастающими новообразованиями кварца и пирротина. Вторичное — имеет отчетливо выраженный эпигенетический характер. Оно замещает обломки и зерна кварца в цементе, выполняет интерстиции, замещает хлорит, серицит, мусковит. Однако в целом золото не выходит далеко за пределы золотоносных конгломератов. Кварцевые жилы, секущие более богатые участки пластов, могут содержать золото, иногда в них встречаются и очень богатые карманы. Однако ни разу не удалось зафиксировать продолжение подобных золотоносных жил за пределы рудоносного горизонта. В цементе вторичное золото встречается в виде тонких слоев или пленок на кристалликах пирита или в виде прожилков, проходящих из цемента в трещины кварцевых галек и даже частично замещающих последние. В богатых пластах золото может присутствовать в крупных кристаллах, при этом оно часто сопровождается графитом, либо нарастая на зерна последнего, либо пересекая их. Однако графит может встречаться и независимо от золота.

Золото в рудах высокопробное (850–950), отношение серебра к золоту, по данным различных авторов, составляет 1:10–1:15.

Золото распространено в рудоносных горизонтах неравномерно. Оно может концентрироваться у основания или верхней части слоя и явно связывается с более крупной галькой, что указывает на более сильную деятельность течения. В целом скопления золота, или богатые струи, совпадают с полосами более крупнообломочных конгломератов и, как можно судить по ориентировке галек, с направлением транспортировки материала. Между струями в рудном горизонте уменьшается размер галек, появляются участки кварцитов. Богатые струи расположены на широкой низкой равнине, не зависят от структур, сбросов или глубины от поверхности и являются по существу древними россыпями. Механизм одновременного отложения крупногалечного и дезинтегрированного материала, часто обогащенного органикой и аккумулярующего Au и U, предлагается использовать для объяснения условий образований рудоносных баров (рифов) Витватерсранда, представляющих возможно русловые отложения бурных палеорек.

В целом после острой дискуссии о генезисе месторождения Витватерсранд победила модель «палеорусл», в течение последних 20 лет эффективно направляющая поисково-разведочные работы. Однако ею нельзя объяснить многие важные элементы формирования месторождения, появились и новые, противоречащие этой гипотезе, данные. При прогнозировании месторождений этого типа в России необходимо учитывать:

1. Тектонический характер возникновения впадины Витватерсранд. Выделено шесть крупных импульсов прогибания, фиксируемых значительными угловыми несогласиями горизонтов осадочных толщ.

2. Наличие перекрывающих рудоносные толщи покровов базальтов, «запечатывающих» прогиб и являющихся естественной составляющей всего орогенного комплекса. Подобные платобазальты характерны для завершающих стадий фанерозойских орогенных областей.

3. Выше уже отмечалась неясность первичного источника золота. Если золото имеет обломочное происхождение и образовалось при эрозии рудных месторождений, должен существовать эквивалент в виде одного гигантского (1000 т) месторождения для каждого из 40 рудников Витватерсранда (не считая оставшихся запасов, оцениваемых в 30 тыс. т Au).

4. С позиции россышной модели труднообъяснимы: концентрация минерализации в лежачем боку рифов, структурный контроль рудных лент, базовые геохимические ассоциации Au-S-Fe-As-C и U-C-Ti.

5. Повышенные концентрации в самородном золоте ртути (1–4%), что не характерно для россышного золота.

6. Установление стабильно повышенных концентраций Au в «пустых» породах, сланцах и песчаниках, которые, по последним данным, содержат 0,1–1,0 г/т Au, так что валовые концентрации Au в них достигают огромных масштабов.

7. Наличие в основании депрессии разломов, которые могли определять положение осевых частей палеорусел. Такие разломы близмеридионального простирания, определяющие положение конгломератов, установлены в пределах южной части ЮАР, где ведется поиск погребенных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. – М.: Недра, 1991.
2. Щеглов А.Д. О металлогении Южно-Африканской республики, генезисе золоторудных месторождений Витватерсранда и проблеме открытия их аналогов в России. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1994, 34 с.
3. Barnicoat A.G., Henderson H.C., Knipe R.J. Hydrothermal gold mineralization in the Witwatersrand basin // Nature. 1997. Vol.386. № 6627. P.820–824.
4. Batton A. Transvaal and Hamerslay Basins-Review of Basin Development and Mineral Deposits // Mineral. Sci. End. 1976. Vol.8. № 4. P.14–28.
5. Hatchinson R.W. Metallogeny of Precambrian gold deposits: Space and time relationships // Econ. Geol. 1978. Vol. 82. № 8. P.1993–2007.
6. Hatchinson R.W., Viljoen R.P. Re-evaluation of gold source in Witwatersrand ores // S. Afr. Geol. 1988. № 186-91 (2). P.153–173.
7. Pretorius D.A. The Goldfields of the Witwatersrand basin // Johannesburg: Geol. Soc. of S.Africa. 1986. P.493.
8. Witwatersrand gold — 100 years. Johannesburg. 1986. P.298.

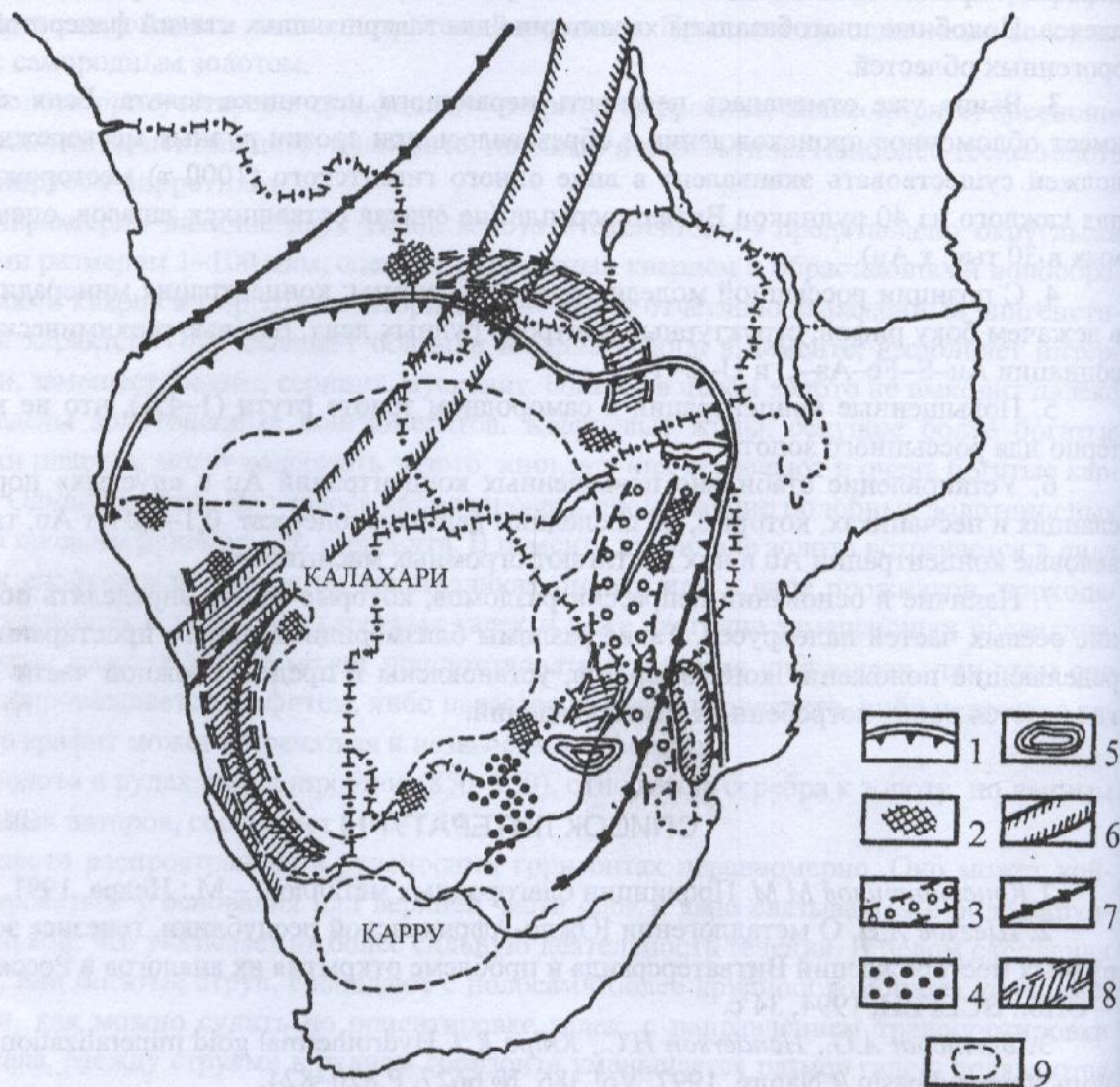


Рис. 1. Схема металлогении Южной Африки, М.М.Константинов, 1991:

1 — границы Южно-Африканского щита; 2 — области развития железорудных месторождений; 3 — пояс золоторудных месторождений золото-железисто-кварцевой формации; 4 — золотоносные конгломераты Витватерсранда; 5 — Бушвельдский комплекс; 6 — пояс месторождений редкометальных пегматитов; 7 — линейменты, контролирующие размещение карбонатитовых месторождений; 8 — пояс медистых песчаников; 9 — границы современных впадин

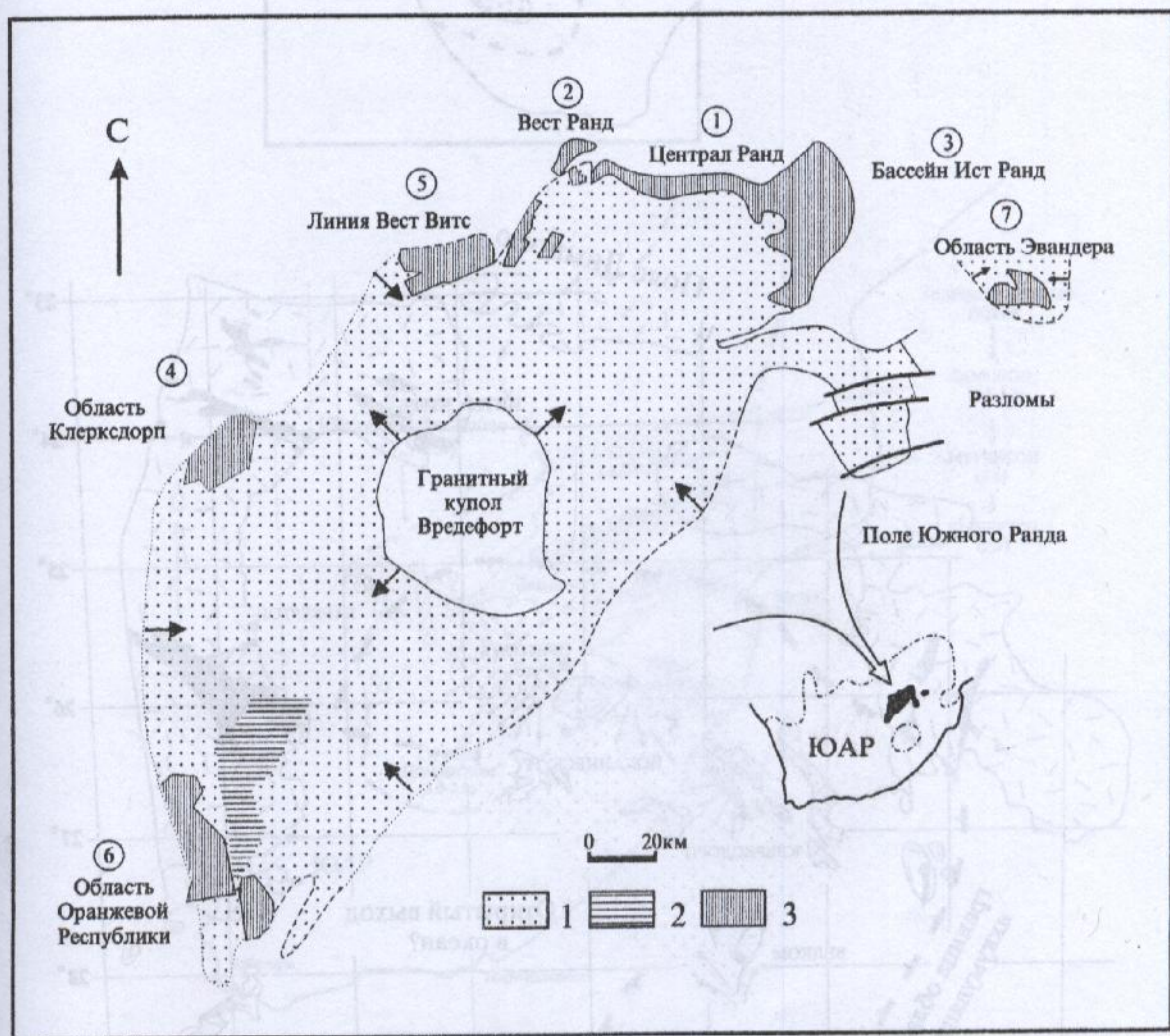


Рис. 2. Бассейн Витватерсранд и его окрестности, *Witwatersrand Gold-100, 1986*:

1 — группа Центрального Ранда; 2 — группа Западного Ранда; 3 — территории горной добычи

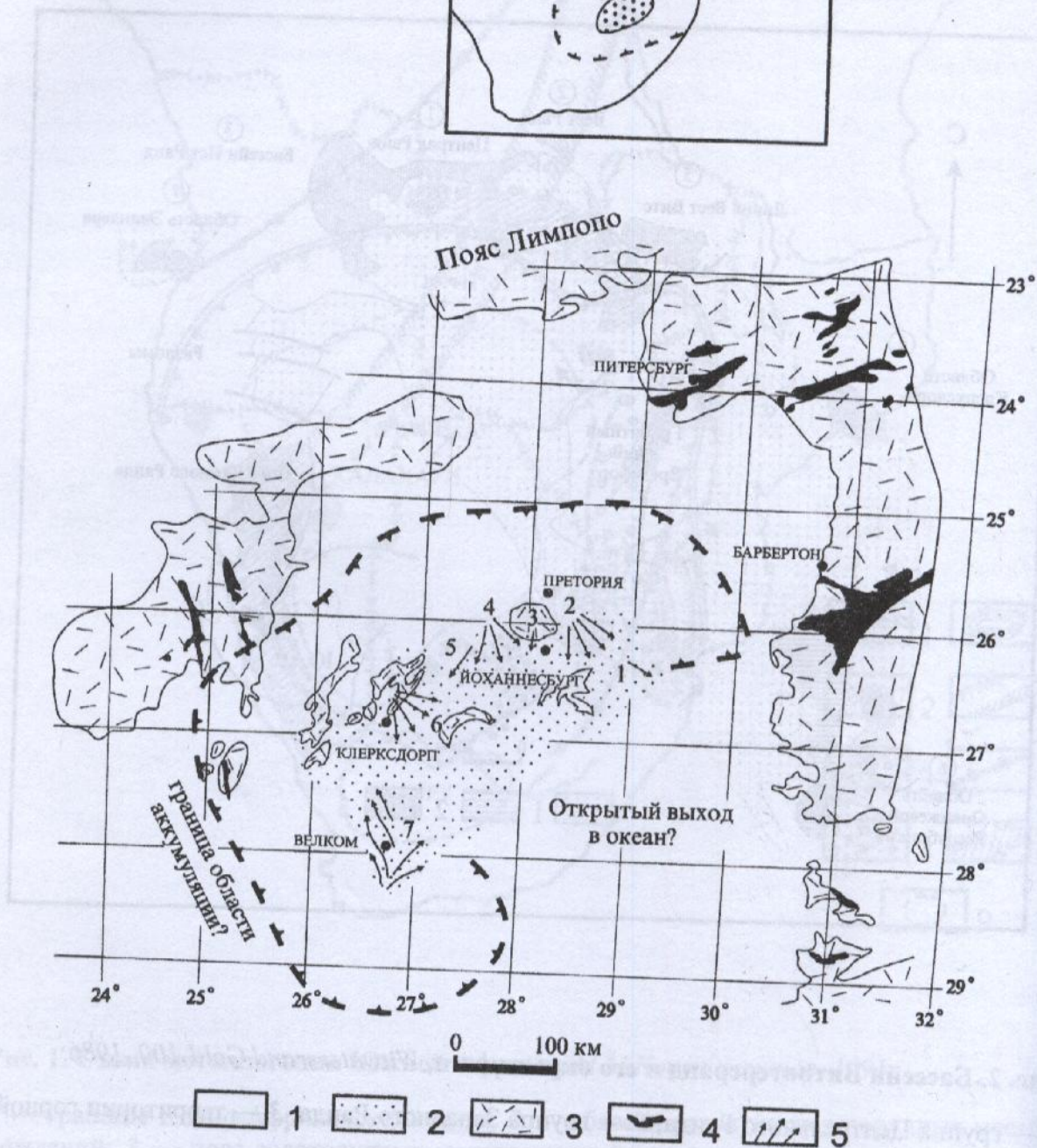
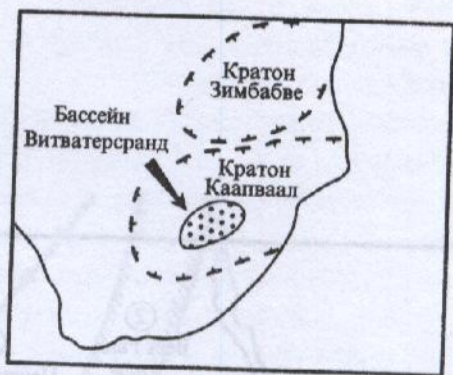


Рис. 3. Позиция бассейна Витватерсранд в кратоне Каапваал, *Witwatersrand Gold-100, 1986*:

1 — породы после-Витватерсрандские; 2 — бассейн Витватерсранд; 3 — до-Витватерсрандское основание, включающие Доминион Риф и др.; 4 — сланцевые пояса; 5 — направление сноса; цифры — золоторудные поля: 1 — Эвандер, 2 — Ист Ранд, 3 — Централ Ранд, 4 — Вест Ранд, 5 — Вест Витс, 6 — Клерксдорп, 7 — Фри Стейл

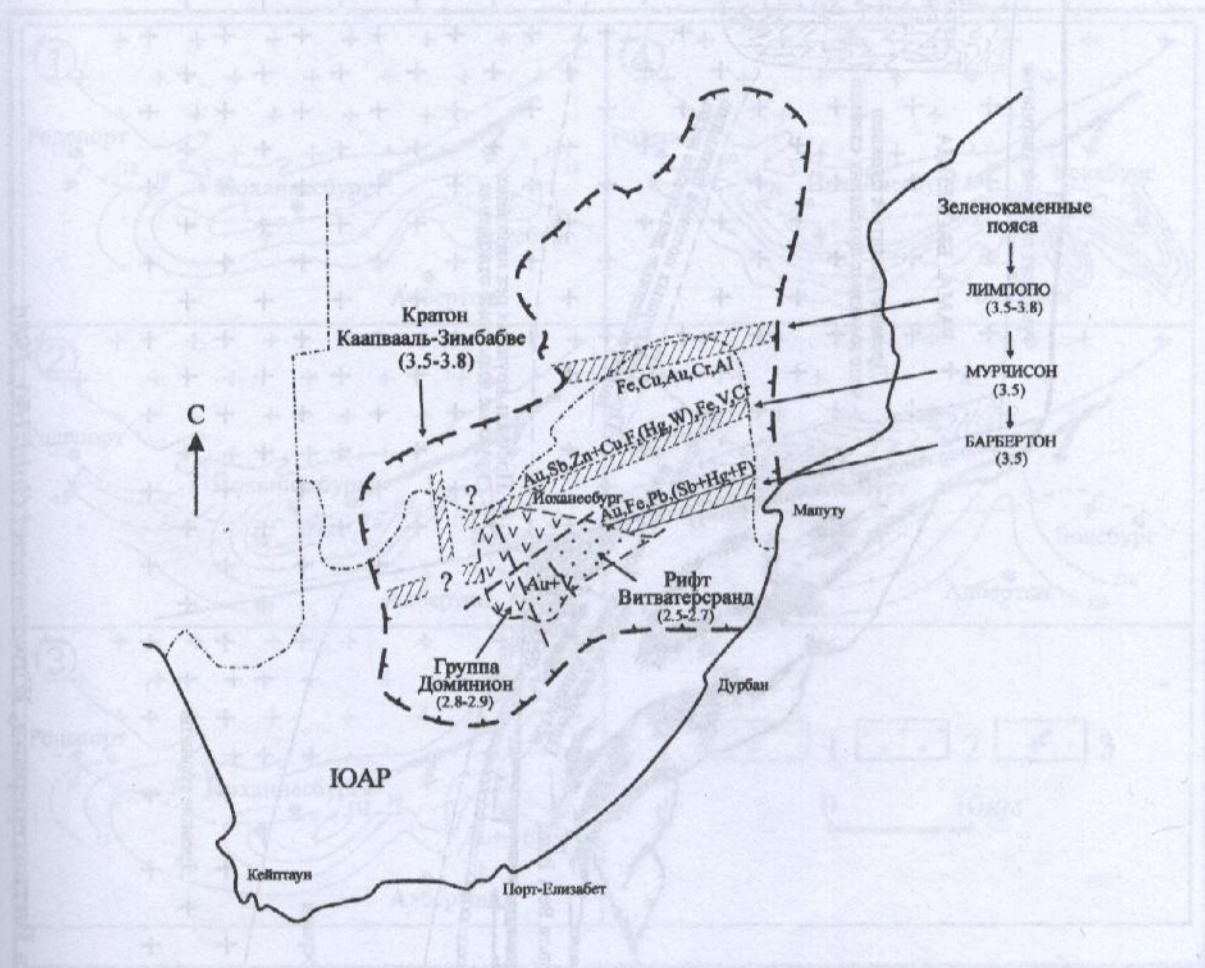


Рис. 4. Схема расположения основных зеленокаменных поясов и рифта Витватерсранд на едином архейском кратоне Каапвааль-Зимбабве, А.Д.Щеглов, 1994:

в скобках — абсолютный возраст; показаны элементы, характеризующие особенности металлогении разных структур

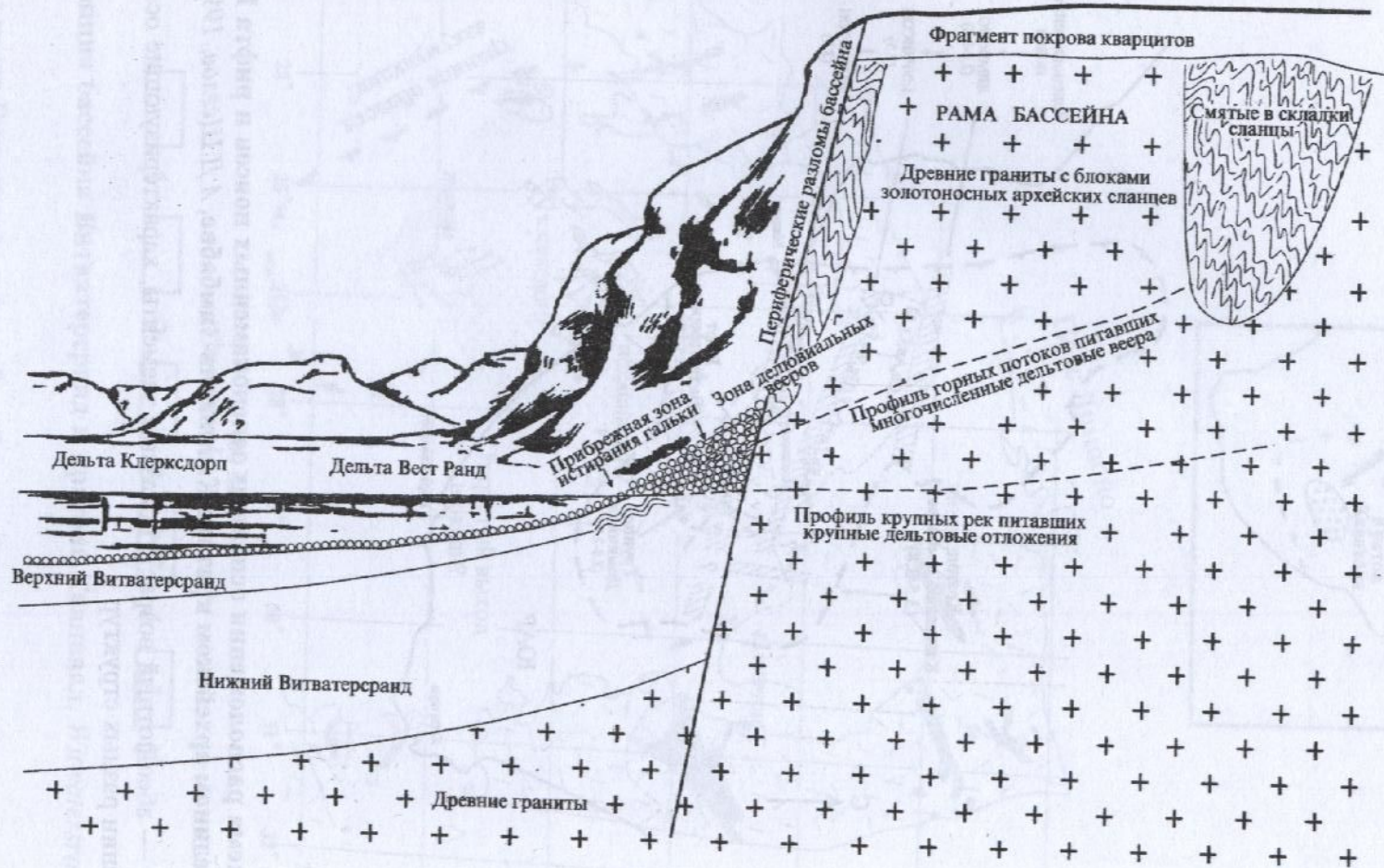


Рис. 5. Схема формирования бассейна Витватерсранд, *Witwatersrand Gold-100*, 1986

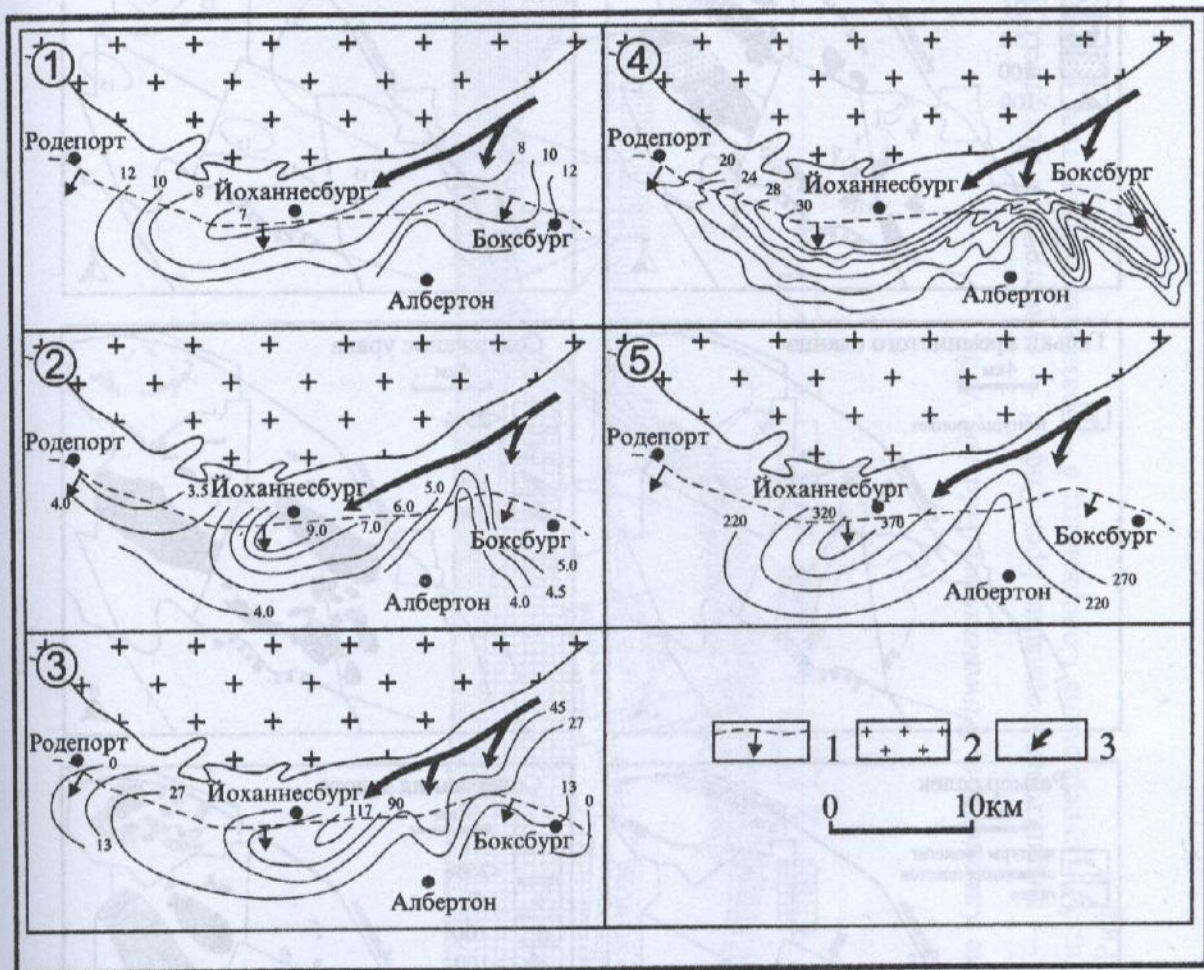


Рис. 6. Минерало-геохимические характеристики золотоносного горизонта конгломератов Майн-Риф-Лидер, D.A.Pretorius, 1986:

1 — выход пласта на поверхность; 2 — границы купола Йоханнесбург; 3 — положение осевой части палеоруслы и его ответвлений; цифры в кружках: 1 — концентрации Ag ($n \times 10^{-6}$); 2 — концентрации Au (г/т); 3 — изопахиты (в см) горизонта конгломератов; 4 — размер зерен циркона (мм) в цементе конгломератов; 5 — количество осмистого иридия (г), приходящегося на 1 т Au

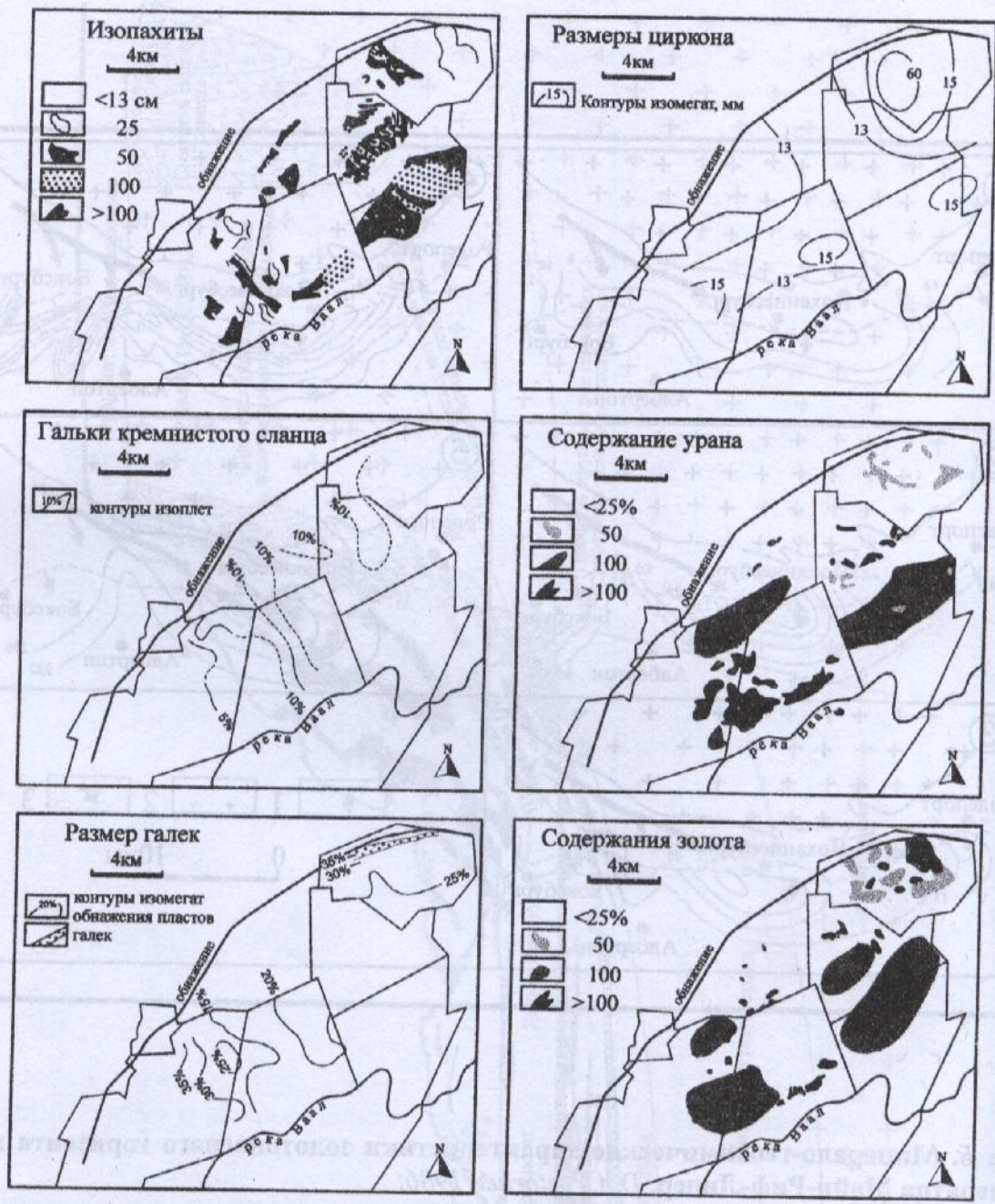


Рис. 7. Комплексная характеристика фрагмента рудного тела месторождения Витватерсранд (рудное поле Клеркдорп, риф Ваал), Witwatersrand Gold-100, 1986

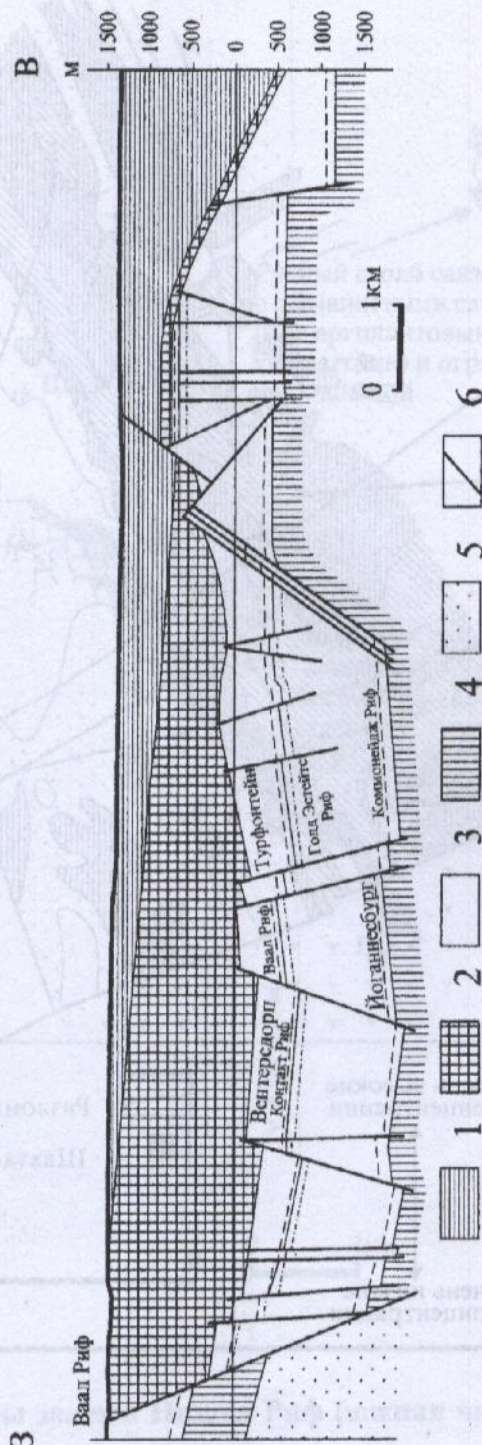


Рис. 8. Разрез через золоторудное поле Клерксдорп, *Witwatersrand Gold-100, 1986.*

1 — группа Чинуспурт (доломиты); 2 — кварцитовая формация Брек Риф; 3 — супергруппы Йоганнесбург, Турфонтейн, Вентерсдорп; 4 — супергруппа Джешерстаун; 5 — супергруппа Соверимент; 6 — разломы; рудные тела на разрезе: Контакт Риф, Ваал Риф, Голд Эстейтс, Риф, Коммонейдж Риф

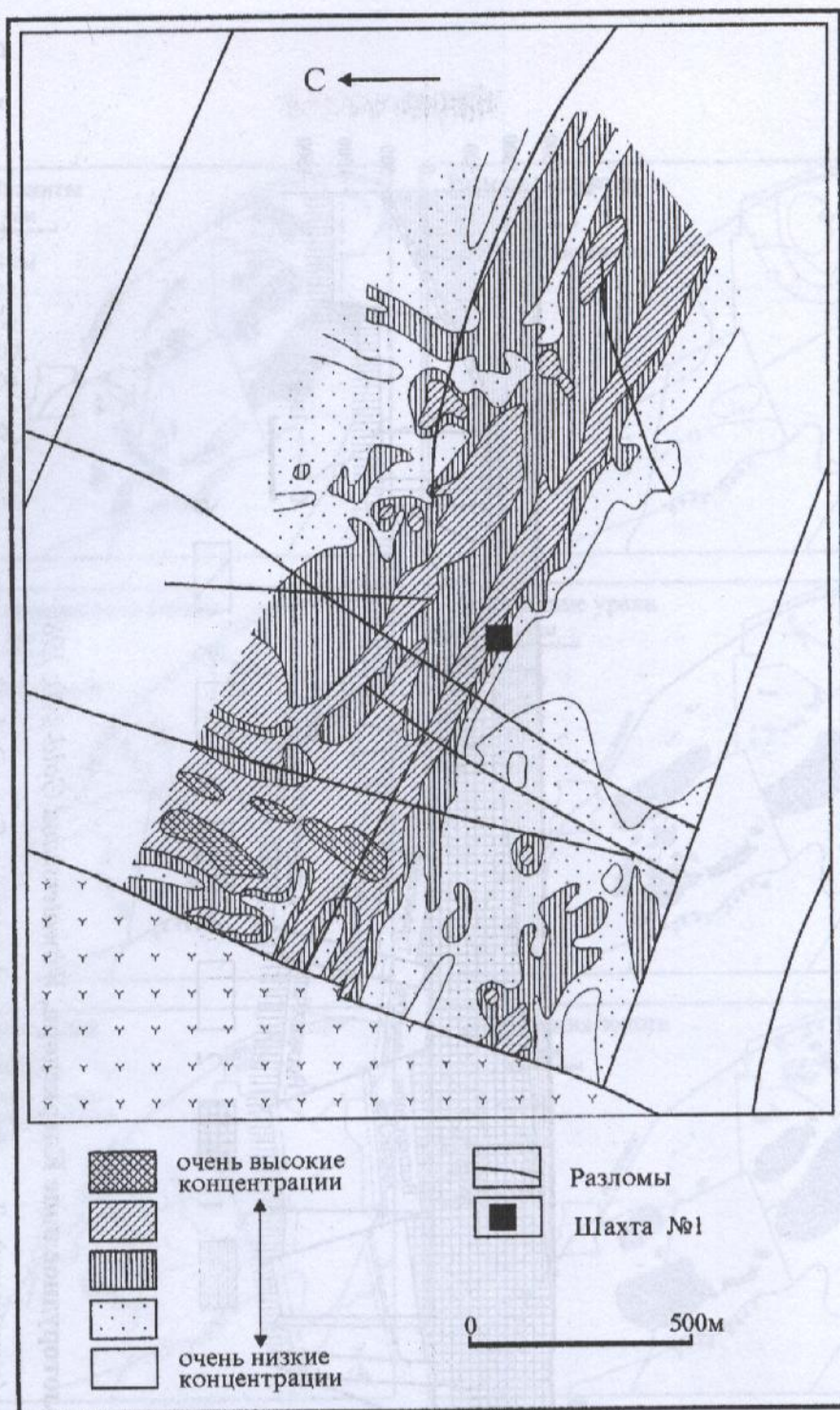


Рис. 9. Фрагмент плана Западного Ранда, иллюстрирующий распределение концентраций золота в связи с разломами, R.W.Hatchinson, 1978

X + 2 930 000 м

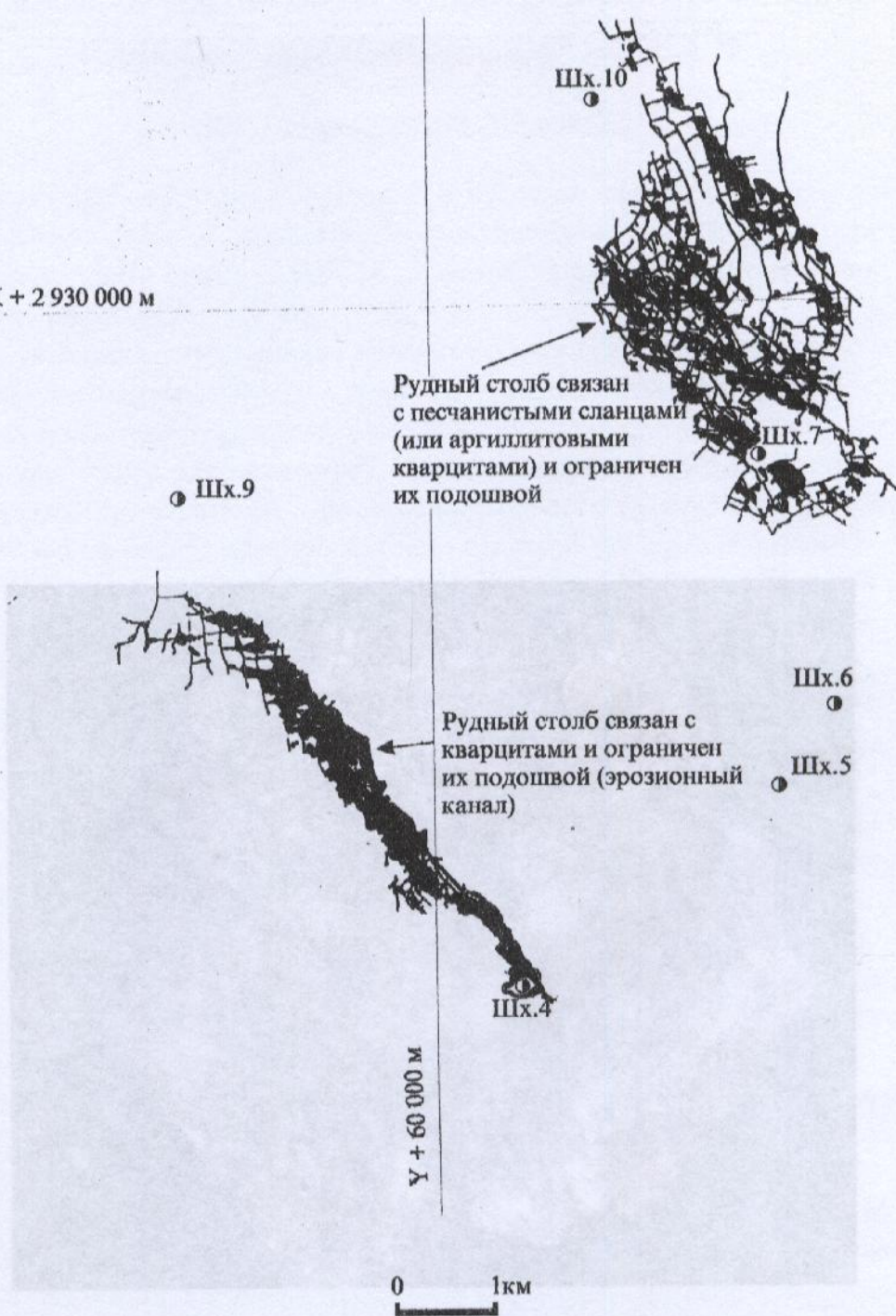


Рис. 10. Рудные столбы залежи Нишел Риф (южная часть бассейна), *Witwatersrand Gold-100*, 1986



Рис. 11. Золотоносный конгломерат, из коллекции музея ВСЕГЕИ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОДСКОЕ

Месторождение находится в Армении, в пределах офиолитового пояса Малого Кавказа (Северо-Ахерийской зоны). Территория месторождения определяется пересечением офиолитового пояса с северо-западного простирания скатомой близомеридиональной зоны разломов Зангезурского хребта.

Северо-Ахерийская зона сложена вулканогенными и вулканоэффузивно-марболовыми породами верхнеюрского-нижнекрейдового возраста, приуроченными к субортодоксальному комплексу верхнего мела. В конце палеогеновое время происходит образование третичного вулканического конглоката, проявляющегося на месторождении в виде рудоконглокатов субширотного и близомеридионального простирания, образованных в ополотных зонах дробления преимущественно в массиве габброидов и фойалитовых тел. При разрыве месторождения по шельфовым горизонтальным разломам в результате разрывов древней дорудной структуры были установлены углеродным определением, составившим около 2000 лет.

3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

Месторождение Зодское (рис. 1) расположено в 9-10 км к югу от Зодского месторождения, в ореолах фиксируется также кварц, кианит, халькопирит, самородное золото, активный.

Исходными породами являются метасоматически измененные габброиды, диориты и тела ортогнейсов в дайках разломов. Метасоматизм имеет гидротермально-обратный состав с широким проявлением акцрита и оливинита.

Рудные тела месторождения представлены минерализованными жилами, также выделены стержневые кварц-сульфидные жилы и прожилково-карманные минерализации. Их границы определяются по данным опробования при бортовом содержании 3 г/т и среднем содержании золота в руде 0-4 г/т. Составление: Au/Ag=1.

Основные зоны минерализации распространены до 1-2 км, мощность их от нескольких до десятков метров. Выделены следующие стадии минерализации: 1) дорудная кварцевая; 2) кварц-пирит-арсенопиритовая (с примесью сероводорода и золота); 3) кварц-карбонат-сульфидная (золотосная); 4) кварц-карбонат-карбонат-золотосная; 5) кварц-карбонат-сульфид-цинкитовая (с золотом); 6) кварц-карбонатная (безрудная).

Наряду с самородным золотом, характерно широкое проявление оловянных, в том числе сульфидов кобальта и никеля, полиметаллических, вероятно, в результате эмиграции этих элементов из вмещающих пород. Месторождение связано с третичным металлогенезом (22-10 млн. лет), и имеет характерные признаки близомеридионального образования (наличие карбоната, теллуридов, гидроселена в продуктах метасоматизма). Оно может быть отнесено к золото-теллуридовому пехламическому типу золоторудной формации.

Самобудное месторождение обусловлено наличием третично-эволюционного комплекса на габбро-перидотитовой субстрате сложного строения, частично приподнявшейся марболожно рудных тел и выветривший состав руд.

3.1. МЕСТОРОЖДЕНИЯ В КОМПЛЕКСАХ ОСНОВАНИЯ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОДСКОЕ

Месторождение находится в Армении, в пределах офиолитового пояса Малого Кавказа (Севано-Акеринской зоны). Позиция месторождения определяется пересечением офиолитового пояса северо-западного простирания системой близмеридиональной зоны разломов Зангезурского хребта.

Севано-Акеринская зона сложена вулканогенными и вулканогенно-карбонатными толщами верхнеюрского-мелового возраста, прорванными интрузиями габбро-перидотитового комплекса верхнего мела. В миоцен-плиоценовое время происходит становление третичного вулканического комплекса, проявленного на месторождении дайками риолитов субширотного и близмеридионального простирания, образованием субширотных зон дробления преимущественно в массиве габброидов и формированием рудных тел. При разведке месторождения штольневými горизонтами были установлены реликты древней деревянной крепости, возраст которой, согласно углеродным определениям, составлял около 3000 лет.

Месторождение было найдено, вероятно, по шлиховым ореолам (обычно 6–9 зерен на шлик), в ореолах фиксируется также киноварь, касситерит, электрум, самородное олово, антимонит.

Вмещающими породами являются метасоматически измененные габброиды, линзовидные тела серпентинитов и дайки риолитов. Метасоматиты имеют гидрослюдисто-карбонатный состав с широким проявлением анкерита и сидерита.

Рудные тела месторождения представлены минерализованными зонами, заключающими стержневые кварц-сульфидные жилы и прожилково-вкрапленную минерализацию. Их границы определяются по данным опробования при бортовом содержании 3 г/т и среднем содержании золота в рудах 6–8 г/т. Отношение Au:Ag=4:1.

Основные зоны минерализации прослеживаются до 1–2 км, мощность их от первых до десятков метров. Выделяются следующие стадии минерализации: 1) дорудная кварцевая, 2) кварц-пирит-арсенопиритовая (с тонкодисперсным золотом); 3) кварц-карбонат-сульфидная (золотоносная); 4) кварц-халцедон-карбонат-золоторудная; 5) кварц-карбонат-сульфоантимонитовая (с золотом); 6) кварц-карбонатная (безрудная).

Наряду с самородным золотом, характерно широкое проявление его теллуридов, а также сульфидов кобальта и никеля, возникшими, вероятно, в результате экстрагирования этих элементов из вмещающих пород. Месторождение связано с третичным металлогеническим циклом (22–10 млн. лет), и имеет характерные признаки близповерхностных образований (наличием халцедона, теллуридов, гидрослюдов в продуктах метасоматоза. Оно может быть отнесено к золото-теллуридовому геохимическому типу золото-серебряной формации.

Своеобразие месторождения обусловлено наложением третичного рудоносного комплекса на габбро-перидотитовый субстрат сложного строения, частично предопределивший морфологию рудных тел и вещественный состав руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амирян Ш.О. Золоторудные формации Армянской ССР. – Ереван: Изд.АН Арм. ССР, 1984, 303 с.
2. Геология Армянской ССР, т. VI. Металлические полезные ископаемые. – Ереван: Изд.АН Арм. ССР, 1967, с.540.
3. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. – М.: Недра, 1984, 164 с.
4. Константинов М.М., Бочек Л.К. Зодское месторождение // Золоторудные месторождения. М. ЦНИГРИ, 1984, т.1, с.206–229.
5. Константинов М.М., Грушин В.А. Геологическая позиция Зодско-Агдзудагского золоторудного узла в Закавказье // Сов. геол. 1969, № 11, с.125–131.
6. Константинов М.М., Грушин В.А. Зодско-Агдзудагский золоторудный узел // Тр. ЦНИГРИ, 1972, вып.101, с.12–35.
7. Магакьян И.Г. Структурно-металлогенические зоны Малого Кавказа // Закономерности размещения. АН СССР, 1960, т.111, с.112–125.
8. Меликян Л.С. Возраст и условия формирования верхнетретичной вулканогенно-осадочной толщи Зодского рудного поля // Изв. АН Арм. ССР, сер. Науки о Земле. 1968, т.4, с.21–26.
9. Саркисян Г.С. О прените и процессах пренитизации на одном золоторудном поле Армянской ССР // ДАН Арм. ССР, 1965, т.41, № 3, с.117–120.

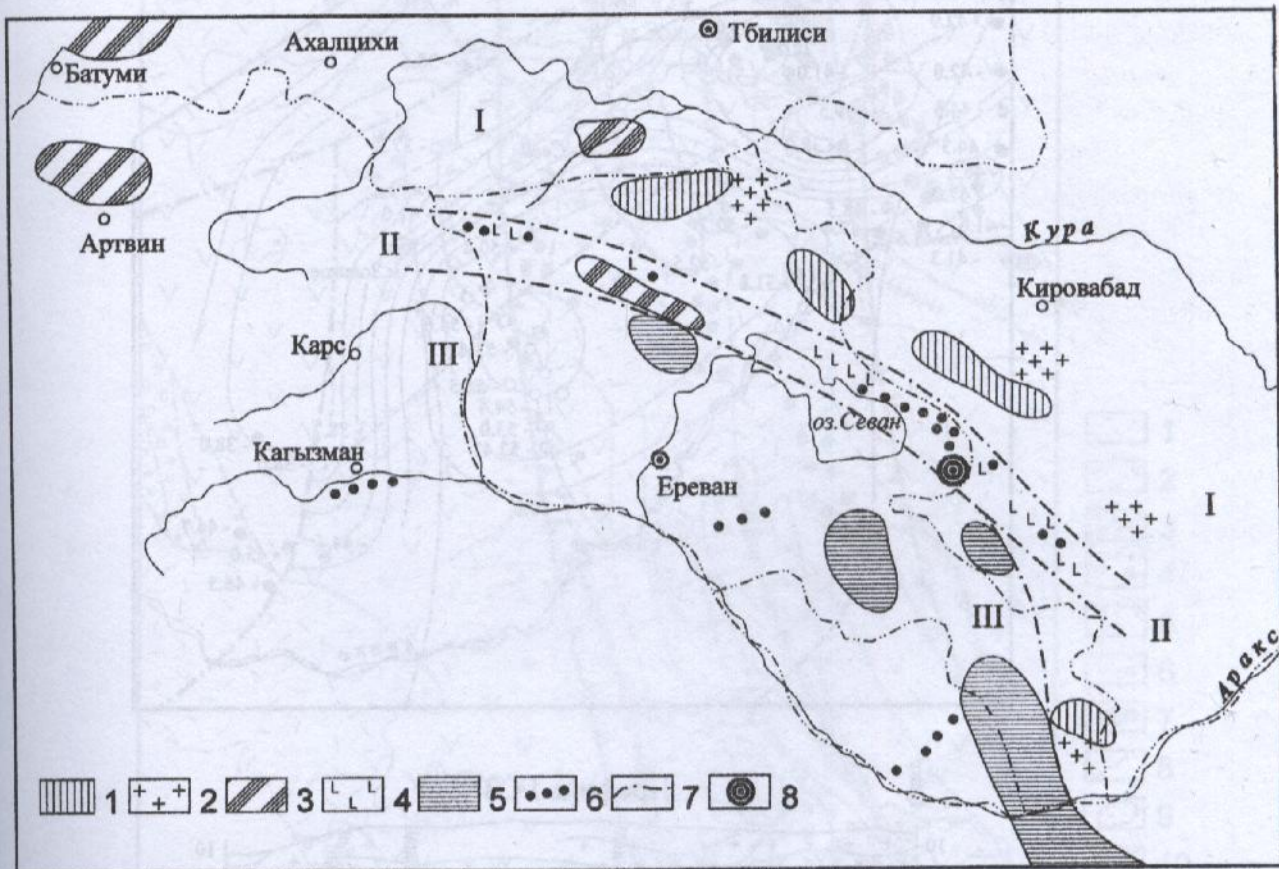


Рис. 1. Схема металлогении Малого Кавказа, И.Г.Магакъян, 1960:

1 — колчеданное оруденение, юрско-меловой этап; 2 — скарновые месторождения Fe, гидротермальные месторождения Co, Cu, Pb, Zn, мел-палеоген; 3 — колчеданное и марганцевое оруденение; 4 — хромитовое оруденение (олигоцен-миоген); 5 — медно-молибденовое оруденение (плиоцен); 6 — низкотемпературная Au, Hg, Sb, As минерализация; 7 — важнейшие разломы (границы рудных поясов); 8 — Зодское месторождение; I-I — колчеданный пояс, II-II — хромитовый и золоторудный пояса, III-III — медно-молибденовый пояс

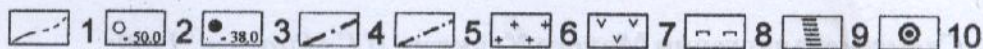
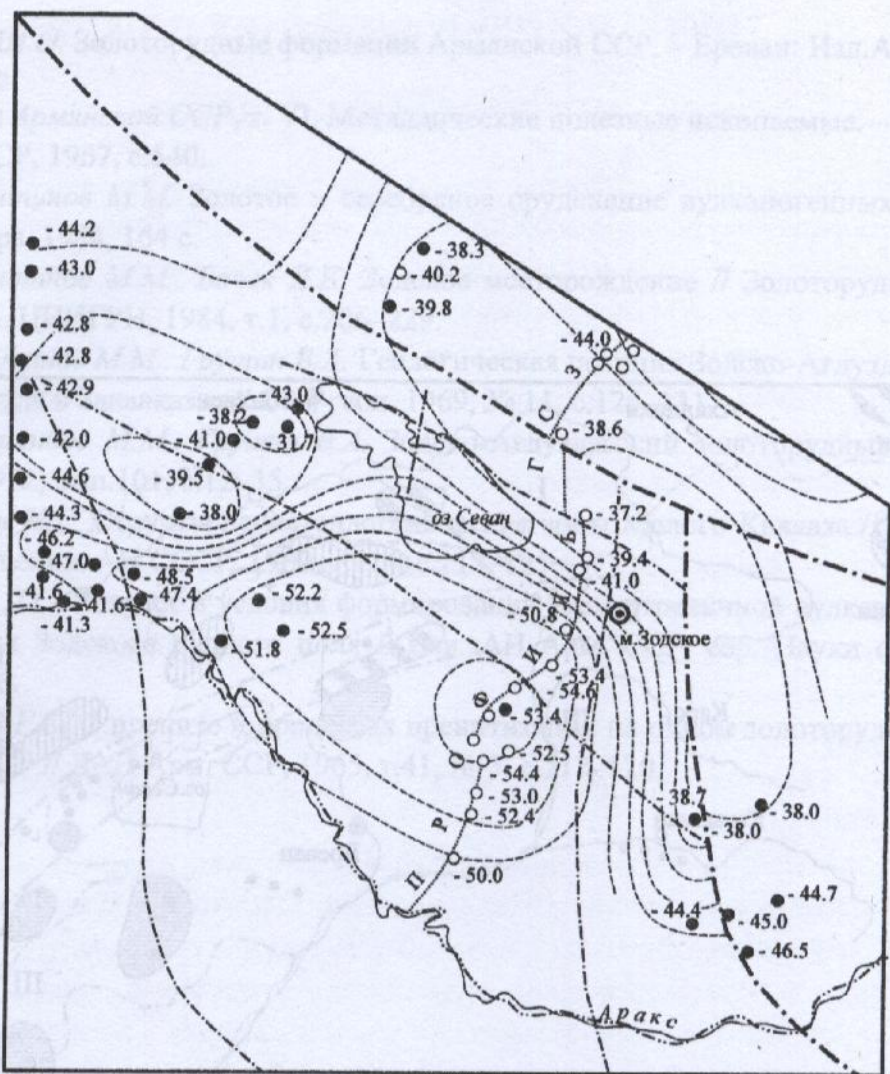


Рис. 2. Схема рельефа поверхности Мохоровича, М.М.Константинов, 1984:

1 — изогипса поверхности М; 2 — отметка поверхности М по ГСЗ; 3 — отметка поверхности М по МОВ; 4 — разломы ограничивающие Южную зону Малого Кавказа; 5 — разломы второго и более высокого порядков; 6 — гранитный слой; 7 — базальтовый слой; 8 — верхняя мантия; 9 — глубинные разломы по ГСЗ; 10 — Зодское месторождение

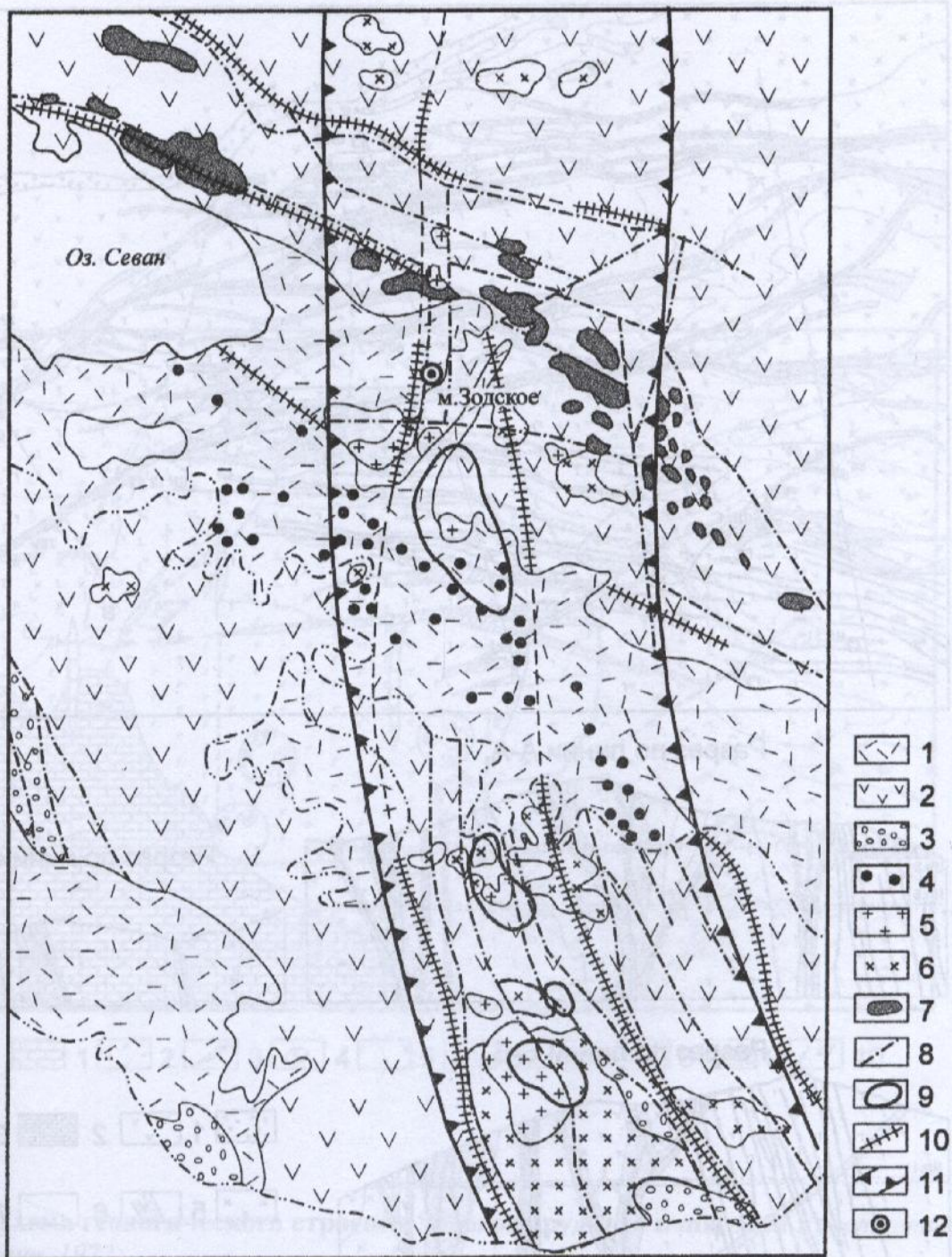
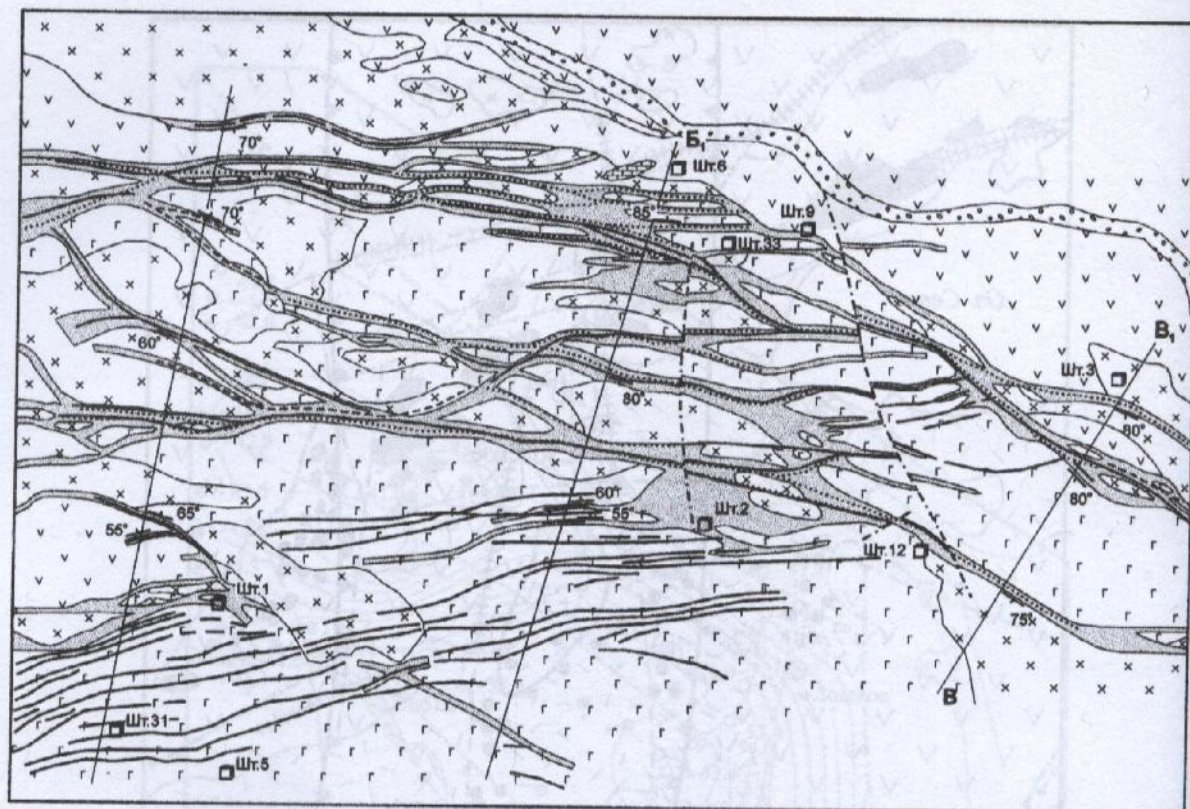
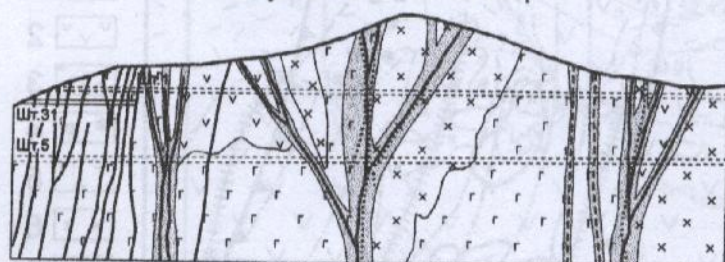


Рис. 3. Положение Зангезурской зоны в структурах Малого Кавказа, М.М.Константинов, 1984:

1 — плиоцен-четвертичные лавовые покровы; 2 — юрско-меловые и палеогеновые вулканогенные комплексы; 3 — выходы палеозойского кристаллического фундамента; 4 — вулканические центры; 5 — олигоцен-миоценовые гранодиорит-порфировые интрузивы; 6 — эоценовые диориты и монзониты; 7 — тела серпентинизированных перидотитов; 8 — разломы; 9 — контуры отрицательных гравиметрических аномалий; 10 — гравиметрические ступени; 11 — контуры Зангезурской зоны разломов; 12 — Золдское месторождение



Разрез по линии А-А₁



Разрез по линии В-В₁



Разрез по линии Б-Б₁

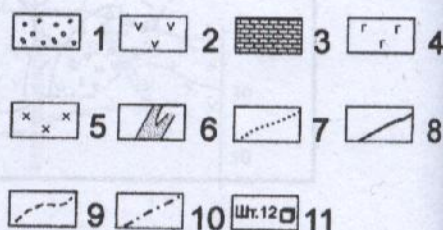


Рис. 4. Схема размещения стадий минерализации на Зодском месторождении, Ш.О.Амирян, 1984:

1 — аллювиальные отложения; 2 — вулканогенные породы, нижний сенон; 3 — рифтовые известняки, нижний сенон; 4 — габбро; 5 — перидотиты серпентинизированные, серпентиниты; 6 — околорудно-измененные породы; 7 — кварц-пирит-арсенопиритовая и кварц-халцедон-карбонат-золото-теллуровая стадии; 8 — кварц-карбонат-сульфидная (золотоносная стадия); 9 — кварц-карбонат-сульфоантимонитовая стадия; 10 — пострудные тектонические нарушения; 11 — устья штолен

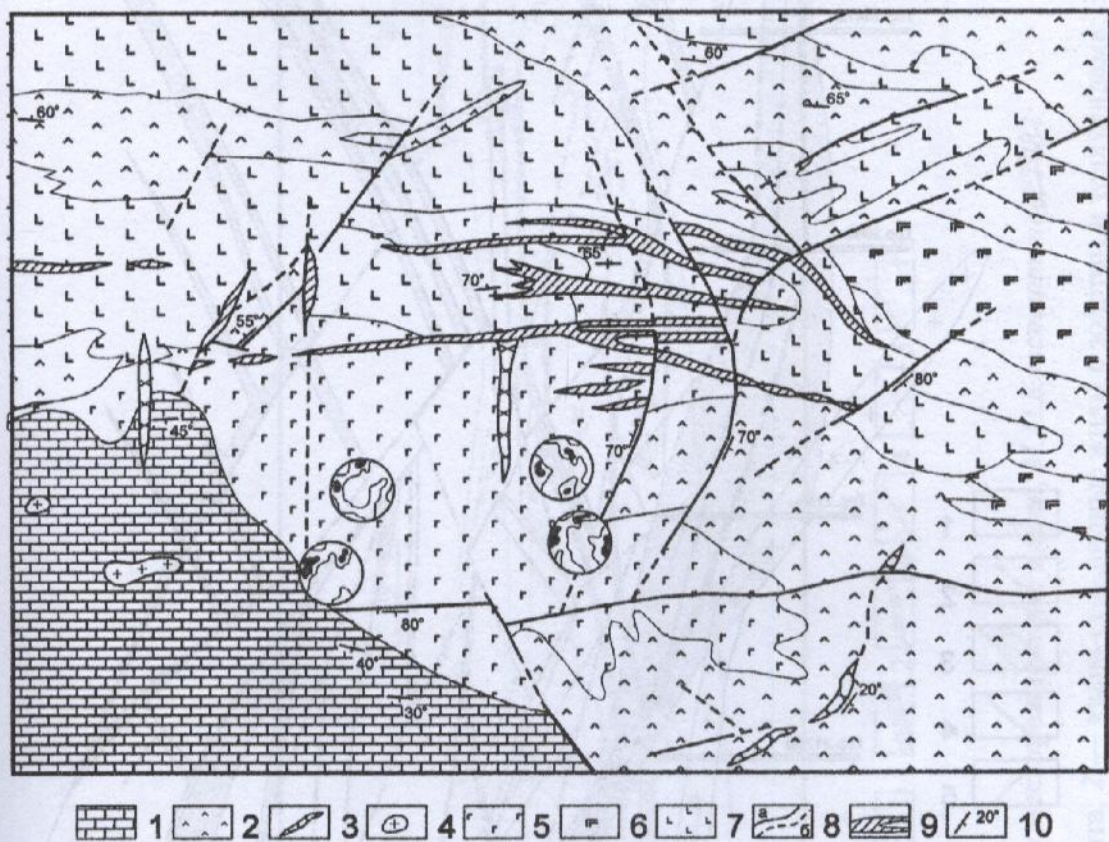


Рис. 5. Схема геологического строения Зодского рудного поля, М.М.Константинов, В.А.Грушин, 1972:

1 — известняки и мергели, верхний сенон; 2 — порфириды, их туфы и туфобрекчии, нижний сенон; 3 — дайки риолит-порфиров; 4 — кварцевые диориты; 5 — габбро; 6 — амфиболиты; 7 — серпентинизированные перидотиты и серпентиниты; 8 — разломы: прослеженные (а), предполагаемые (б); 9 — рудоносные зоны; 10 — элементы залегания пород и разрывов; в кружках — диаграммы ориентировки кварц-эпидотовых прожилков в габбро

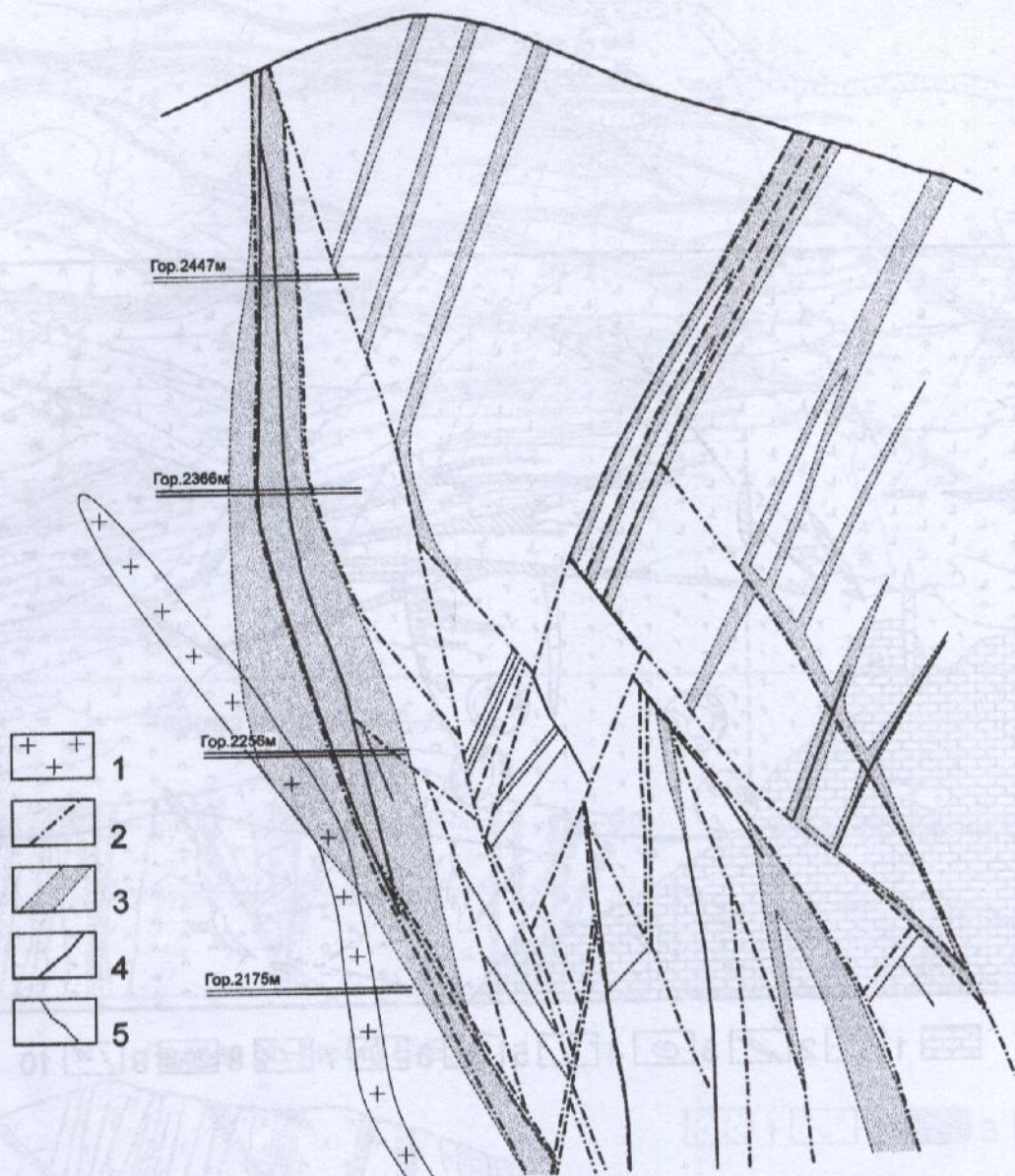


Рис. 6. Разрез через центральную часть Зодского месторождения, М.М.Константинов, Л.И.Бочек, 1984:

1 — дайки риолит-порфиров в массиве габброидов; 2 — тектонические швы с глиной трения; 3 — золотосные зоны тальк-карбонатно-сульфидных метасоматитов; 4 — золото-сульфидно-кварцевые жилы; 5 — золото-антимонит-кварцевые жилы

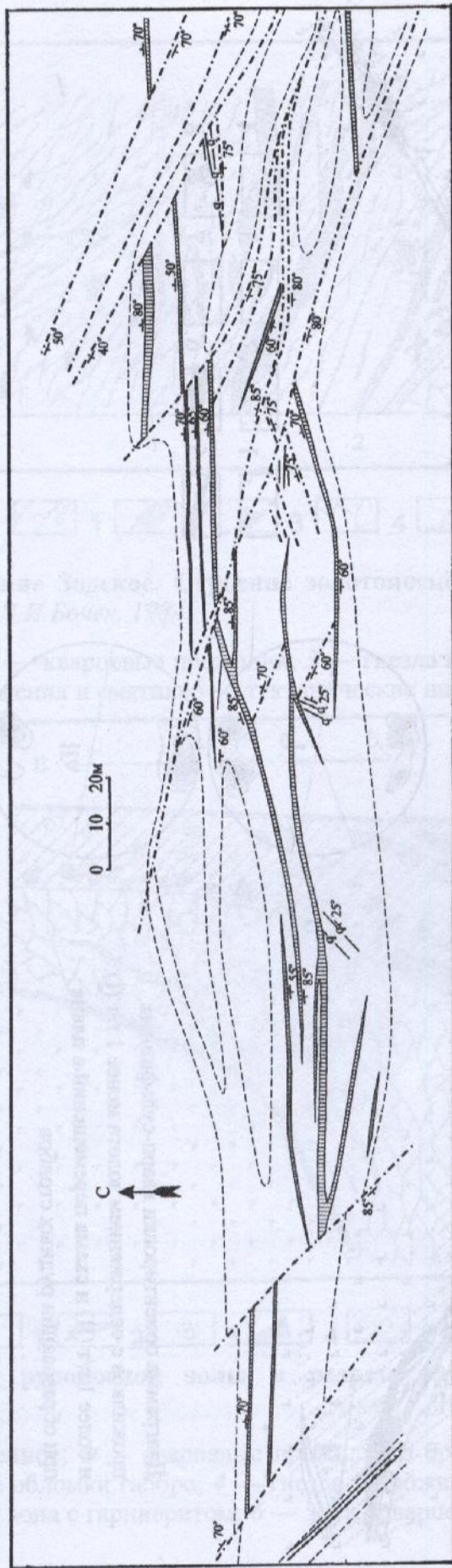


Рис. 7. Строение рудоносной зоны Зодского месторождения в плане, М.М.Константинов, 1984:

1 — кварцевые жилы с вкрапленностью пирита; 2 — кварц-сульфидные жилы с золотом и теллуридами; 3 — кварц-антимонитовые жилы с золотом; 4 — кварцевые прожилки; 5 — разрывные нарушения; 6 — границы зоны лиственнитизации

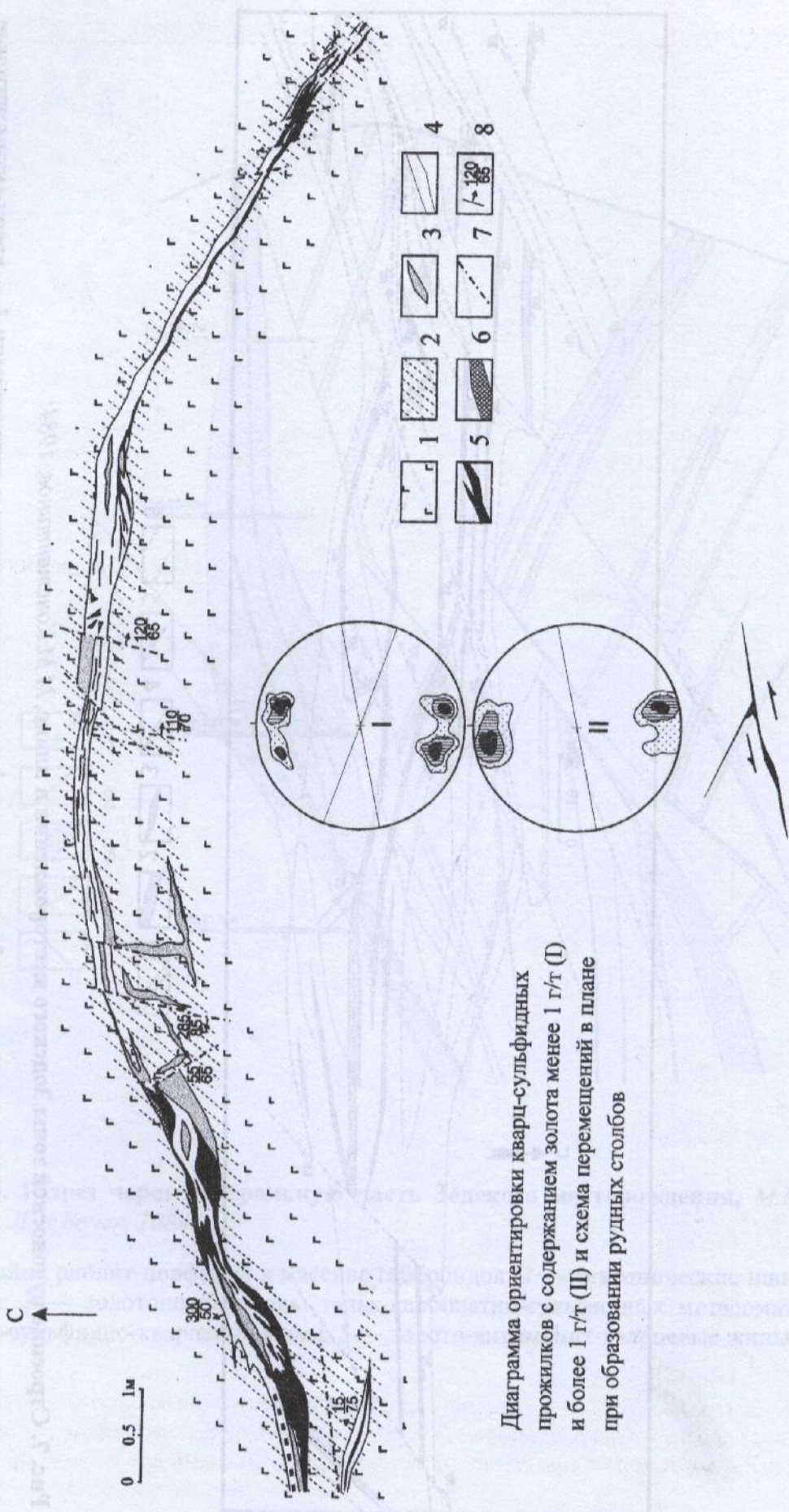


Диаграмма ориентировки кварц-сульфидных прожилков с содержанием золота менее 1 г/т (I) и более 1 г/т (II) и схема перемещений в плане при образовании рудных столбов

Рис. 8. Строение золото-сульфидно-кварцевой жилы (план), М.М.Константинов, В.А.Грушин, 1972:

1 — габро неизмененное; 2 — габро-окварцованное; 3 — серый тонкозернистый кварц; 4 — белый среднернистый кварц; 5 — агрегат сульфидов с золотом; 6 — карбонатные прожилки; 7 — трещины с глиной; 8 — трещины с глиной трения; 8 — элементы залегания

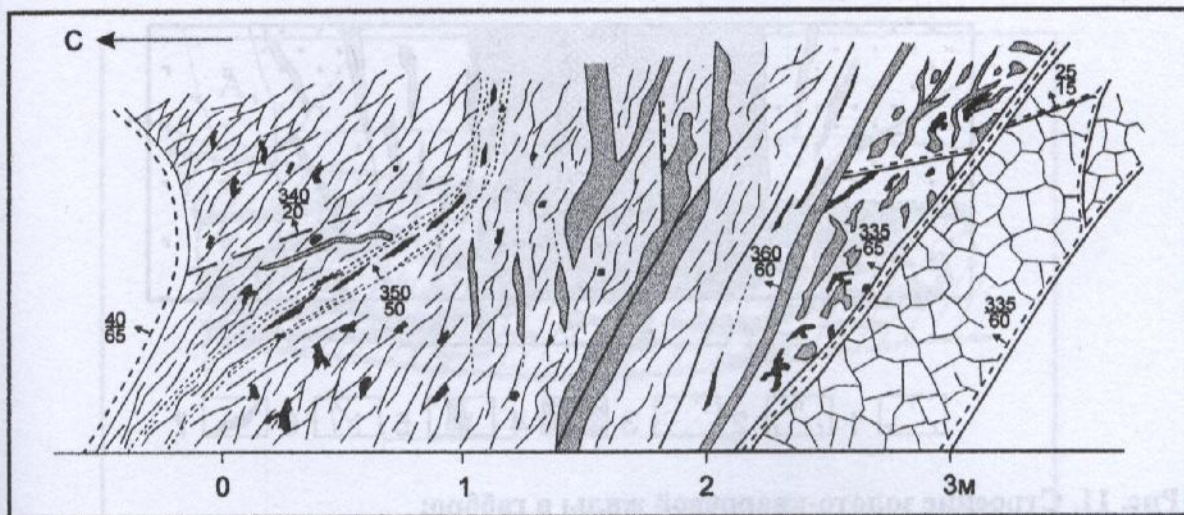


Рис. 9. Месторождение Зодское. Строение золотоносной зоны в серпентинитах, М.М.Константинов, Л.И.Бочек, 1984:

1 — серпентиниты; 2 — кварцевые прожилки; 3 — гнезда и прожилки сульфидов с золотом; 4 — зона дробления и смятия; 5 — тектонические швы с глиной трения

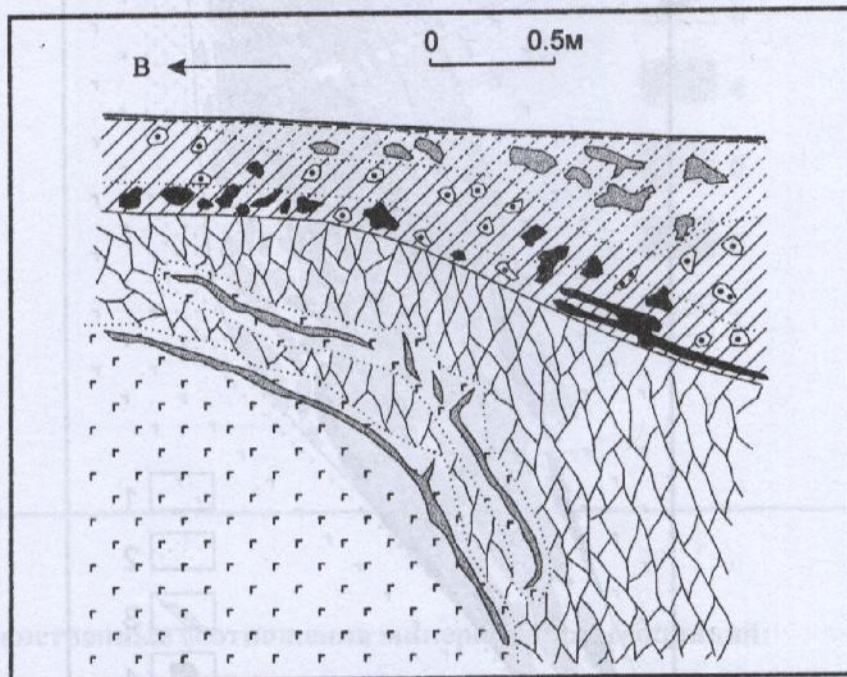


Рис. 10. Строение рудоносной зоны в разрезе габбро, М.М.Константинов, Л.И.Бочек, 1984:

1 — габбро неизмененное; 2 — кварцевые прожилки в брекчированном габбро; 3 — карбонатизированные обломки габбро; 4 — гнезда и прожилки сульфидов с золотом; 5 — кварц-карбонатная зона с гарниеритом; 6 — зона окварцевания; 7 — зона дробления и смятия

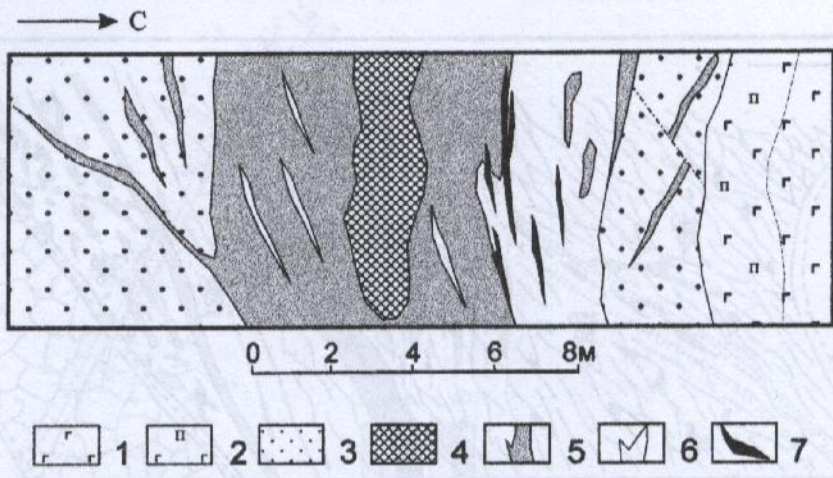


Рис. 11. Строение золото-кварцевой жилы в габбро:

1 — габбро неизмененное; 2 — габбро пропилитизированное; 3 — тальк-карбонатные породы; 4 — кварц-карбонатные породы с густой сетью халцедоновых прожилков; 5 — агрегат темносерого мелкозернистого кварца и карбоната; 6 — светлосерый «жилковый» кварц; 7 — линзы золото-сульфидного состава

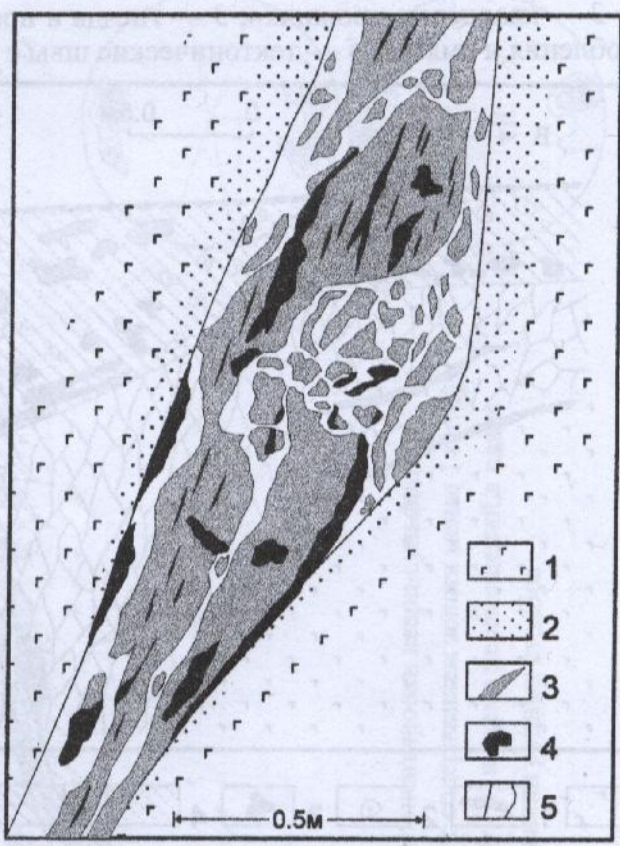


Рис. 12. Строение полистадийной золото-сульфидно-кварцевой жилы в габбро:

1 — неизмененное габбро; 2 — карбонатизированное габбро; 3 — серый мелкозернистый кварц; 4 — золото-полиметаллическая ассоциация; 5 — ассоциация крупнокристаллического кварца и родохрозита

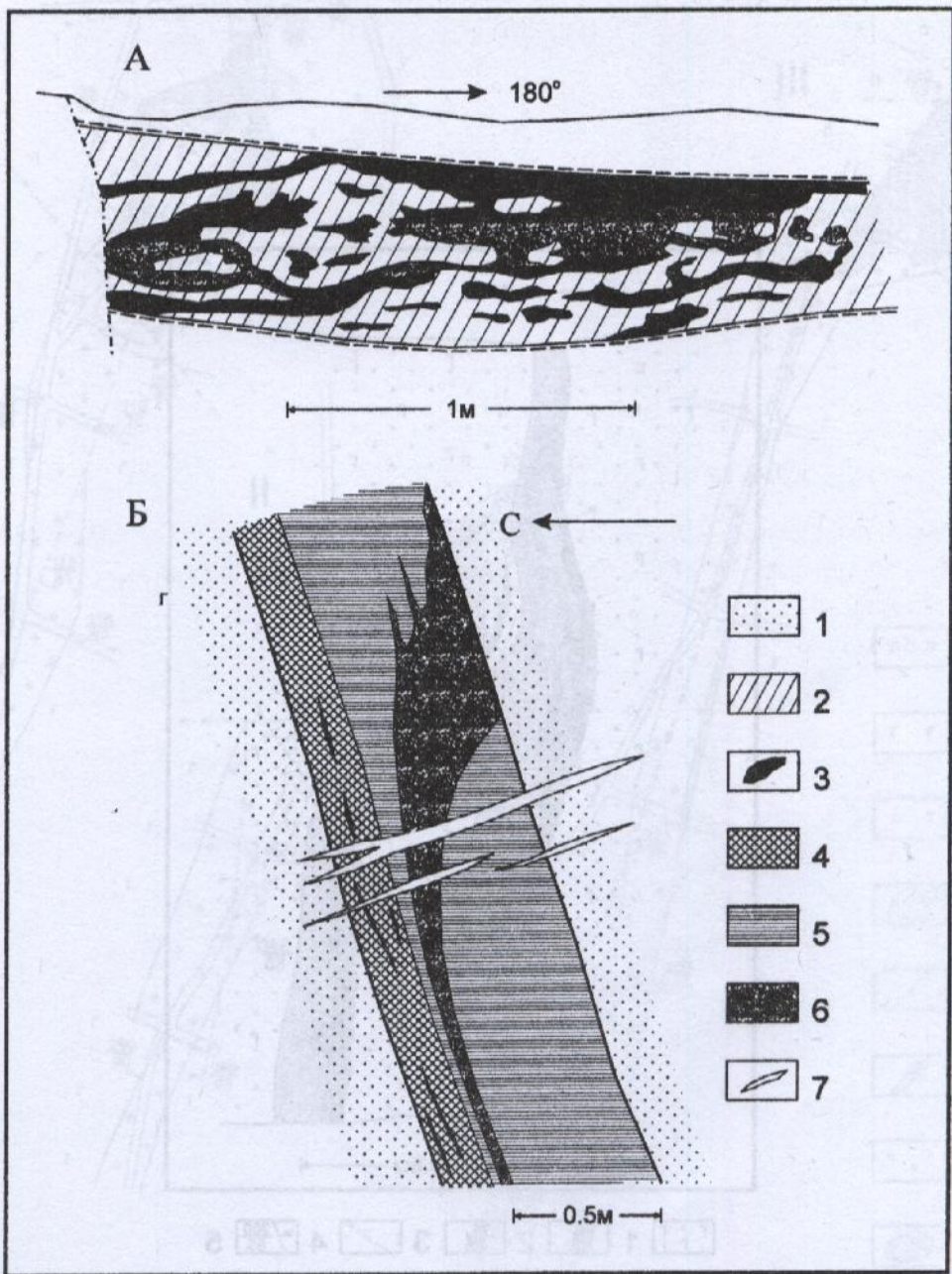
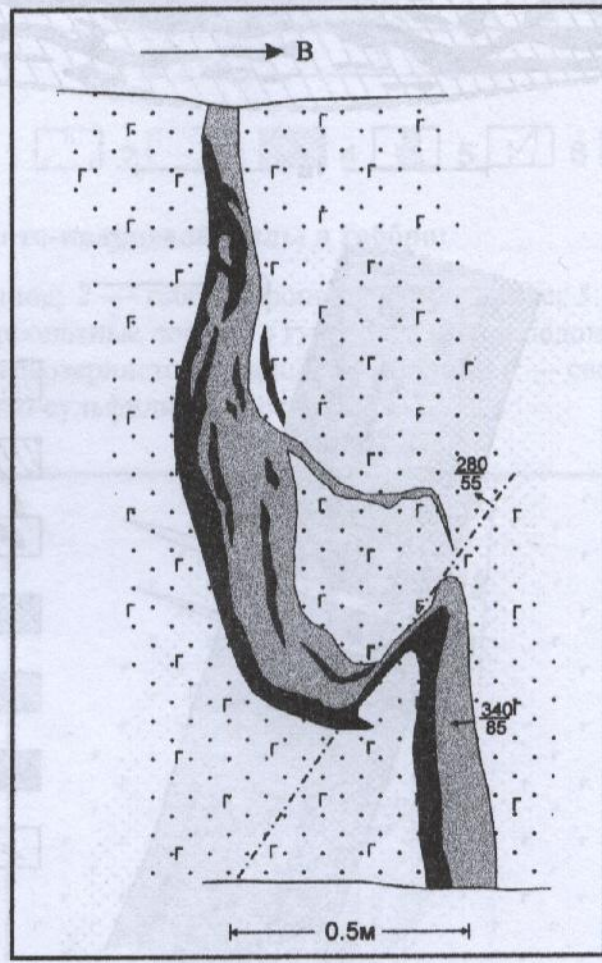


Рис. 13. Пространственные соотношения минеральных ассоциаций:

А — наложение золото-полиметаллической ассоциации на раннюю кварцевую жилу

Б — полистадийная жила сложного состава

1 — карбонатизированное габбро; 2 — серый мелкозернистый кварц; 3 — золото-полиметаллическая ассоциация; 4 — карбонатная ассоциация; 5 — светлосерый среднезернистый кварц; 6 — мелкозернистый антимонит; 7 — серый халцедоновидный кварц



1 2 3 4 5

Рис. 14. Зарисовка (план), иллюстрирующая затекание рудного материала золото-кварц-сульфидной жилы по дорудному нарушению:

1 — измененное габбро; 2 — мелкозернистый серый кварц; 3 — золото-полиметаллическая ассоциация; 4 — разрывное нарушение; 5 — элементы залегания

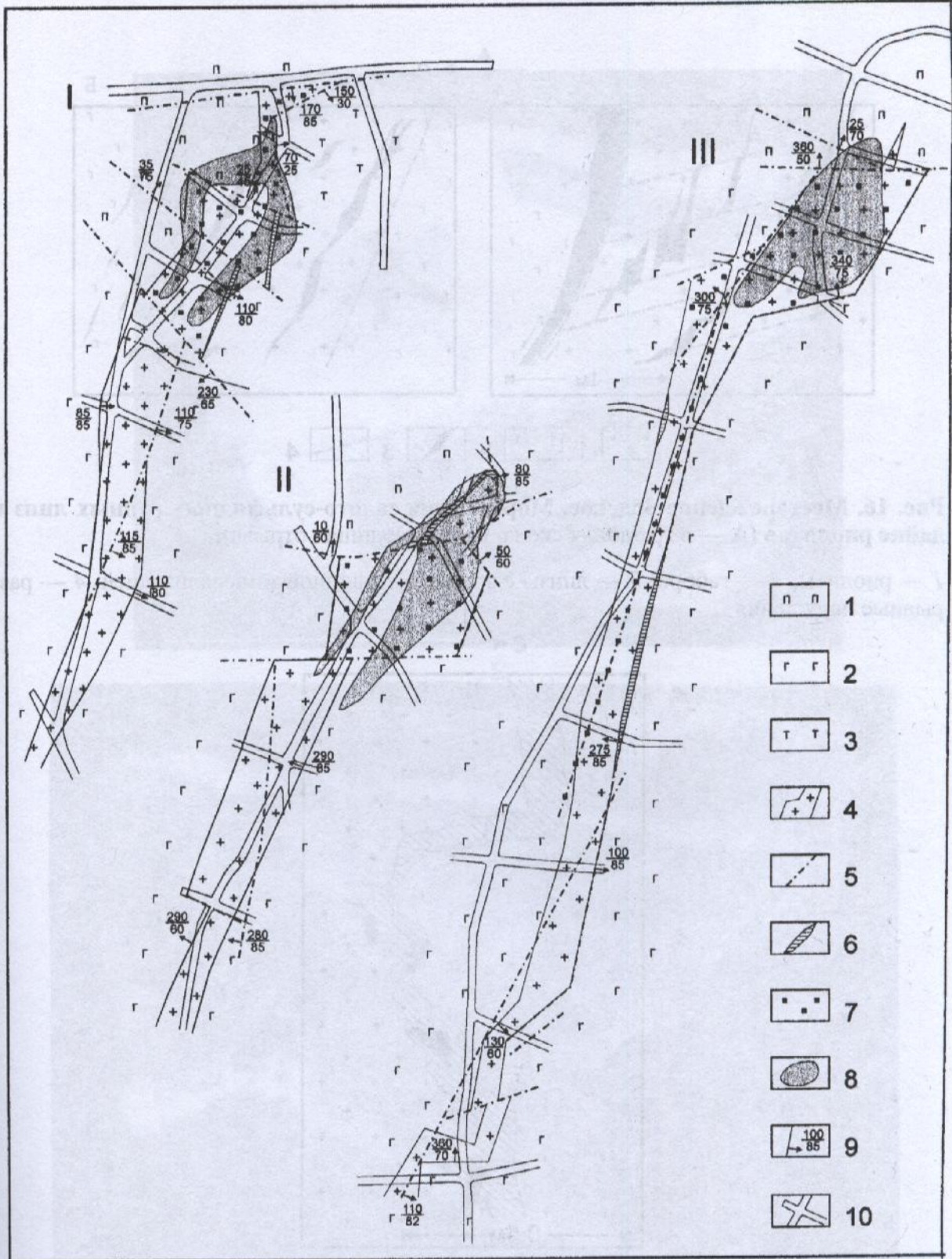


Рис. 15. Месторождение Зодское. Строение минерализованной дайки риолитов на разных горизонтах месторождения:

1 — пропилитизированное габбро; 2 — слабоизмененное габбро; 3 — серпентинит; 4 — дайка риолитов; 5 — трещины разрывов; 6 — кварцевые жилки; 7 — вкрапленность золотоносного пирита; 8 — ореолы продуктивной минерализации; 9 — элементы залегания; 10 — подземные горные выработки

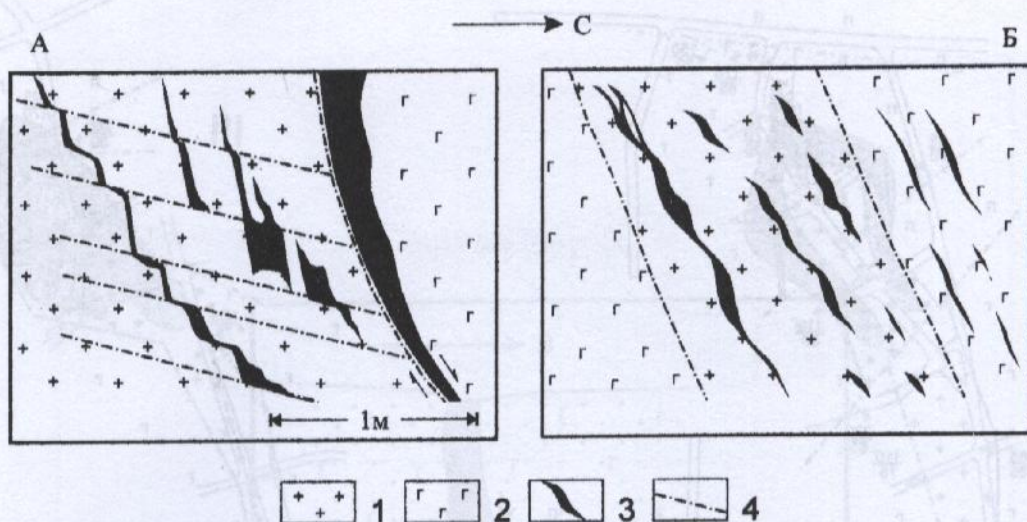


Рис. 16. Месторождение Зодское. Морфология золото-сульфидных рудных линз в дайке риолитов (А — в трещинах скола, Б — в трещинах отрыва):

1 — риолиты; 2 — габбро; 3 — линзы с золото-сульфидной минерализацией; 4 — разрывные нарушения

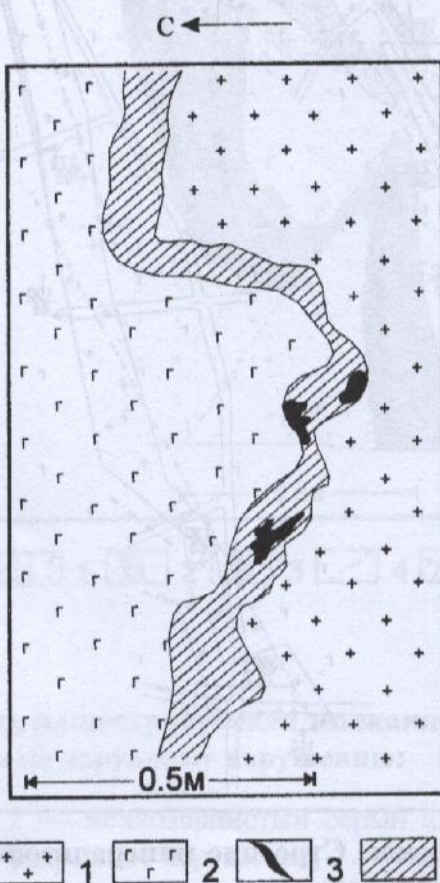
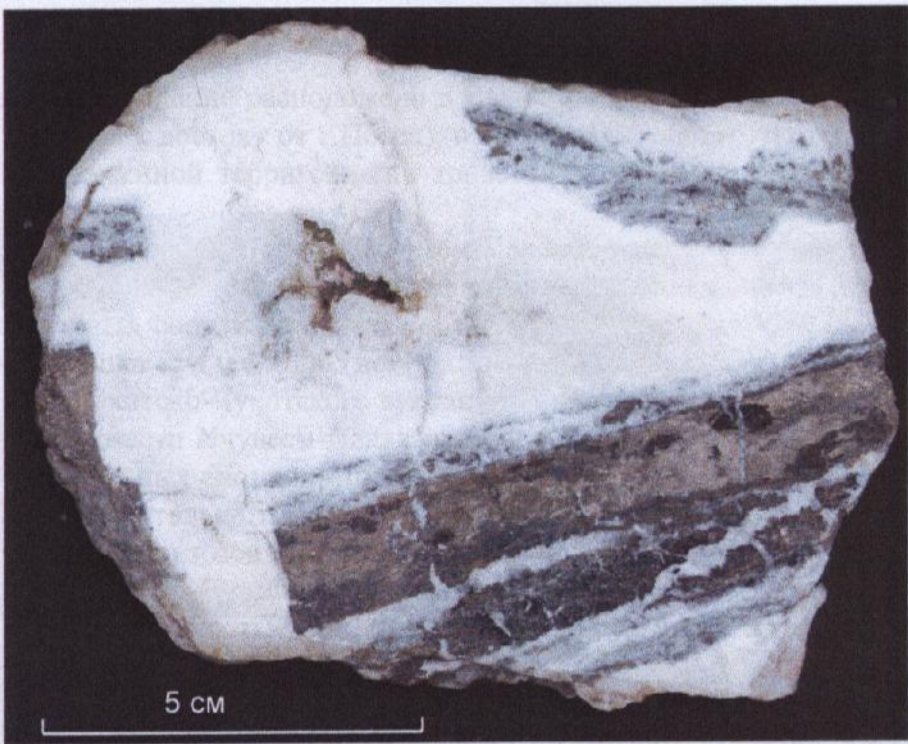


Рис. 17. Развитие карбонатной оболочки на контакте кварцевых риолитов по пропилитизированному габбро (в разрезе):

1 — дайка кварцевых риолитов; 2 — габбро; 3 — гнезда и вкрапленность пирит-халькопиритового состава; 4 — карбонатные оторочки

А



Б



Рис. 18. Зодское месторождение. Типичные золото-сульфидно-кварцевые руды:

А — существенно пирито-кварцевые

Б — существенно арсенопирито-кварцевые

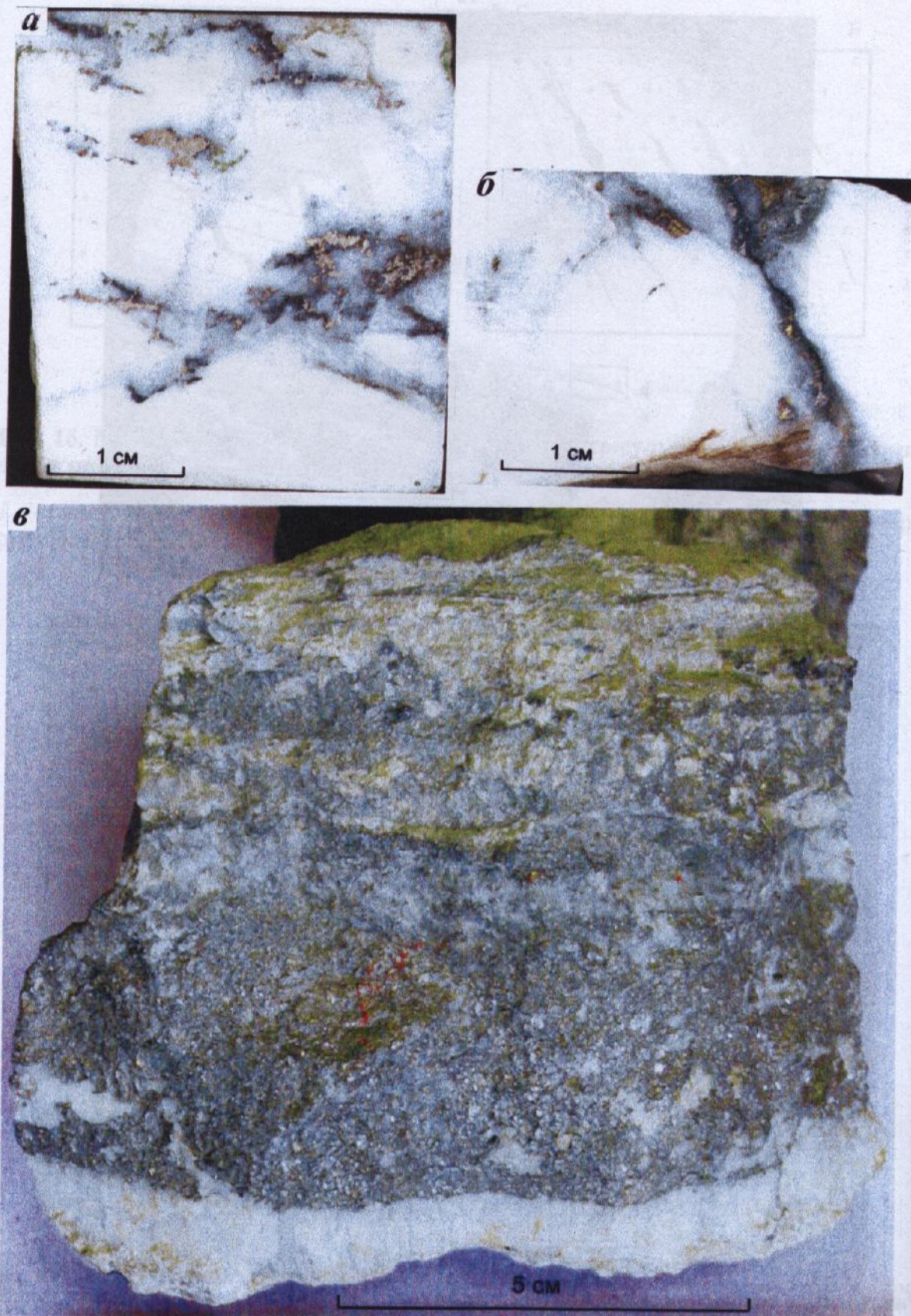


Рис. 19. Просечки теллуридов золота в кварцевой жиле (а, б); золотоносная кварц-арсенопиритовая жила (в), из коллекции М.М.Константинова

МЕСТОРОЖДЕНИЕ МАЙСКОЕ

Майское месторождение расположено в Чаунском районе Чукотского национального округа (в 180 км к востоку от г.Певек), в пределах Западно-Чукотской металлогенической зоны, сложенной терригенными триасовыми и юрскими толщами верхоянского комплекса.

Отличительной особенностью Ичувеем-Паляваамского золоторудного района Центральной Чукотки является развитие прорывающих верхоянский комплекс меловых интрузивно-купольных сооружений, к которым приурочены месторождения Майское, Промежуточное, Сопка Рудная и другие. Месторождения находятся в обрамлении, либо в краевой части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

В поле силы тяжести Ичувеем-Паляваамский золоторудный район характеризуется полосой отрицательных аномалий (ограниченных с северо-востока и запада высокими значениями горизонтального градиента), фиксирующей поднятие гранитизированных пород фундамента мезозойд. Майское рудное поле сопровождается изометричной положительной магнитной аномалией, интенсивностью 350 нТл, слабой положительной гравитационной, интенсивностью 0,5 мгал, окаймленной столь же слабой отрицательной аномалией. По этим данным предполагается наличие интрузивного тела на глубине около 2000 м. По данным метода ЕП, центральная и восточная части рудного поля сопровождаются изометричной отрицательной аномалией интенсивностью до 600 мВ, обусловленной широким развитием сульфидной минерализации. Зона тектонической релаксации, контролирующая рудовмещающие купола, отчетливо дешифрируется на АФС и КС и сопровождается геохимическими аномалиями золота и мышьяка. Многочисленные разломы в пределах этой зоны импрегнированы бедной вкрапленностью сульфидов с содержаниями золота от 0,5 до 3 г/т. Геохимическое поле отражает своеобразную рудно-формационную зональность по отношению к Кукенейскому плутону, по мере удаления от которого, зона касситерит-сульфидного оруденения сменяется зонами золото-сульфидного вкрапленного и затем золото-серебряного оруденения.

Майское рудное поле, площадью 10 км², сложено дислоцированными песчано-сланцевыми породами триаса, прорванными многочисленными дайками среднего и кислого состава. Структура Майского месторождения представляет собой горст-антиклинальную складку северо-восточного простирания с южным погружением шарпира под углом 15–20°, осложненную блоковыми подвижками по широтным и субмеридиональным разрывам. Амплитуды вертикальных перемещений блоков достигают сотен метров.

Выделяются два комплекса дайковых тел, последовательно сменявших друг друга. К первому, связанному с Кукенейской интрузией, относятся гранит-гранодиорит-порфиры, аплиты и лампрофиры, слагающие крупные тела северо-восточного простирания, мощностью от 1–5 до 50–60 м, с юго-восточным падением под углами 50–70°. Дайки риолит-порфиров субвулканического комплекса широко развиты на месторождении и размещены относительно равномерно. Протяженность отдельных даек достигают 1–2 км, мощность варьирует от 1 до 60 м, преобладает близмеридиональное простирание. Абсолютный возраст магматических пород месторождения соответствует рубежу раннего и позднего мела. Важной структурной особенностью месторождения является развитие в его пределах тел эксплозивных брекчий жилообразной формы. Общее простирание тел брекчий субмеридиональное, падение восточное под углом 60–75°, мощность 1–10 м, они распространяются на глубину более 700 м.

Золото-мышьяковисто-сульфидное оруденение накладывается на все типы магматических пород и эксплозивных брекчий. В центральной части месторождения развиты кварц-серицитовые породы березитовой формации. Контур метасоматитов имеет форму овала, вытянутого в северо-восточном направлении и расширяющегося книзу. Метасоматоз, связанный с рудоотложением, характеризуется слабой интенсивностью преобразований и отвечает аргилизитовой формации.

Рудные тела Майского месторождения в силу значительной сульфидности характеризуются повышенной электропроводностью и хорошо отражаются в аномалиях, получаемых электропрофилированием, методом срединного градиента и методом заряда.

Рудные тела отчетливо проявляются во вторичных и первичных ореолах рассеяния золота, мышьяка и сурьмы. Максимальных концентраций в рудных телах достигают кроме упомянутых выше элементов: серебро, свинец, медь, бериллий, вольфрам, олово, висмут, цинк. В зальбандах рудных тел накапливаются: никель, кобальт, марганец, хром, титан, ванадий. В строении эндогенных ореолов элементов-индикаторов оруденения установлена контрастная осевая зональность (сверху-вниз): серебро-свинец-сурьма-медь-золото-мышьяк.

На Майском месторождении выявлено около 20 рудных тел, среди которых выделяют пологие (до 70°) и крутые (более 70°) мощностью 2–4 м, протяженностью 200–1100 м, средние содержания золота — 12 г/т, запасы золота — 277 т. Установленный вертикальный размах оруденения — 800 м, предполагаемый — более 1200 м. Важную роль в размещении оруденения играет литологический фактор. Наиболее благоприятны для рудообразования существенно алевролитовые толщи центрального блока месторождения. Рудные тела представлены минерализованными зонами дробления преимущественно с отчетливыми геологическими границами и сложены метасоматически измененными, прожилково-окварцованными, слабо серицитизированными, каолинизированными породами (алевролиты, глинистые сланцы, мелкозернистые песчаники, в отдельных случаях дайки кварцевых порфиров), импрегнированных тонкокристаллической вкрапленностью золотосодержащих сульфидов, в основном пирита и арсенопирита. Содержание сульфидов составляет в среднем 60,8%, при заметном, в 2–3 раза, преобладании пирита. Характерно присутствие антимонита (в среднем 0,2%), который в рудных телах приурочен к кварцевым жилам и прожилкам, а также органического углеродистого вещества (в среднем 0,3%). Другие рудные минералы, список которых насчитывает более 40 видов, содержатся в незначительном количестве. Золото распределено равномерно, коэффициент вариации не превышает 40–60%. Главная масса золота заключена в сульфидах (игольчатом арсенопирите, пирите) в виде тонкодисперсной вкрапленности. Проба его превышает 950. Меньшая часть золота представлена более крупными выделениями размером от сотых долей до первых мм. Проба его 850–890. Серебро содержится в виде примесей в сульфидах. Рудная гидротермальная минерализация месторождений сформировалась в три этапа: ранний редкометалльный, продуктивный золоторудный и заключительный сурьмяный.

На месторождении выделены два основных технологических типа руд: первичные и окисленные (зона окисления распространена от поверхности до глубины 50–60 м). Основные запасы представлены первичными рудами. Запасы в окисленных рудах составляют 10% от первичных. В окисленных рудах золото более чем на 65% цианируемое, тогда как первичные руды практически не цианируются и являются упорными. Разработаны достаточно эффективные схемы переработки руд и концентратов, обеспечивающие сквозное извлечение золота на уровне 88% и пригодные для реализации в промышленных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А.В. Оруденение в интрузивно-купольных структурах Чукотки. — Колыма, 1992, № 7.
2. Волков А.В., Сидоров А.А. Уникальный золоторудный район Чукотки. — М.-Магадан, 2001, 180 с.
3. Гаврилов А.М., Плешаков А.П. и др. Субмикроскопическое золото в сульфидах некоторых месторождений вкрапленных руд // Сов. геология, 1982, № 8.
4. Многофакторные прогнозно-поисковые модели золоторудных месторождений (атлас) / Ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев, М. ЦНИГРИ. 1989.
5. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Внутриминерализационное переотложение вещества в месторождениях вкрапленных руд // ДАН, 1989, т.305, № 6.
6. Ольшевский В.М. Структурные факторы локализации золотого и золото-серебряного оруденения в рудных полях золоторудного узла Центральной Чукотки / В кн.: Закономерности локализации оруденения цветных и благородных металлов в пределах рудных районов, узлов и полей. М. ЦНИГРИ, 1981, с.43-44.
7. Сидоров А.А. О связи месторождений золотоносных вкрапленных сульфидных руд с вулканогенным золото-серебряным оруденением // ДАН, 1981, т.261, № 6.
8. Сидоров А.А., Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения вкрапленных руд // ДАН, 1984, т.275, № 4.
9. Сидоров А.А., Волков А.В. Модель образования золото-сульфидных и золото-серебряных месторождений перивулканической зоны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса / В кн.: Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск, Наука, 1985, т.2.

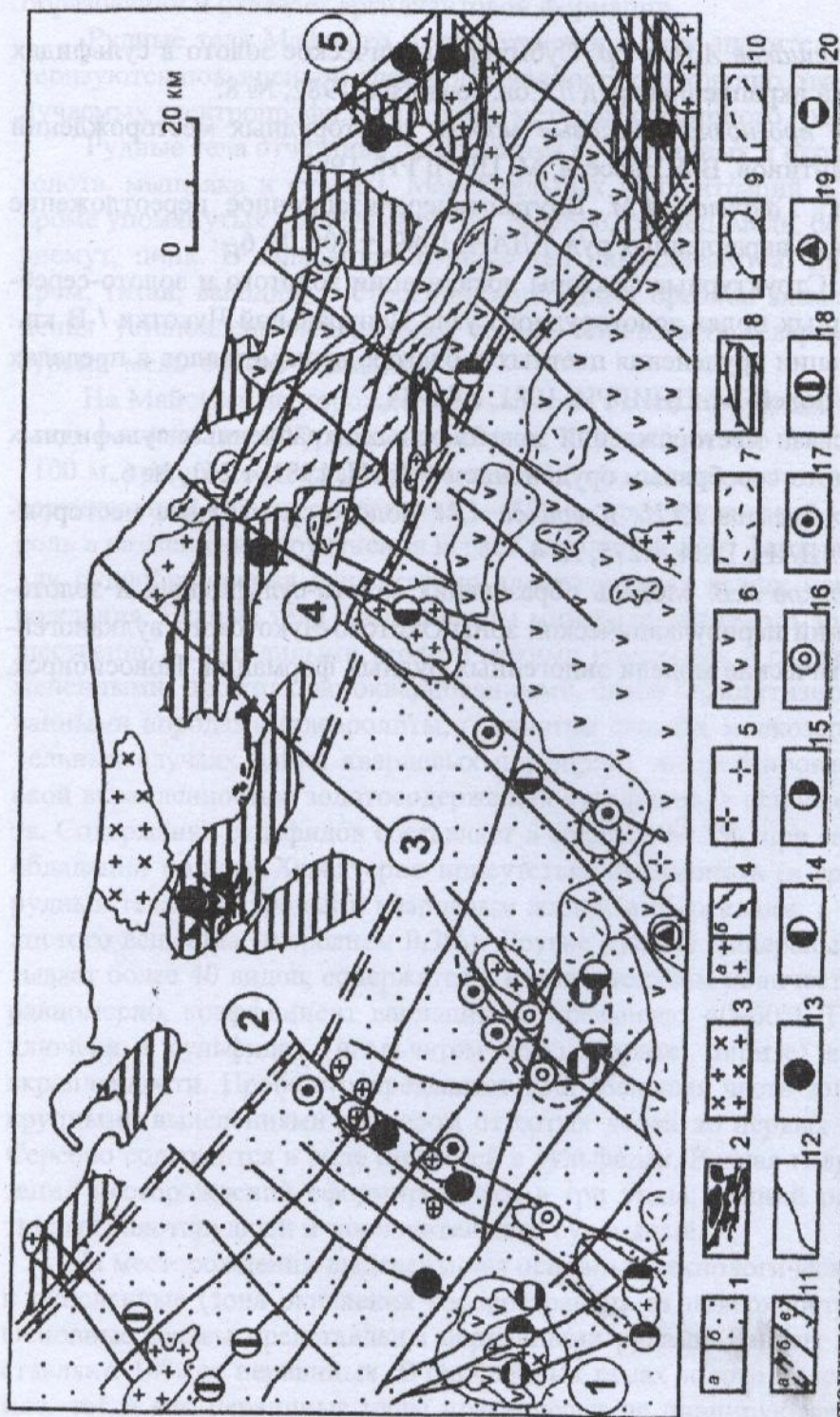


Рис. 1. Тектоническая карта с элементами металлогении Центральной Чукотки, А.В.Волков, А.А.Сидоров, 2001.

1 — терригенные отложения мезозой (а) и триасно-карбонатные отложения палеозой (б); 2 — дайки и силлы габбро-диоритов; 3 — гранодиориты; 4 — граниты (а) и гранито-гнейсы (б); 5 — сиениты, риолит-порфиры; 6 — андезитовая формация; 7 — игни-бритовая формация; 8 — ядра палеозойских поднятий; 9 — интрузивно-купольные структуры (ИКС) и отдельные купола; 10 — Ку-ренкеевская релаксационная ИКС; 11 — разломы; 12 — географические и геологические границы; 13 — золото-кварцевые; 14 — золото-редкометалльные; 15 — зо-лото-серебряные; 16 — золото-сульфидные вкрапленные; 17 — касситерит-сульфидные; 18 — касситерит-сульфидные; 19 — медно-порфировые; 20 — ртутные. Цифры в кружках — зоны тектоно-магматической активизации: 1 — Палянская, 2 — Карлунгская, 3 — Кукевская, 4 — Матенвунай-Пырканаянская, 5 — Рывеем-Пильхинкууль-ская

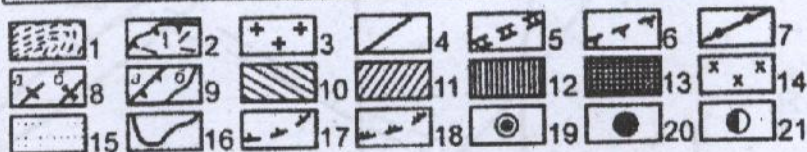
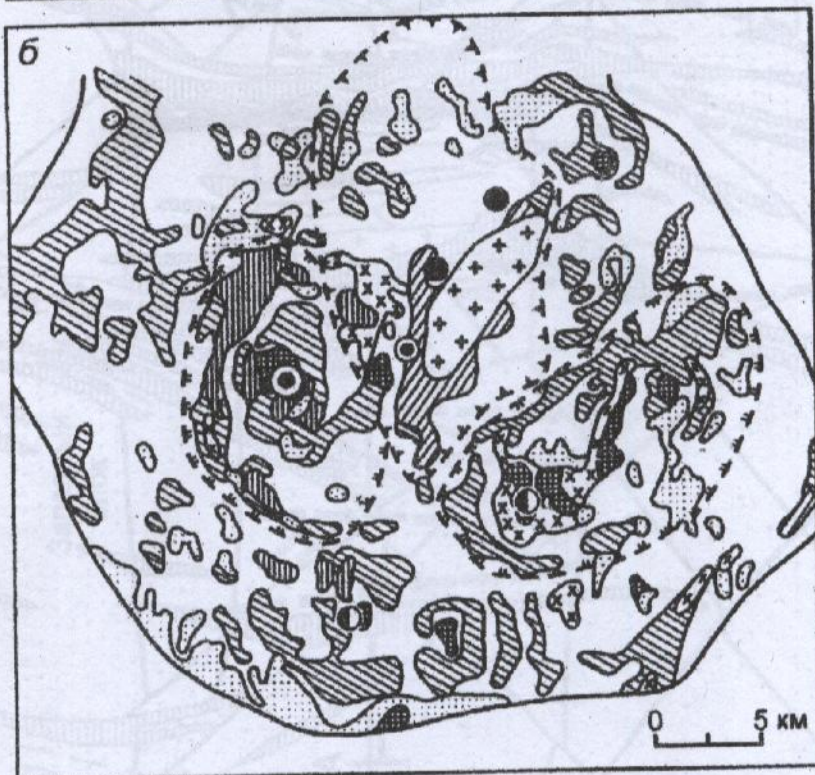
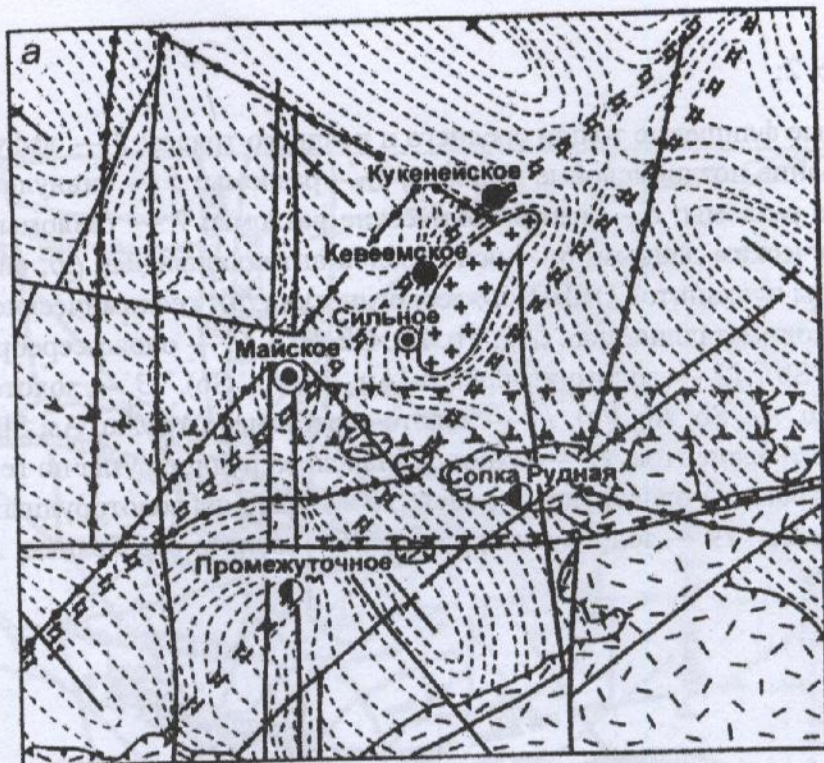


Рис. 2. Схема геологического строения (а) и геохимического поля (б) Кукенейской сателлитной ИКС, А.В.Волков, А.А.Сидоров, 2001

Усл. обозн. рис. 2:

1 — терригенные флишевые толщи среднего и позднего триаса; 2 — эффузивы позднего мела; 3 — ранне-позднемеловые граниты; 4 — разломы; 5 — синвулканические северо-восточные разломы; 6 — неотектонические разломы; 7 — разломы, установленные по геофизическим данным; 8 — оси складок антиклинальных (а), синклинальных (б); 9 — границы вулканитов ОЧВП (а), геологические (б); геохимические ассоциации: 10 — серебро-полиметаллическая (Ag, Pb, Zn, Cu, Bi), 11 — олово-серебряная (Sn, Ag, As, Pb, Zn, Au, Sb), 12 — золото-кварцевая (Au, Pb, As, Sb), 13 — золото-сульфидная вкрапленная (Au, As, Sb, Ag, Pb), 14 — золото-серебряная (Ag, Au, As, Sb, Pb, Zn, Cu); 15 — зона выноса элементов; 16 — границы Майского рудного узла по геохимическим данным; 17 — границы оловорудных полей; 18 — границы золоторудных полей; рудные месторождения: 19 — золото-сульфидные, 20 — золото-серебряные, 21 — касситерит-сульфидные

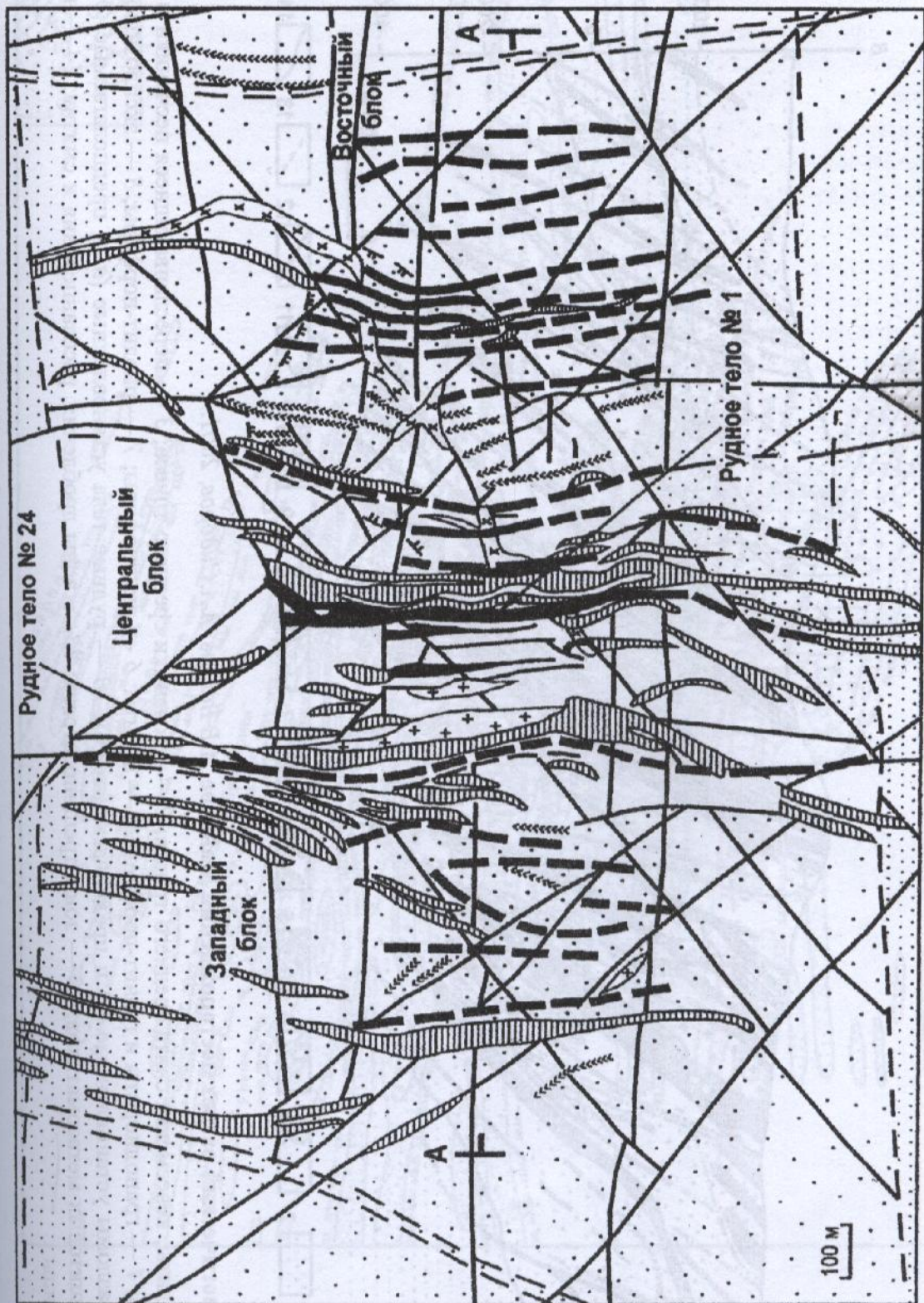


Рис. 3. Геологическая карта Майского месторождения (по Ю.И.Новожилову и материалам Майской ГРЭ), А.В.Волков, А.А.Сидоров, 2001: усл. обозн. см. рис. 4

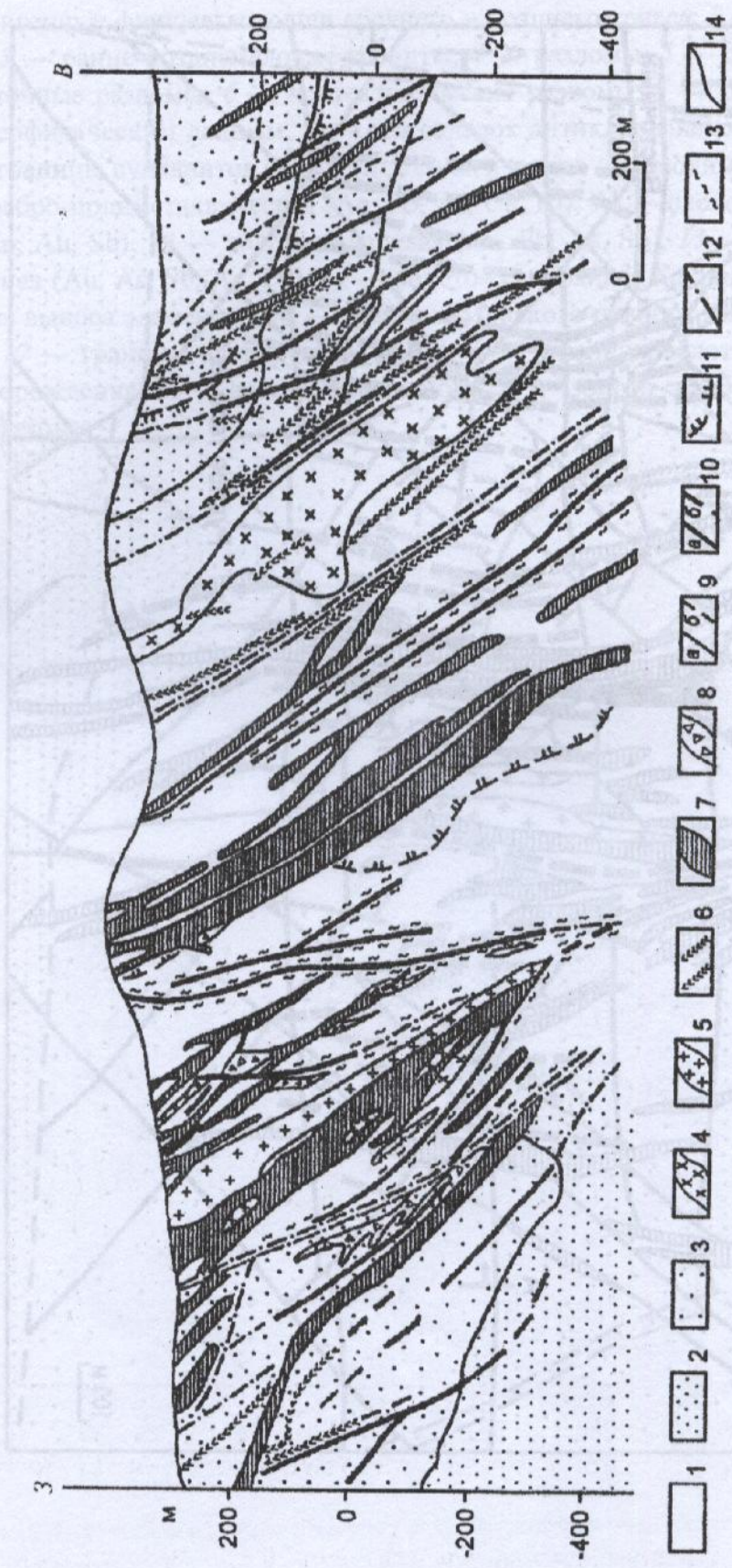


Рис. 4. Геологический разрез месторождения Майское, А.В Волков, А.А.Сидоров, 2001.

1 — алевролиты, кевеямская свита среднего триаса; 2 — песчаники среднего триаса; 3 — переслаивающиеся песчаники и алевролиты триаса; 4 — гранодиориты и гранит-порфиры; 5 — аллиты; 6 — лампрофиры; 7 — риолит-порфиры; 8 — риолит-порфиры; 9 — разломы установленные (а) и предполагаемые (б); 10 — рудные тела установленные (а) и предполагаемые (б); 11 — контур серицитовых метасоматитов; 12 — зоны трещиноватости; 13 — зоны дробления, расщепления и смятия; 14 — геологические границы

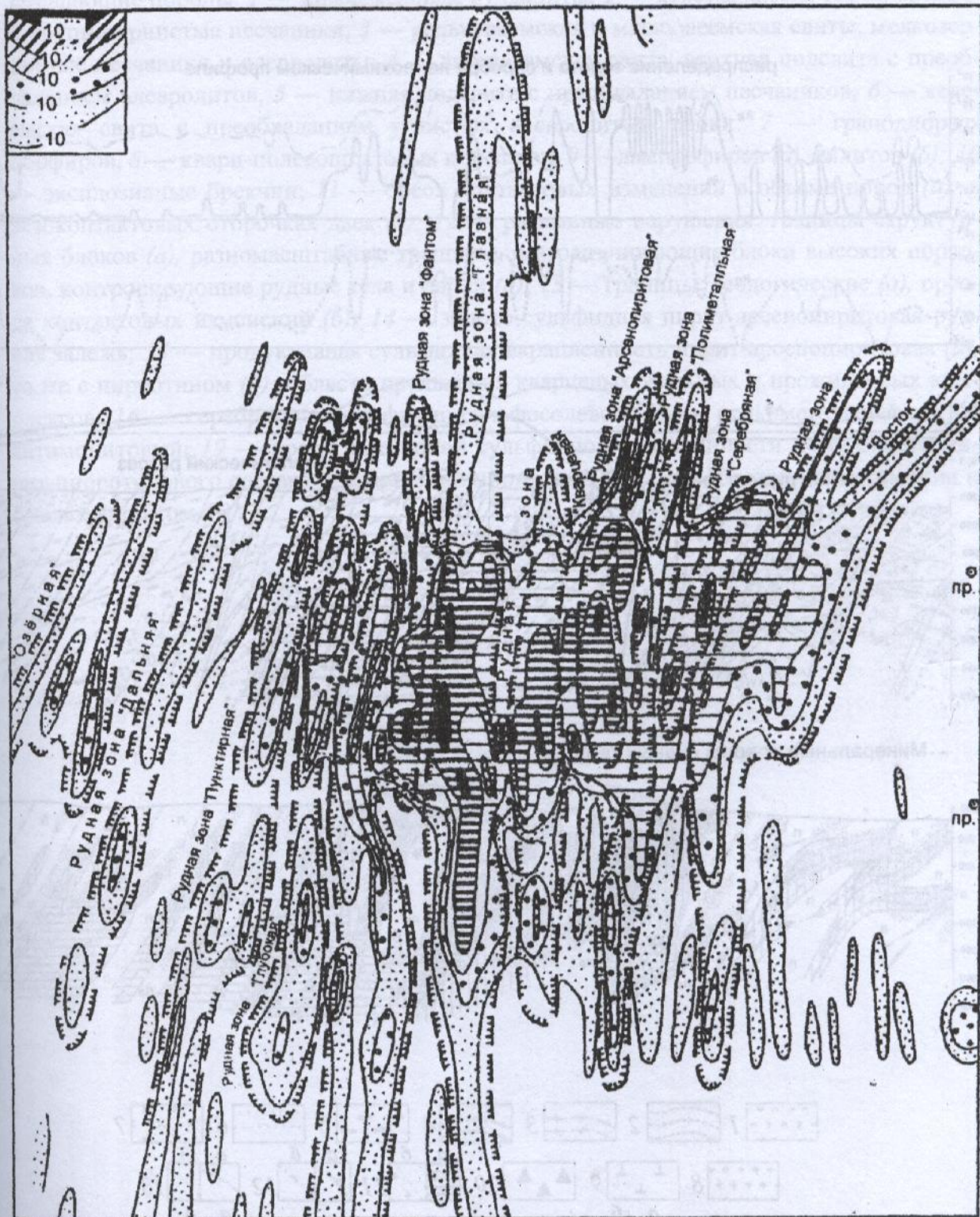
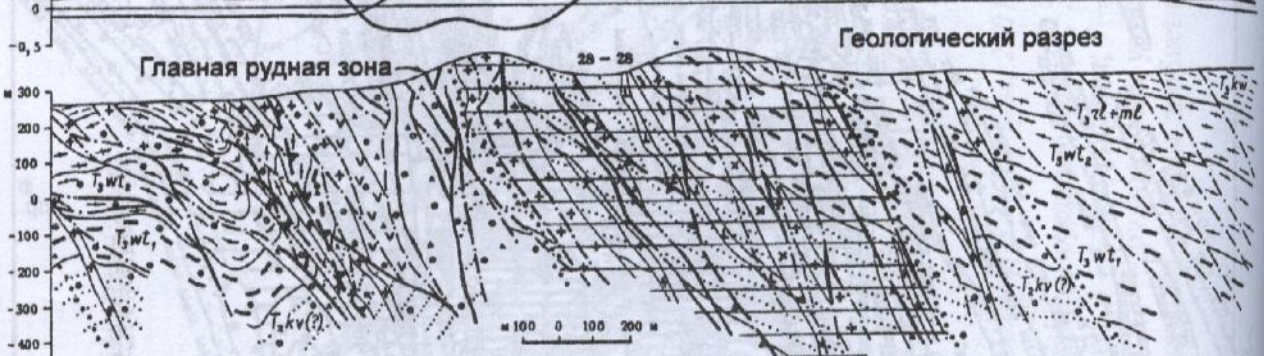
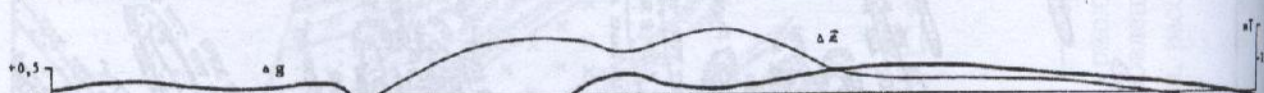
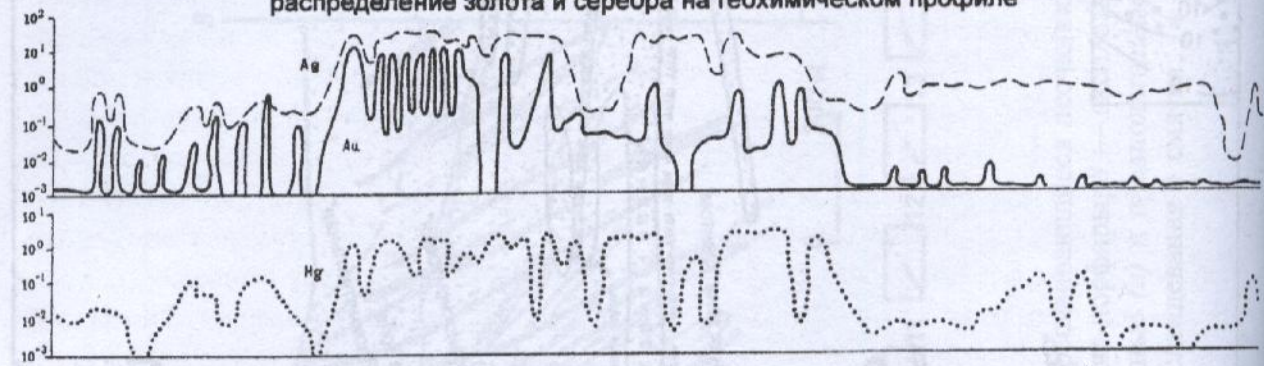


Рис. 5. Геохимические аномалии золота Майского месторождения, А.В.Волков, А.А.Сидоров, 2001:

различным крапом показана интенсивность аномалий от 10^{-1} до 10^{+1} (усл. ед.)

распределение золота и серебра на геохимическом профиле



Минеральные ореолы рудных тел

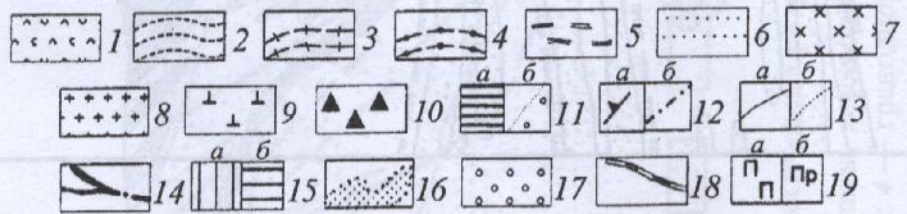
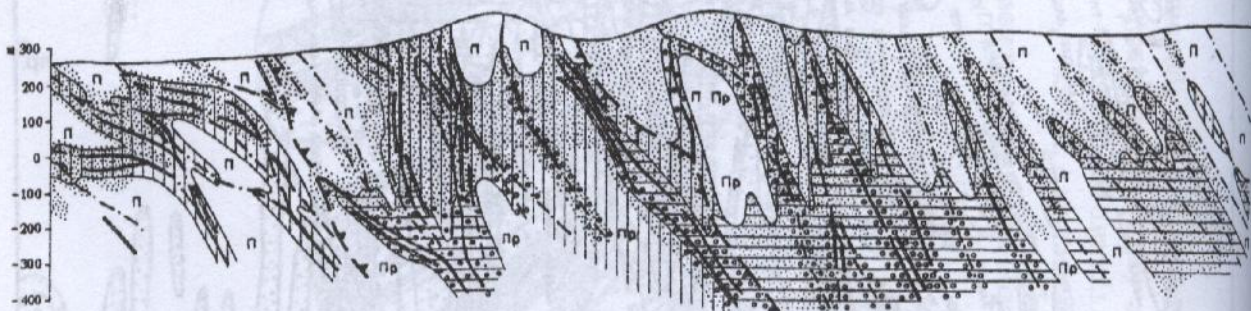
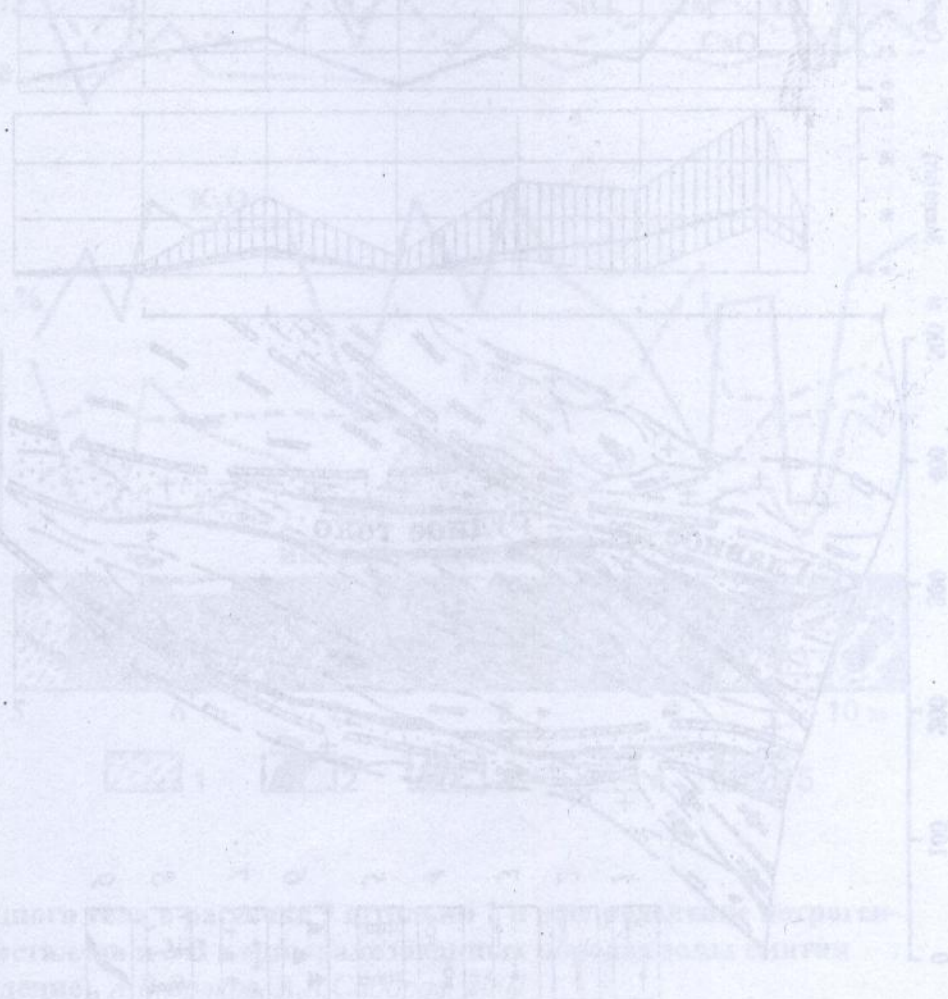


Рис. 6. Параметры распределения оруденения в разрезе месторождения Майское, Г.С.Симкин, 1989

вмещающие породы: 1 — нижнемеловые вулканиты; 2 — кувеемкая свита: средне- и крупнозернистые песчаники; 3 — рельекувеемская и меллювеемская свиты: мелкозернистые песчаники и алевролиты; 4 — ватапваамская свита: верхняя подсвита с преобладанием алевролитов, 5 — нижняя подсвита с преобладанием песчаников; 6 — кевеемская свита с преобладанием углистых алевролитов; дайки: 7 — гранодиорит-порфиры, 8 — кварц-полевошпатовых порфиров, 9 — лампрофиров (а), аплитов (б); 10 — эксплозивные брекчии; 11 — ореол контактовых изменений в объеме пород (а), в экзоконтактовых оторочках даек (б); 12 — разрывные нарушения: границы структурных блоков (а), разномасштабные трещины, разграничивающие блоки высоких порядков, контролируемые рудные тела и дайки (б); 13 — границы: геологические (а), ореола контактовых изменений (б); 14 — золото-сульфидная пирит-арсенопиритовая рудная залежь; 15 — продуктивная сульфидная вкрапленность пирит-арсенопиритовая (а), то же с пирротинном (б); области проявления кварцевых жильных и прожилковых комплексов: 16 — серебро-полисульфидно-сульфосолевой, 17 — редкометальный, 18 — антимонитовый; 19 — ореол рассеянной сульфидной вкрапленности переменного пирит-пирротинового состава: существенно пиритовый (а), с преобладанием пирротина и с халькопиритом (б)



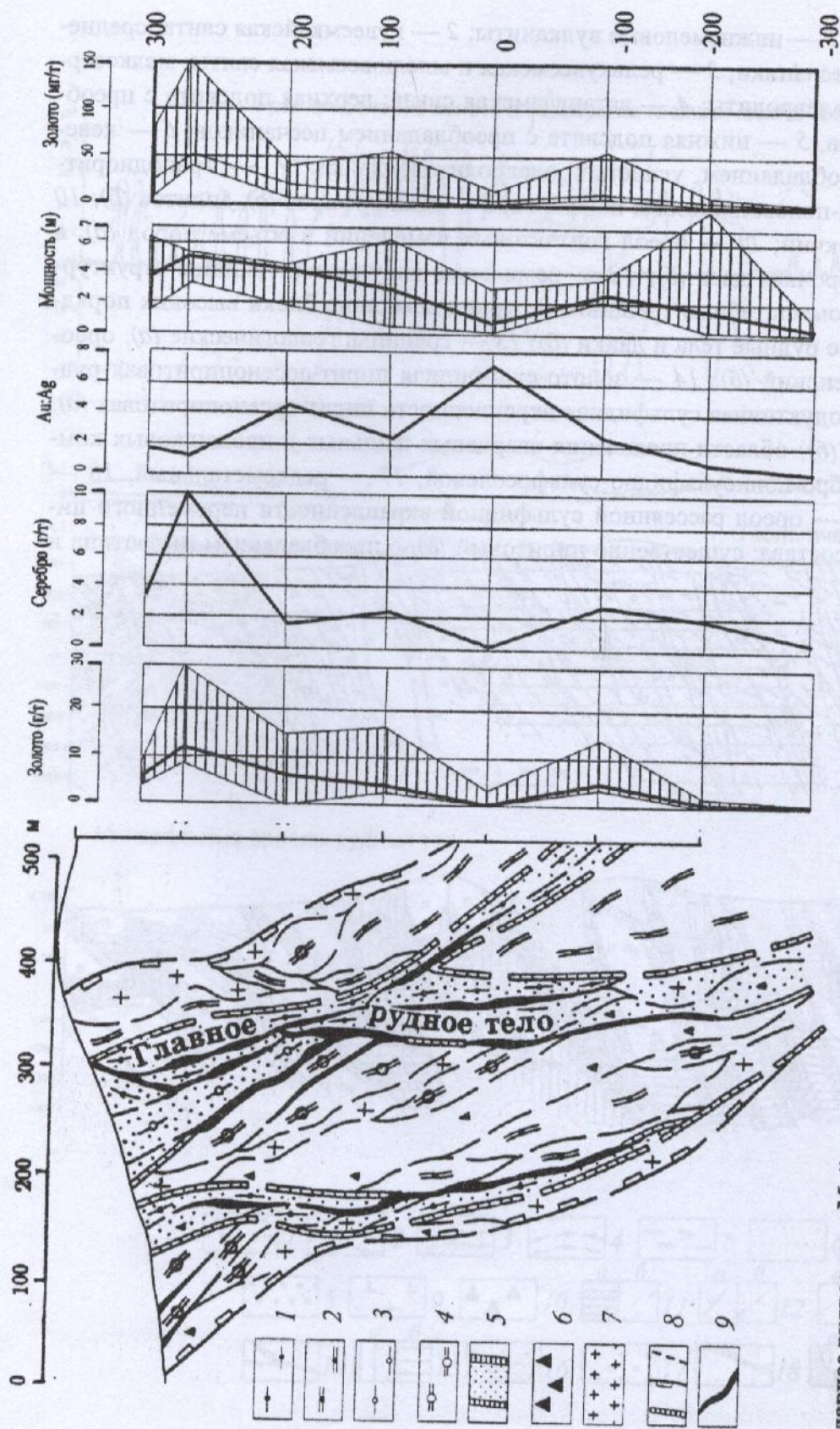


Рис. 7. Главное рудное тело Майского месторождения, Г.С.Сымыкин, 1989:

динамометаморфизованные углеродистые алевролиты, аргиллиты, алевропесчаники вагпавамской свиты верхней подсыты; 1 — графитизированные лизовидно-блоковые сланцы (внутренняя зона), 2 — дислоцированные графитизированные алевролиты, аргиллиты, алевропесчаники (внешняя зона); динамометаморфизованные углеродсодержащие песчаники и алевропесчаники свиты нижней подсыты; 3 — мелкоблоковые брекчированные сланцы с углеродистым цементом (внутренняя зона); 4 — будинированные мелко-, среднезернистые песчаники; 5 — рудомещающие зоны интенсивного динамометаморфизма; 6 — жило- и дайкообразные проникающие тела брекчий с разновеликими обломками осадочных и магматических пород, цементированных тонкопертертым перекристаллизованным цементом; 7 — тектонические обрывки субвулканических тел и даек кислого, пестрого состава; 8 — тектонические границы: внутренних (а), внешних (б) зон интенсивного динамометаморфизма, тектонических блоков-будин (в); 9 — золото-сульфидные тонковкрашенные пирит-арсенипиритовые рудные тела

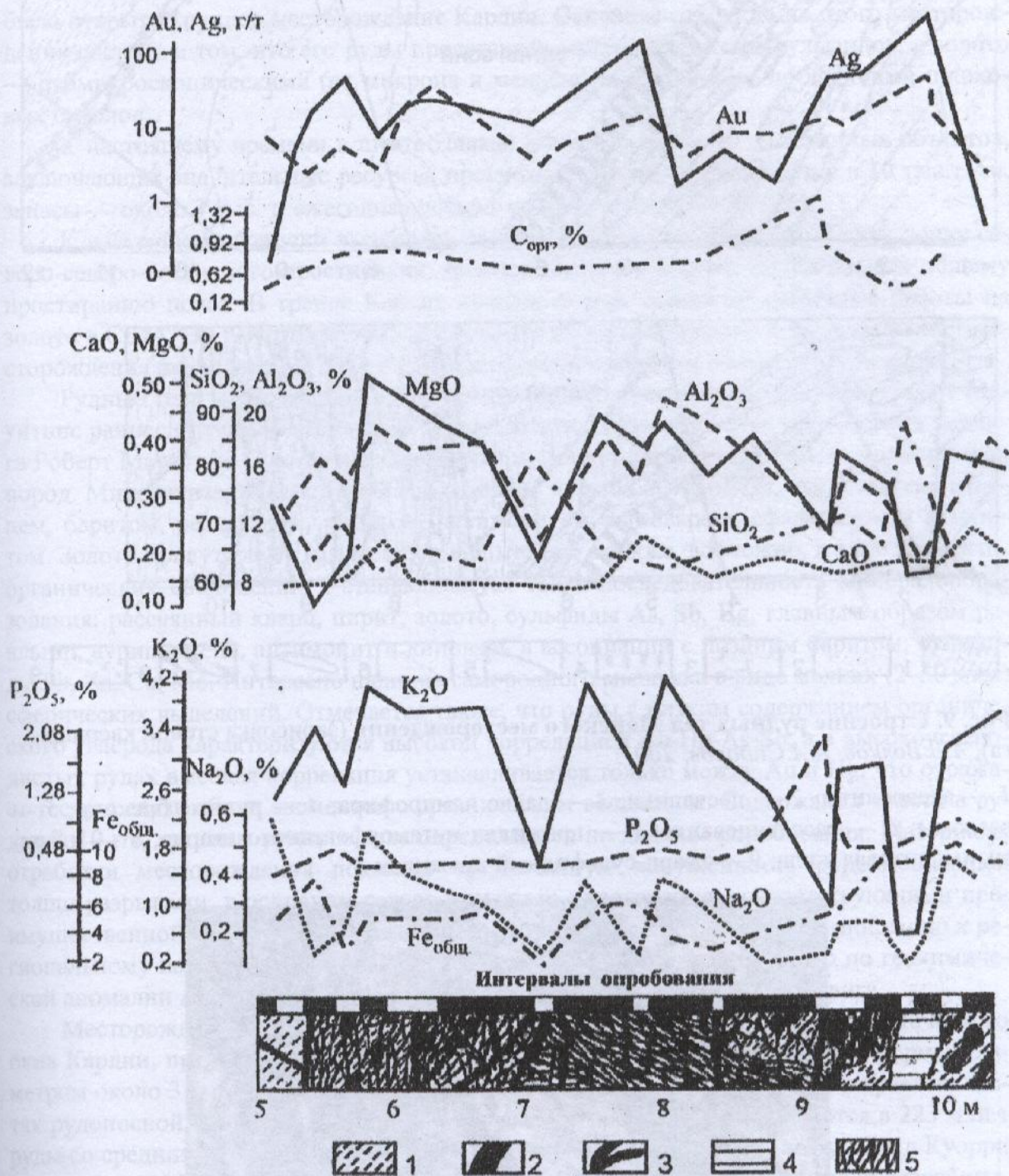


Рис. 8. Строение рудного тела в разрезе 9 штольни 1 и распределение петрогенных компонентов, металлов и УВ в минерализованных породах зоны смятия (Майское месторождение), А.В.Волков, А.А.Сидоров, 2001:

1 — алевролиты; 2 — метаморфогенный кварц; 3 — прожилки кварца; 4 — метасоматическое окварцевание пород; 5 — рассланцованные породы

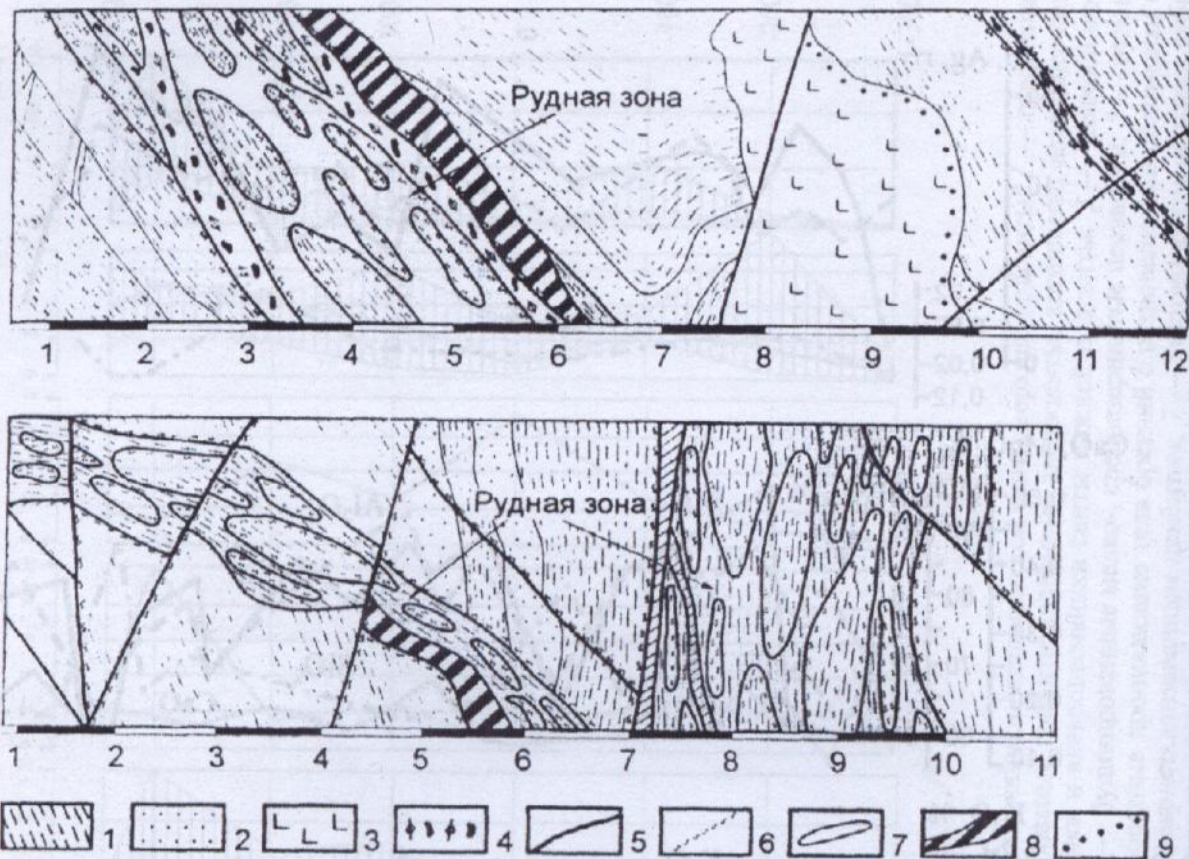


Рис. 9. Строение рудных тел Майского месторождения (зарисовка стенок квершлага), А.В.Волков, А.А.Сидоров, 2001:

1 — алевролиты; 2 — песчаники; 3 — дайка лампрофира; 4 — рудные брекчии; 5 — разломы; 6 — рассланцевание; 7 — прожилки метаморфогенного кварца; 8 — кварц-антимонитовая жила; 9 — кварц-сульфидный прожилок

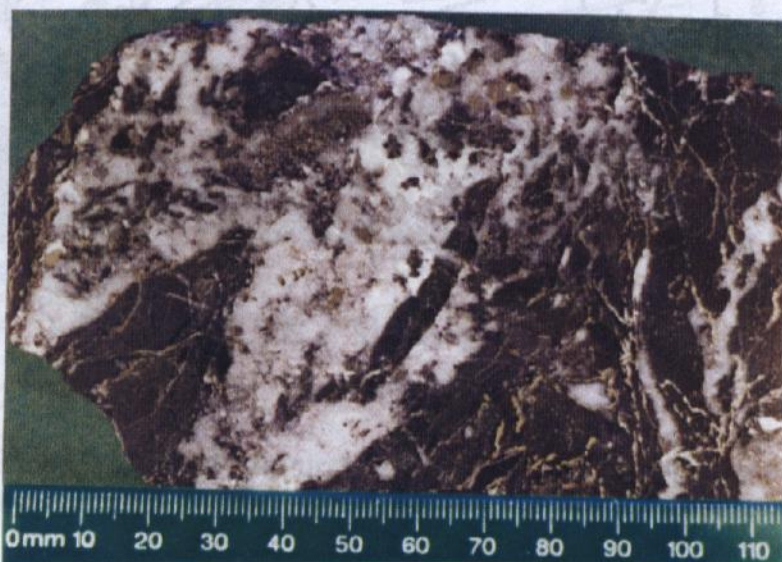


Рис. 10. Кварц-сульфидная жила брекчиевой текстуры в углеродистых сланцах месторождения Майское, из коллекции музея ЦНИГРИ

В 1960 году в США на севере штата Невада в силурийских карбонатных толщах было открыто крупное месторождение Карлин. Основная особенность этого месторождения состоит в том, что его руды представлены вкрапленностью сульфидов, а золото — субмикроскопическими (от микрона и меньше) выделениями, не дающими шлиховых ореолов.

К настоящему времени в штате Невада выявлено более 20 однотипных объектов, заключающих значительные ресурсы: прогнозные ресурсы оцениваются в 10 тыс. т Au, запасы — около 3 тыс. т, ежегодная добыча составляет около 300 т Au.

К настоящему времени выявилась концентрация месторождений в двух зонах северо-северо-восточного простирания: трендах Карлин и Кортес, диагональных общему простиранию пояса. В тренде Карлин сосредоточены основные добычные работы на золото в США. Он имеет протяженность около 65 км при ширине 8 км и включает месторождения вкрапленного типа с тонкодисперсным золотом в осадочных породах.

Рудные тела месторождения Карлин находятся в верхней части свиты Роберт Маунтинс раннесилурийского возраста и размещаются в первой сотне метров ниже надвига Роберт Маунтинс. Золото неравномерно рассеяно по пластам глинисто-карбонатных пород. Минерализация, с которой ассоциирует золотое оруденение, представлена кварцем, баритом, реальгаром, пиритом, антимонитом, киноварью, сфалеритом и галенитом. Золото присутствует как самородный металл, а также, возможно, в виде элементарно-органических соединений. Устанавливается такая последовательность минералообразования: рассеянный кварц, пирит, золото, сульфиды As, Sb, Hg, главным образом реальгар, аурипигмент, антимонит и киноварь в ассоциации с поздним баритом; сульфиды Pb, Zn, Cu, Mo. Интересно наличие самородного мышьяка в виде мелких (2–30 мкм) сферических выделений. Отмечается также, что руды с низким содержанием органического углерода характеризуются высокой корреляцией Au-Hg-As-Sb, а в высокоуглеродистых рудах высокая корреляция устанавливается только между Au и Hg, что отражает тесную связь обоих элементов с органическим веществом. Содержания золота в рудах 7–10 г/т, границы рудного тела определяются по данным опробования. Материалы отработки месторождения показали чрезвычайную нарушенность рудовмещающей толщи разрывами, в основном северо-западного простирания, соответствующими преимущественной ориентировке даек и, несомненно, более поздними по отношению к региональному надвигу Роберт Маунтинс. Месторождение было выявлено по геохимической аномалии As и Au в эрозионном окне, вскрывшем лежащий бок надвига.

Месторождение Голд Куорри расположено на юго-западном краю тектонического окна Карлин, представляющем собой выход карбонатных пород округлой формы диаметром около 3 км. Крутопадающие сбросы и разрывы прослеживаются в краевых частях рудоносной площади. Доказанные запасы месторождения оцениваются в 223 млн. т руды со средними содержаниями 1,5 г/т Au. Разработка и обогащение руд Голд Куорри начались в 1985 г., кучное выщелачивание — в 1986 г. Главное рудное тело разрабатывается карьером, который достигает длины 1830 м, ширины 1220 м и глубины 300 м.

Основная рудная залежь заключена в мощной 450-метровой пачке алевролитов, сланцев, песчаников, алевролитистых известняков и кремней, считающейся частью переходной толщи, отложенной на палеозойском склоне между восточным и западным комплексами пород. Кремнисто-обломочные осадочные породы обычно тонкослоистые и пластичные. Рудные столбы, имеющие форму от таблитчатой до неправильной, связываются с разломами и трещинами северо-восточного и северо-западного простирания.

ния. К пересечениям структур часто приурочены значительные, хотя и непротяженные, рудные линзы.

Месторождение состоит из линз сравнительно богатой золотой руды, неравномерно распределенных в пределах крупного рудного тела с низкими концентрациями и контролируемых разрывными нарушениями. Основная рудная залежь простирается с севера на юг на 600 м и погружается на восток под углом 45–50°.

Наряду с крупнообъемными месторождениями, пригодными для открытой отработки, выявлены богатые рудные залежи, примером которых служит самое богатое в США месторождение Мейкл. Месторождение расположено в пределах тренда Карлин и представляет собой весьма богатый глубокозалегающий (около 500 м) объект карлинского типа. Открыто в 1989 г. в результате систематического разбуривания выходящей на дневную поверхность безрудной зоны окварцевания. Богатая руда была подсечена лишь десятой по счету глубокой скважиной. Разведанные запасы золота составляют 198 т при среднем содержании 20 г/т. Ежедневно добывается 2100 т руды. Рудовмещающие породы — турбидиты и брекчированные известняки девонской формации Попович — подстилаются слабоминерализованными на данном месторождении доломитами и доломитизированными известняками формации Роберт Маунтинс. Рудные тела представляют собой изогнутые плитообразные зоны вкрапленной сульфидной минерализации. Рудные минералы — тонкозернистый пирит, марказит, арсенопирит. Характерные особенности месторождения: высокий тепловой поток в шахтах, повсеместное развитие жил, прожилков и гигантских полостей-каверн, выполненных крупнокристаллическим друзовым кальцитом и баритом. Изредка встречаются антимонит-кварцевые жилы.

Таким образом, месторождения, локализованные в тренде Карлин, достаточно разнообразны, и поэтому к карлинскому типу следует относить объекты, сходные с месторождением Карлин и характеризующиеся:

- известково-глинистым составом разреза рудовмещающих пород;
- стратифицированным характером рудных тел;
- прожилково-вкрапленным оруденением;
- сульфидным (преимущественно пирит-арсенопиритовым) составом руд с тонкодисперсными (микронными) выделениями золота в сульфидах;
- наличием низкотемпературной сурьмяно-мышьяково-ртутной минерализации в ассоциации с аргиллизитами.

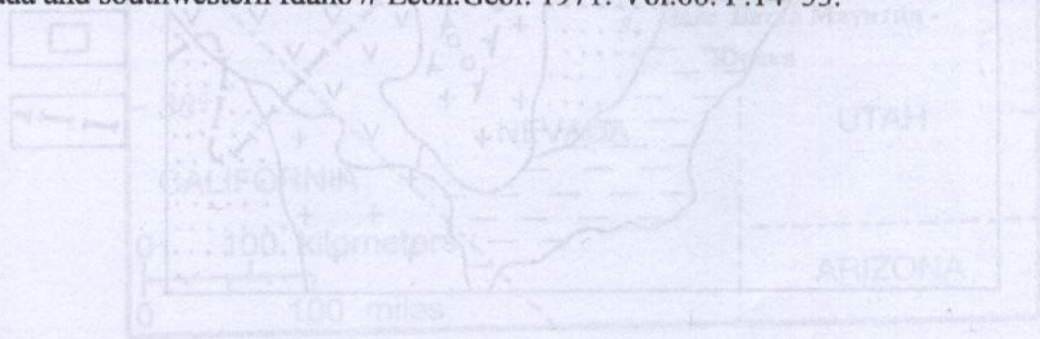
Основными прогнозно-поисковыми критериями и признаками оруденения карлинского типа, исходя из изложенных выше данных, можно считать:

1. Положение в зоне сопряжения эв- и миогеосинклинальных структур (пассивная континентальная окраина), осложненной валообразным поднятием (возможно, форма проявления глубинного разлома).
2. Приуроченность к известковисто-глинистым фациям флишоидных и турбидитовых комплексов.
3. Приуроченность к приподнятым блокам, по которым рудовмещающая толща выводится на поверхность.
4. Наличие горизонтов декарбонатизации и окварцевания, иногда безрудных в «чехольных» частях, развивающихся по мергелистым и доломитовым горизонтам.
5. Выделения в трещинках реальгара, аурипигмента и углеродистого вещества.

В качестве основного метода поисков эффективна геологическая съемка, однако, для выявления незеродированных частей рудоносной формации необходимы поисковые бурение и специальные палеотектонические и литолого-фациальные реконструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Пересторонин А.Е. Карлинский тип золотого оруденения. – Хабаровск, 2001, 160 с.
2. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. – М.: Недра, 1991, 223 с.
3. Константинов М.М. Золоторудные месторождения типа Карлин и критерии их выявления // Руды и металлы. 2000, № 2, с.70–76.
4. Кривцов А.И., Мизгачев И.Ф. Металлогения андезитоидных вулканоплутонических поясов. – М.: ЦНИГРИ, 1997.
5. Найбородин В.И., Мерзляков В.М., Сидоров А.А. К возможности обнаружения на Северо-Востоке СССР золоторудных месторождений нового генетического типа // Колыма, 1972, № 7, с.37.
6. Шер С.Д. Металлогения золота. – М.: Недра, 1972.
7. Christensen O.D. Stratigraphic controls on gold mineralization Carlin Trend, Nevada // World Gold-89. Charter 15. P.130–135.
8. Flhik R.P. and Mark D.Barton. An amagmatic Origin of Carlin-Type Gold Deposits. // Econ. Geol. 1987. Vol.92. P. 267–310.
9. Hofstra A.H., Snee L.W., Rye R.O. Age constraints on Jerrit Canyon and Other Carlin-Type Gold Deposits in the Western United States-Relationship to Mid-Tertiary Extension and Magmatism // Econ. Geol. 1999. Vol.94. № 6. P.769–803.
10. Joralemon P. The occurrence of gold at the Getchell mine, Nevada // Econ. Geol. 1951. Vol.46. № 3. P.269–283.
11. Radtke A.S., Rye R.O. and Dickson F.W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposits, Nevada // Econ. Geol. 1980. Vol.75. P.641–672.
12. Roberts R.J., Radtke A.S. and Coats R.R. Goldbearing deposits in northcentral Nevada and southwestern Idaho // Econ.Geol. 1971. Vol.66. P.14–33.



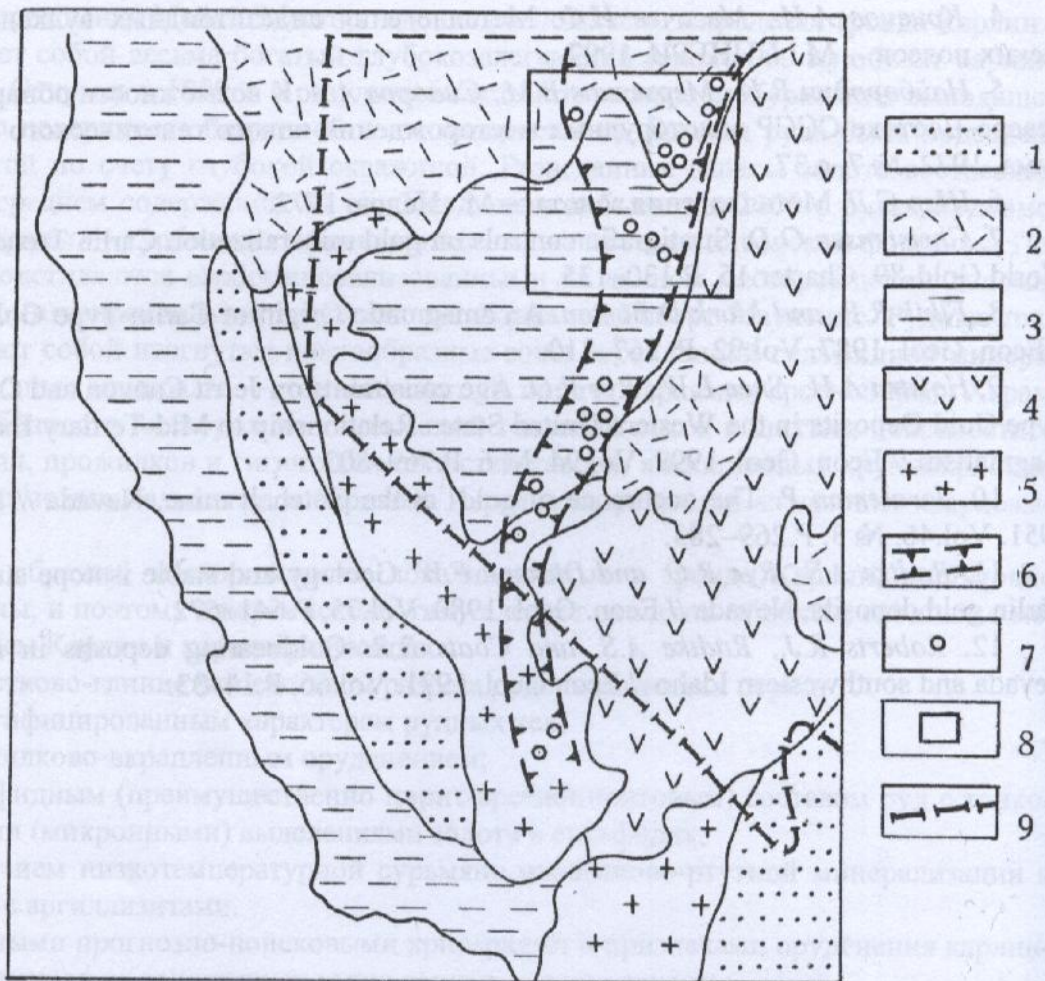


Рис. 1. Положение пояса золотоарсенидных месторождений штата Невада (США), М.М.Константинов, 1984:

1 — преимущественно недислоцированные осадочные породы (палеогеновые—раннечетвертичные); 2 — кайнозойские вулканические породы; 3 — породы миогеосинклинального комплекса; 4 — породы эвгеосинклинального комплекса; 5 — гранитоидные интрузии (преимущественно мезозойские); 6 — контуры рудного пояса; 7 — месторождения; 8 — контур-площадь развития трендов Карлин и Кортес; 9 — границы штата Невада

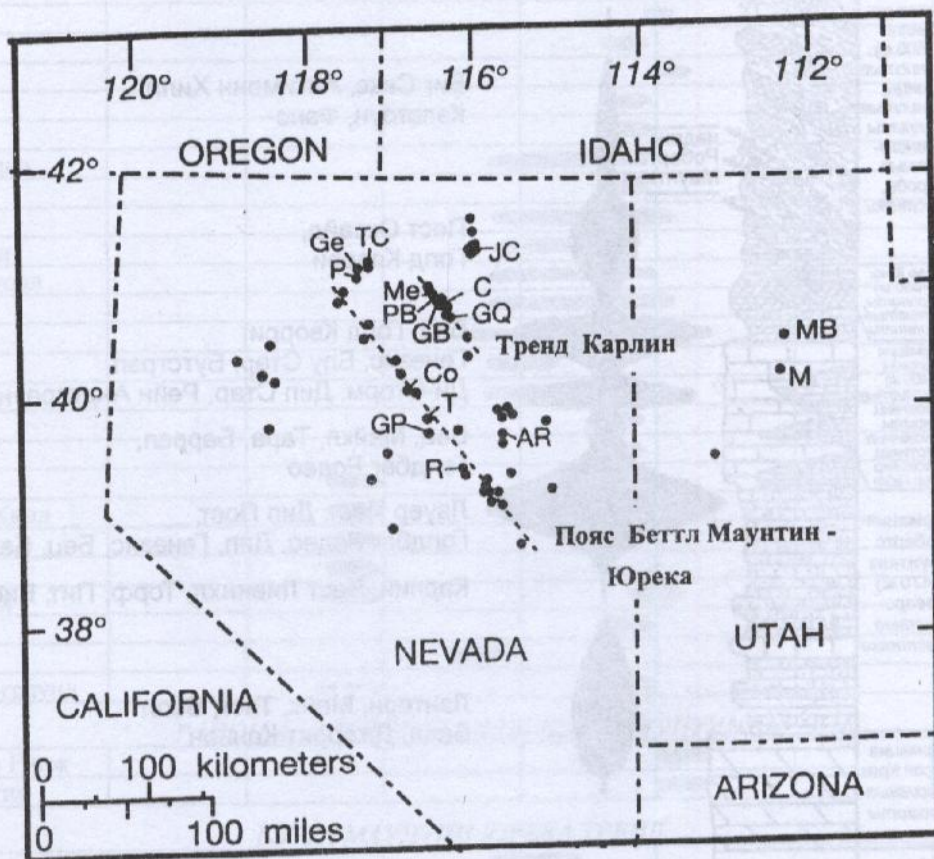


Рис. 2. Локализация месторождений типа Карлин на западе США, A.H. Hofstra et al., 1999:

основные месторождения: AR — Аллигейтор Ридж, С — Карлин, Со — Кортес, GB — Генезис-Блустар и Бест, Ge — Гетчелл, GP — Голд Пик, GQ — Голд Кворри, JC — Джеррит Каньон, М — Меркур, MB — Мелко и Бернис Каньон, Me — Мейкл, P — Пинсон, PB — Пост-Бетс, R — Рустер и Виндфолл, Т — Тонкин Спрингс, TC — Твин Крикс; пунктирными линиями показаны тренд Карлин и пояс Бетгл Маунтин-Юрека

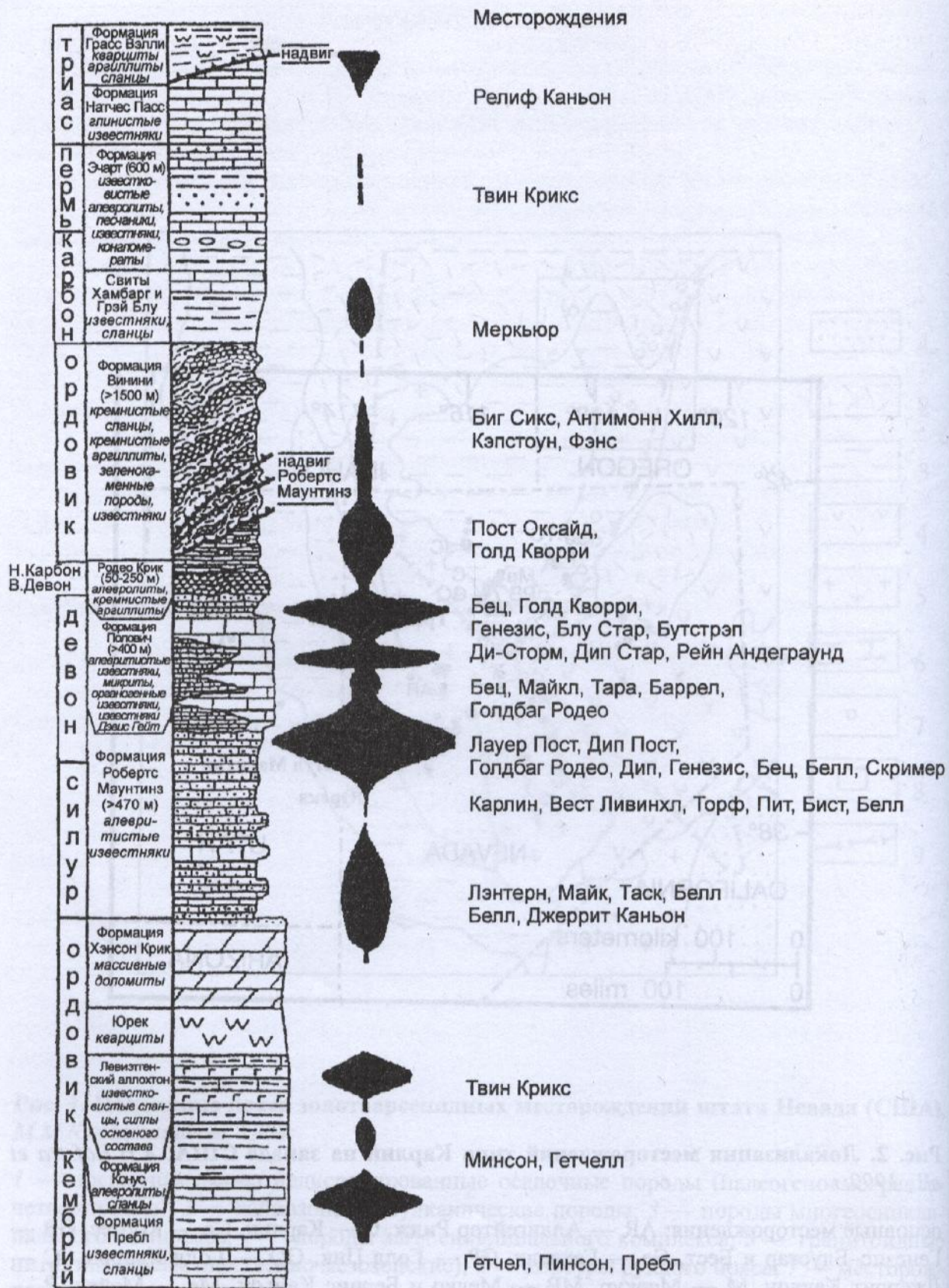


Рис. 3. Обобщенно-идеализированная стратиграфическая колонка распространения месторождений типа Карлин в штатах Невада и Юта и положение в ней золотого оруденения, Ю.И.Бакулин и др., 2001

ТРЕНД МЕСТОРОЖДЕНИЕ	Возраст вмещающих пород						
	Кембрий	Ордовик	Силур	Девон	Карбон	Пермь	Триас
ТРЕНД КАРЛИН							
Карлин				-----			
Блу Стар					-----		
Генезис					-----		
Норт Стар					-----		
Бобкэт					-----		
Вест Ген					-----		
Бец					-----		
Нижний Пост					-----		
Пост Оксайд					-----		
Сев. Бец					-----		
Зап. Бец					-----		
Зап. Базза					-----		
Базза					-----		
Скример					-----		
Лонг Лак					-----		
Сорм					-----		
Мейкл					-----		
Голдбаг Родео					-----		
Дип Стар					-----		
Торф					-----		
Вест Ливилл					-----		
Харди Футуолл					-----		
Майк					-----		
Лэнтэри					-----		
Бист					-----		
Пит					-----		
Баррел					-----		
Тара					-----		
Биг Сикс					-----		
Антимони Хилл					-----		
Кэпстоун					-----		
Фэнс					-----		
Голд Кворри					-----		
Бутстрэп					-----		
Таск					-----		
Рейн Андерграунд					-----		
РАЙОН АЛЛИГЕЙТОР РИДЖ-БЭЛД МАУНТИН							
Аллигейтор Ридж					-----		
Белд Маунтин					-----		
БЭТТЛ МАУНТИН ЮРЕКА ТРЕНД							
Кортец					-----		
Голд Акресс					-----		
ГЕТЧЕЛЛ ТРЕНД							
Твин Крикс					-----		
Гетчелл					-----		
Пинсон					-----		
НЕЗАВИСИМАЯ ГРУППА							
Белл					-----		
Джеррит Каньон					-----		
ВНЕ ТРЕНДОВ							
Релиф Каньон					-----		
Меркьюр					-----		

Рис. 4. Возраст вмещающих осадочных толщ для месторождений типа Карлин в штатах Невада и Юта, Ю.И.Бакулин и др., 2001

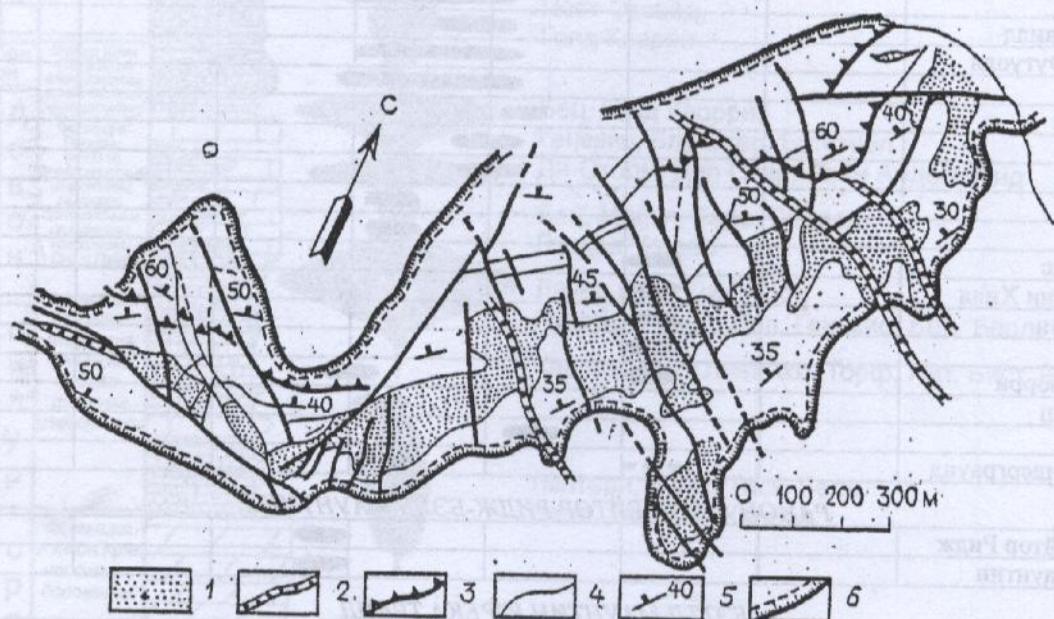
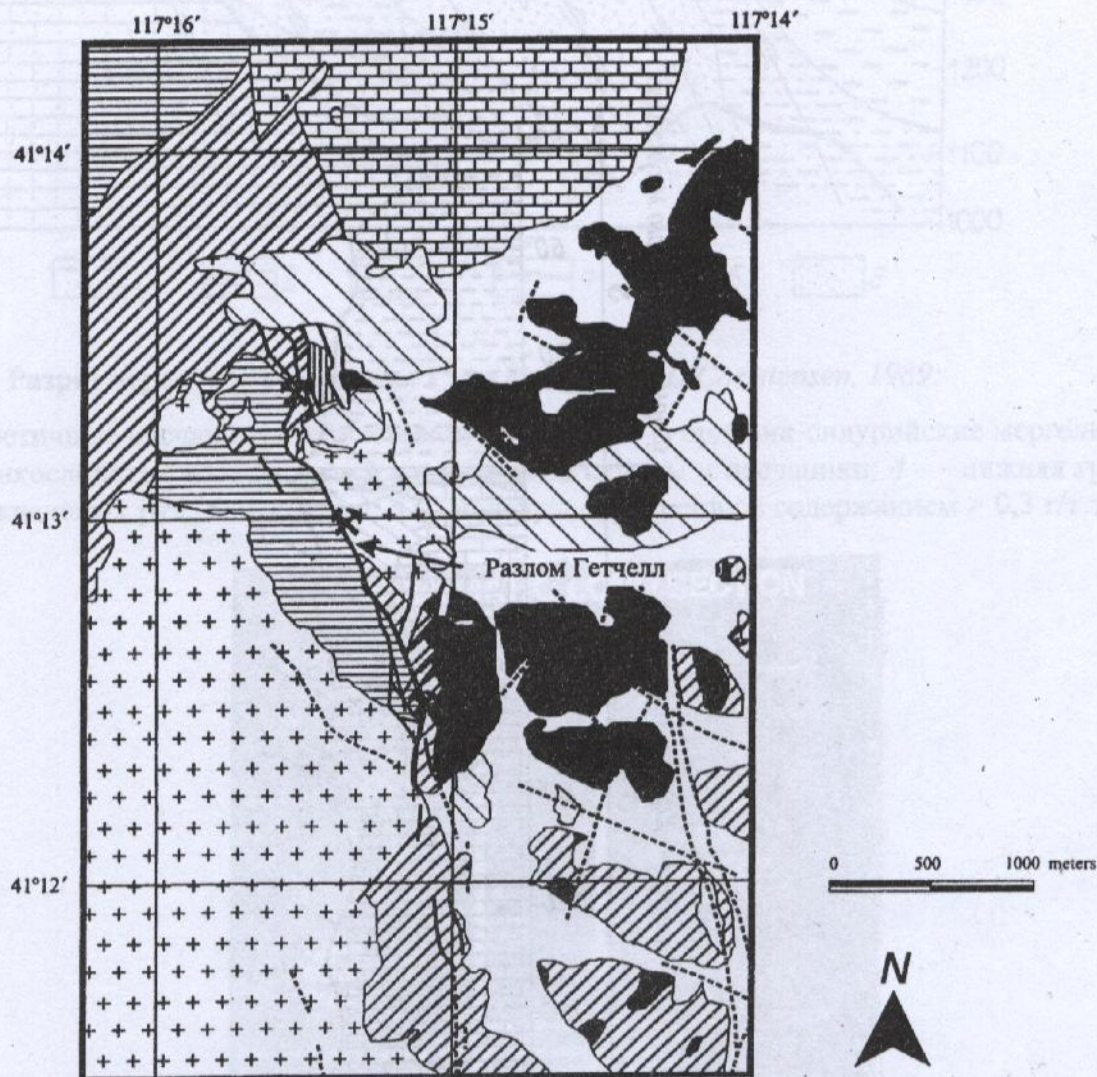


Рис. 5. Структурный план карьера месторождения Карлин (США), М.М. Константинов, 1991:

1 — рудные тела; 2 — дайки гранодиоритов; 3 — поверхность надвига Роберт Маунтинс; 4 — крутопадающие разломы; 5 — элементы залегания рудовмещающих глинисто-карбонатных пород; 6 — контуры карьера



- | | | | |
|--|---|--|---|
| | Разломы установленные | | Меловые гродириты |
| | Разломы предполагаемые | | Пенсильванско-пермские отложения |
| | Положение Северного, Центрального и Южного карьеров | | Ордовикские отложения — формация валми |
| | Отвалы и хвосты обогащения руд | | Ордовикские отложения — формация комус |
| | Четвертичный аллювий | | Ордовикские диабазы |
| | Третичная пирокластика | | Средне-верхний кембрий — формация пребл |

Рис. 6. Геологическая карта месторождения Гетчелл, *A. H. Hofstra et al.*, 1999

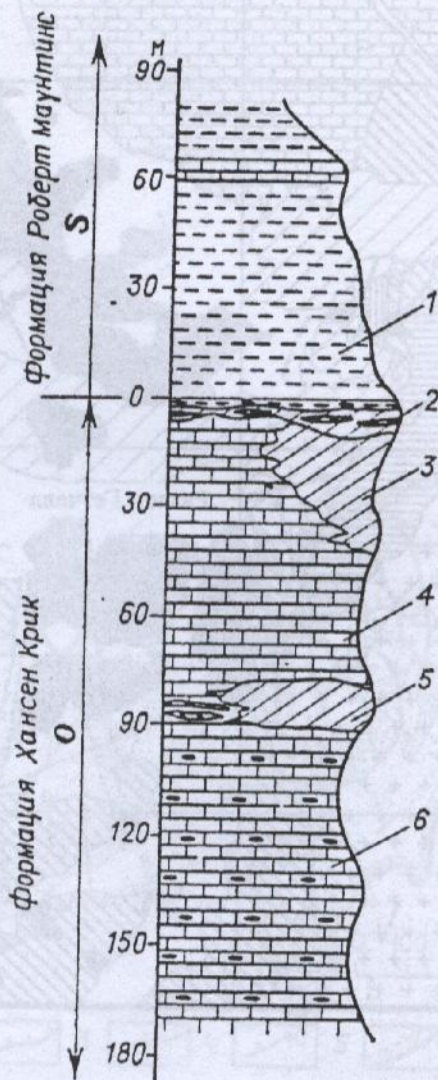


Рис. 7. Положение стратиформного золото-сульфидного оруденения месторождения Белл (США), М.М.Константинов, 1991:

1 — тонкослоистые алевролиты; 2 — рудоносный горизонт: пласты черных сланцев, известковистых, сильно кремнистых; 3 — светло-серые доломиты, кремнистые; 4 — слоистые известняки; 5 — рудоносный горизонт: черные сланцы сменяются по латерали битуминозными известняками; 6 — слоистые известняки с небольшим количеством сланцев

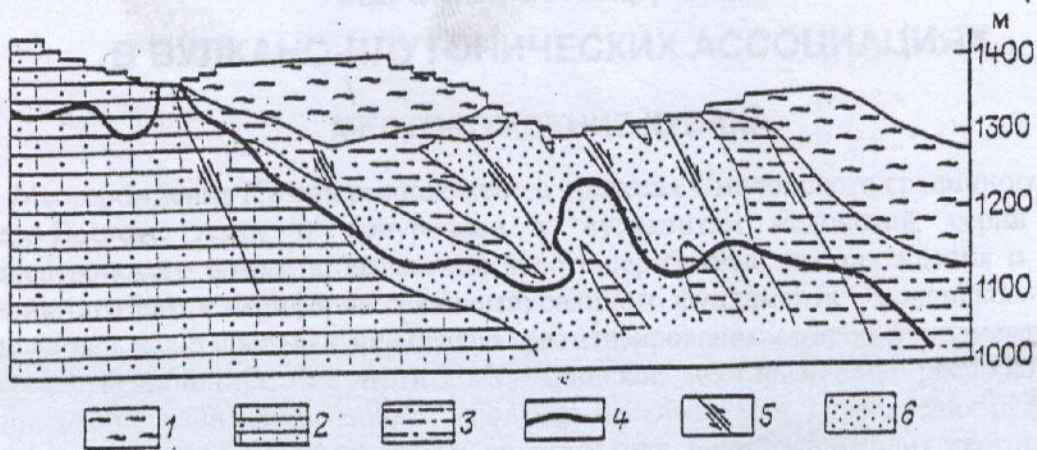


Рис. 8. Разрез через месторождение Голд Куорри, O.D.Christensen, 1989:

1 — третичные песчано-гравелитовые отложения; 2 — ордовик-силурийские мергелистые тонкослоистые известняки; 3 — глинистые сланцы и песчаники; 4 — нижняя граница окисленных руд; 5 — сбросы; 6 — контуры оруденения с содержанием $> 0,3$ г/т золота

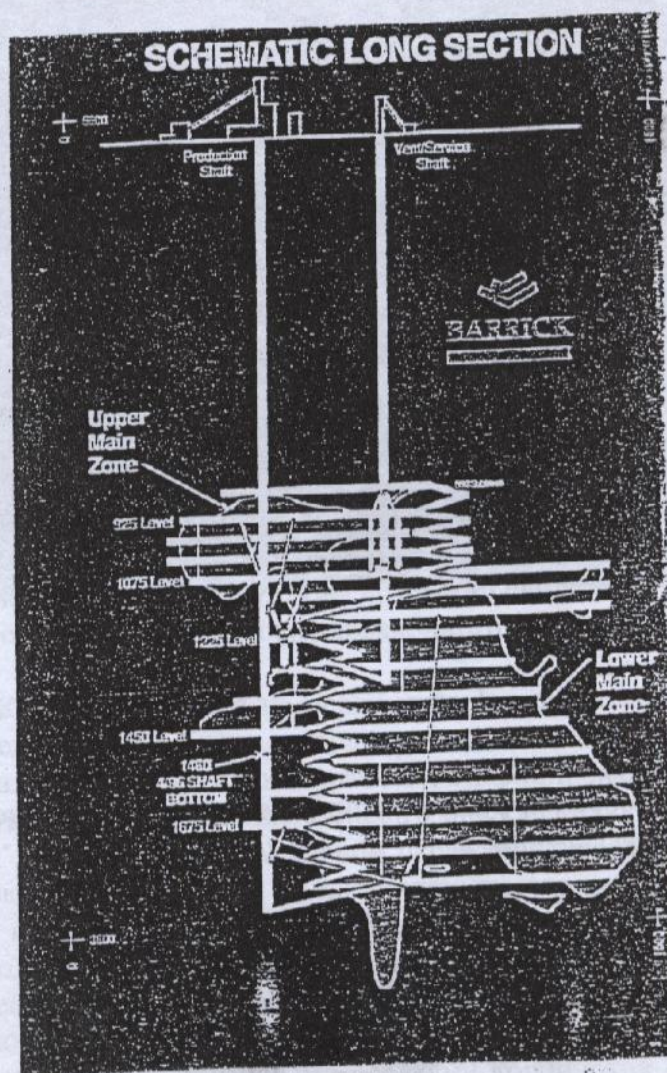


Рис. 9. Вертикальная проекция месторождений Мейкл, G.Wernu K, 1996



Рис. 10. Типичный образец руды месторождения Карлин. Содержание золота 8 г/т, из коллекции М.М.Константинова

3.2. МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЯХ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ КУБАКА

Месторождение Кубака расположено в пределах Омолонского срединного массива Северо-Востока Азии и приурочено к вулканитам кедонской серии средне-позднедевонского возраста. Известные золото-серебряные месторождения и рудопроявления тяготеют к периферии гранитизированного фундамента Омолонского массива, располагаясь как в пределах зоны слабо гранитизированных пород фундамента, так и в непосредственной близости от нее. Кубакинское месторождение располагается во внешней зоне гранитизированного основания массива в узле пересечения рудоконцентрирующих структур. Авландинскому рудному узлу, в который входит месторождение, отвечает положительная аномалия силы тяжести размером 30×60 км.

Авландинский рудный узел отчетливо выделяется на фоне окружающей его слабой минерализации и пространственно совпадает с одноименным палеовулканическим сооружением. В нем отчетливо выделяются жерловая, околожерловая и периферическая части, разделенные концентрическими разломами. Жерло вулканоструктуры сложено игнимбритами и кластолавами трахириолитового состава, местами отмечаются тефроиды с потоками пенистых лав риолитов. На периферии вулканического сооружения развиты, главным образом, удаленные фации — туфопесчаники, туфоалевролиты, туфы кислого и среднего состава, в том числе пепловые и кремнистые, реже игнимбри-ты и агломератовые туфы. Ряд субвулканических тел трахириолитов и риодацитов размещаются, главным образом, по концентрическим разломам. Гидротермальные изменения вулканитов представлены площадной пропилитизацией, крупные поля метасоматитов развиты по флангам вулканоструктуры. Метасоматиты сопровождаются золотоносными жильно-прожилковыми зонами адуляр-кварцевого, кварцевого и карбонат-кварцевого состава.

Золоторудные поля, сопровождаемые ореолами шлихового золота, располагаются во внешней, периферической части вулканоструктуры и сосредоточены на двух, относительно небольших рудоносных площадях (30–35 км²) на юго-западном и северо-восточном флангах этой структуры. В структурном отношении рудные поля отвечают секториальным блокам периферической части Авландинского стратовулкана. Они ограничены концентрическими и радиальными разломами этой структуры. Приуроченность оруденения к флангам вулканоструктуры возможно свидетельствует о периферической разгрузке гидротерм и низком уровне эрозионного среза вулканического сооружения.

Месторождение Кубака находится на периферии Авландинской вулканоструктуры. Рудные тела сосредоточены в блоке, площадью около 8 км², вытянутом в северо-западном направлении. Рудоносный блок сложен стратифицированными вулканитами кедонской серии, слагающими моноклиналь, полого наклоненную на юго-запад (200–210°) под углом 10–15°, согласно с общим планом периклинального залегания вулканитов вокруг Авландинского палеовулкана. Наблюдаются гомодромные ритмы, представленные чередованием снизу вверх эффузивов среднего и кислого состава. Вулканиты прорваны силлами риодацитов и андезито-дацитов, а также дайками трахириолитов того же возраста, и более поздними дайками долеритов в совокупности представляющими собой рудовмещающий комплекс пород. Южный фланг рудоносного блока перекрыт несогласно залегающими терригенными осадками корбинской свиты раннекаменноугольного возраста.

Рудные тела, локализованные в вулканической толще, связаны с прожилково-жильными зонами в пределах лестничной системы секущих крутопадающих разломов северо-западной ориентировки. Установлен ряд рудных зон.

Основные запасы золота, около 85%, сосредоточены в Центральной зоне, 10% — в Цокольной, 5% — в Северной.

Прожилково-жильные зоны разделены системой поперечных сбросо-сдвигов на отдельные блоки. Для них характерно многократное брекчирование и наложение нескольких стадий рудообразования. В зальбандах прожилково-жильных зон постоянно присутствует оперяющая система субширотных жил, выполненных минералами поздней продуктивной стадии рудообразования. В поперечном разрезе рудные зоны представляют собой веерообразный пучок, расширяющийся по восстанию. Прожилково-жильные зоны сопровождаются гидротермально-измененными породами хлорит-гидрослюдистой фации, образующими ореол шириной до нескольких десятков метров. Золото-серебряная минерализация локализована в основном в жильных образованиях, в незначительных количествах — в приконтактных частях жил. Мощность рудоносных прожилково-жильных зон составляет от первых метров до 20–30 м, жил выполнения — 1–3 м.

Жильные системы прослеживаются на глубину до 500–700 м. Промышленное оруденение локализовано в верхних частях вулканитов кедонской серии, его вертикальный размах достигает 220 м. Характерным является литологический контроль оруденения, имеется много примеров экранирования оруденения, особенно ранних стадий рудообразования — контактами пологозалегающих вулканогенных образований.

На месторождении выделяются две основные продуктивные стадии: ранняя карбонатно-анортоклаз-кварцевая и поздняя — хлорит-адуляр-кварцевая, разделенные формированием в рудовмещающих структурах слабооруденелых брекчий с халцедон-кварцевым цементом, которые проявились вторично и в завершающий этап рудообразования. Количество рудных минералов не превышает 0,5%. Среди рудных минералов преобладает золото, отмечаются пирит, арсенопирит, галенит, фрейбергит, акантит, науманнит, агвиларит и некоторые другие, более редкие минералы. Золото преимущественно свободное, тонкое, главным образом, низкой пробы (600–750), кроме того, встречаются электрум, кюстелит и самородное серебро. Золото-серебряное отношение в рудах высокое (1:2). Текстуры руд — колломорфно-полосчатые, каркасно-пластинчатые, крустификационные, глобулярные — типичны для близповерхностного оруденения вулканогенной золото-серебряной формации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лайпанов Х.Х., Чмырев А.В. Минералого-петрографическая зональность околорудных пород золото-серебряного месторождения (на примере Омолонской провинции) / Тр. ЦНИГРИ, 1991, вып. 236, с.143–150.
2. Розенблюм И.С., Калинин А.И., Макурин В.Н. и др. Новый тип золото-серебряных месторождений на Северо-Востоке России // Сов. геол. 1992, № 4.
3. Степанов В.А., Морозова Л.В., Макурин В.И. Золото-серебряная формация. Месторождение Кубака // Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М. 1992.
4. Степанов В.А., Шишаква Л.Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. — Владивосток: Дальнаука, 1994.
5. Черняев Е.В., Черняева Е.И. Структура и условия локализации оруденения Кубакинского рудного поля // Изв. Томск. Политехн. Ун-та, 2001, т.304, вып.1, с.225–243.

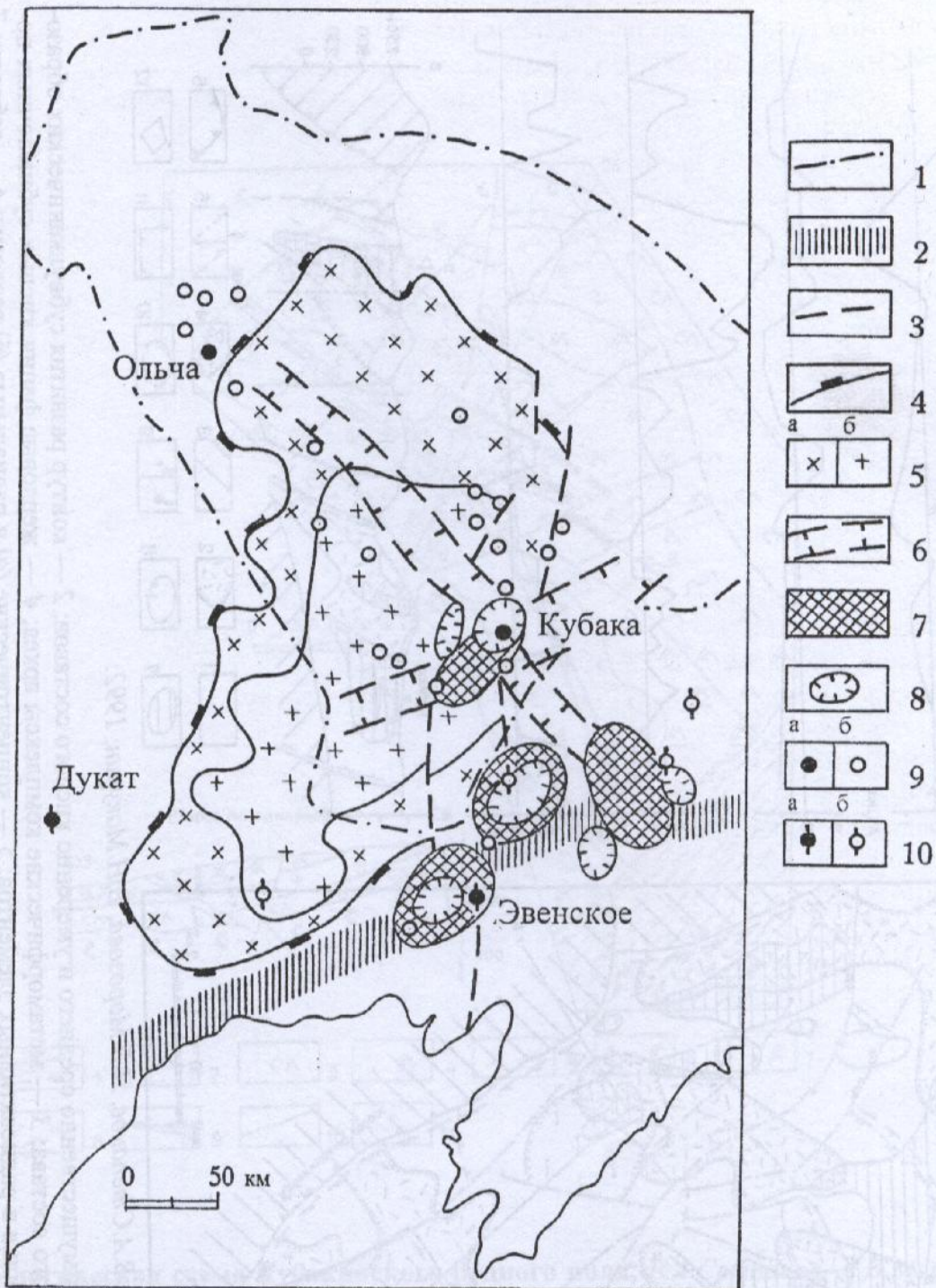


Рис. 1. Позиция Авландинского рудного узла в региональных структурах, В.А.Степанов, Л.В.Морозова, В.Н.Макурин, 1992:

1 — граница Омолонского массива; 2 — Приохотская зона глубинных разломов; 3 — фрагменты Омолонно-Гижигшинской зоны разломов; 4 — контур Южно-Омолонского мегасвода по геофизическим данным; 5 — область менее (а) и более (б) гранитизированного фундамента архейского возраста; 6 — рудоконцентрирующие структуры; 7 — локальные гравитационные максимумы; 8 — локальные гравитационные минимумы сопряженные с последними; 9 — золото-серебряные месторождения (а) и рудопроявления (б) палеозойского возраста; 10 — золото-серебряные месторождения (а) и рудопроявления (б) мезозойского возраста

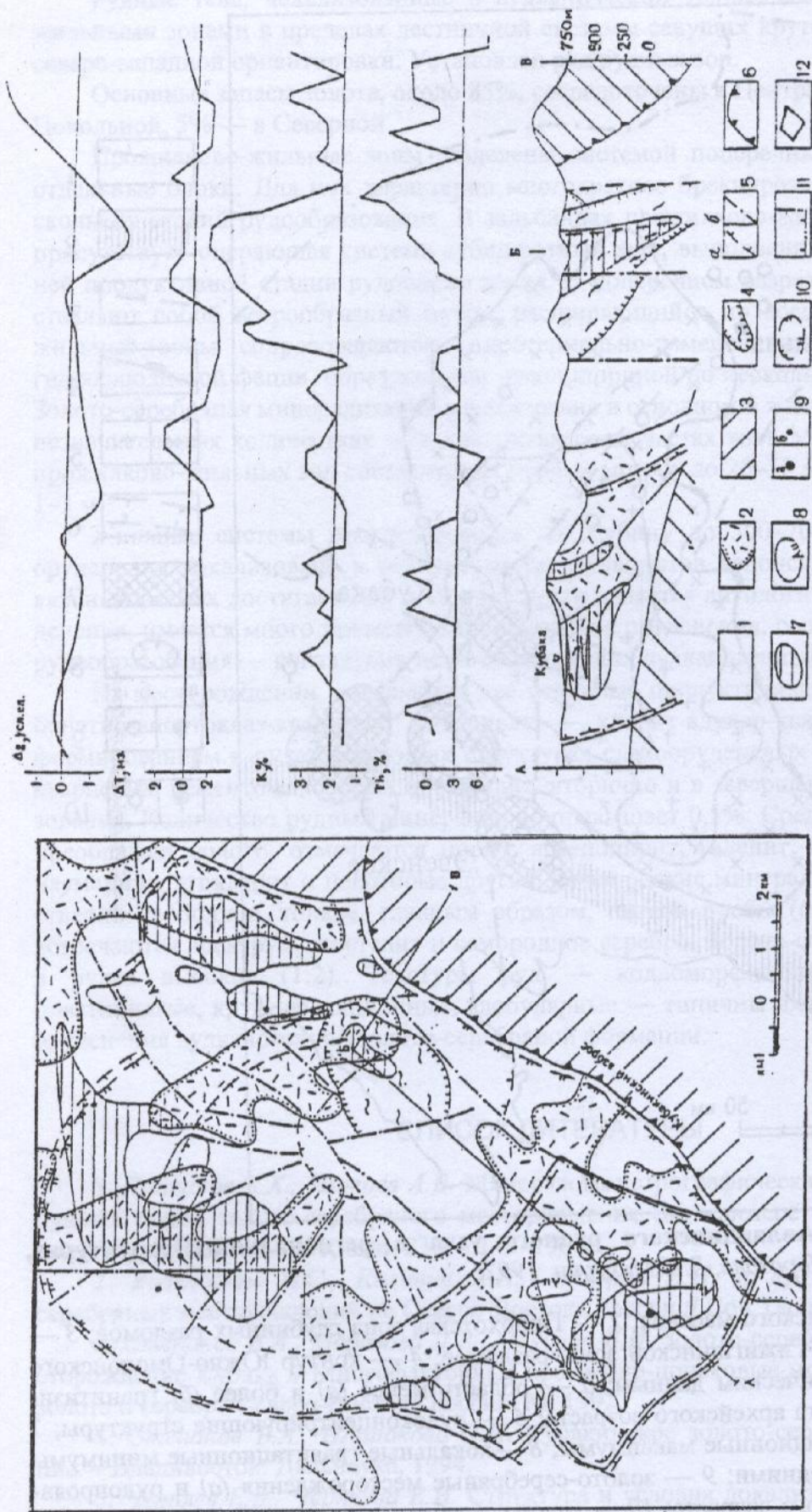


Рис. 2. Модель рудного узла, В.А. Степанов, Л.В. Морозова, В.Н. Макурин, 1992:

1 — девонские вулканы преимущественно среднего и умеренно кислого состава; 2 — контур развития субвулканических образований преимущественно кислого состава; 3 — метаморфические комплексы архея; 4 — жерловые фации субщелочных пород с высоким содержанием калия и радиоактивных элементов; 5 — концентрические (а) и радиальные (б) разломы; 6 — взросы; 7 — ареалы метасоматитов гидрослюдисто-кварцевого состава; 8 — ореолы знакового золота в шлихах; 9 — месторождение Кубака (а), рудопроявления и точки минерализации золота (б); 10 — контур рудного узла; 11 — площадь, на которой отсутствуют геофизические наблюдения м-ба 1:50 000; 12 — контур рудного поля

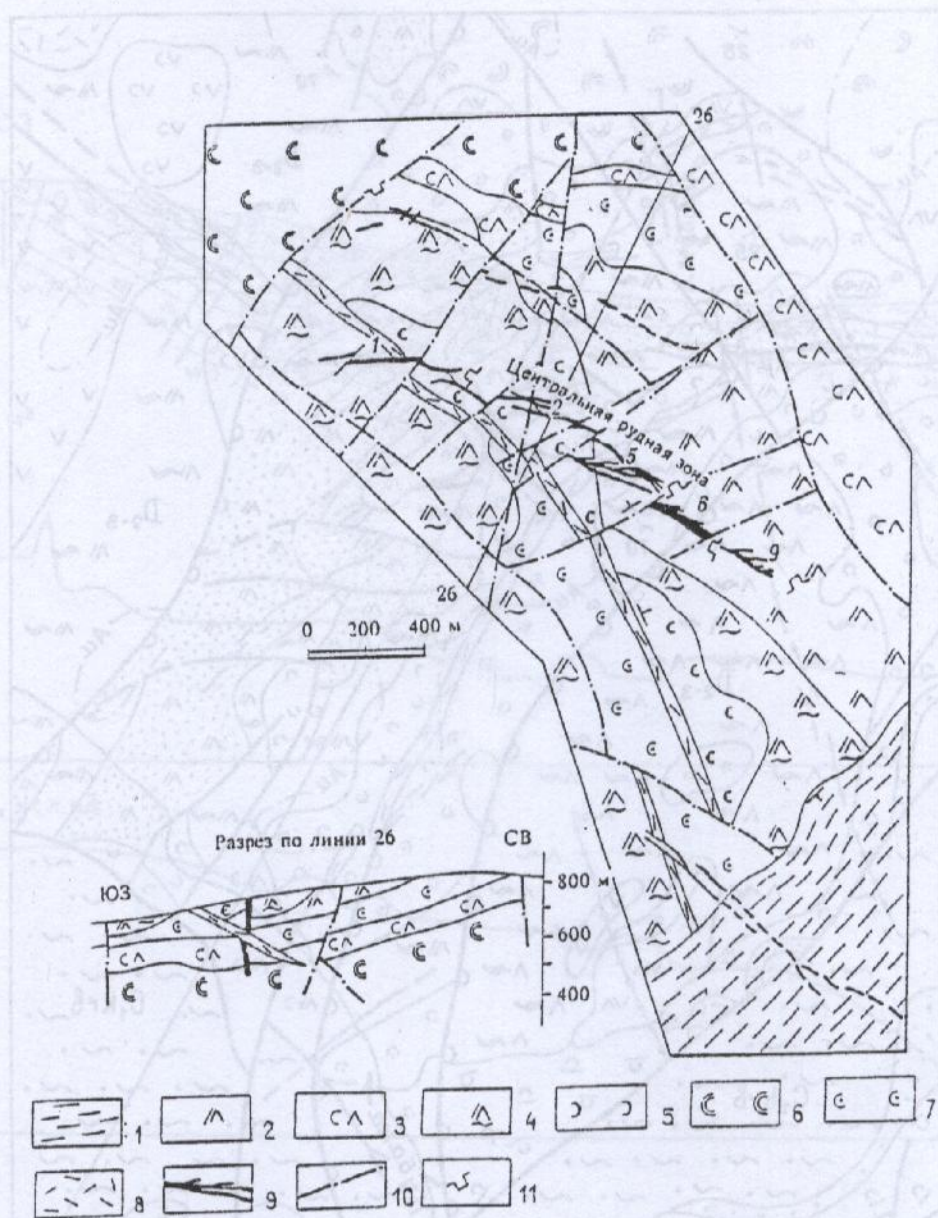
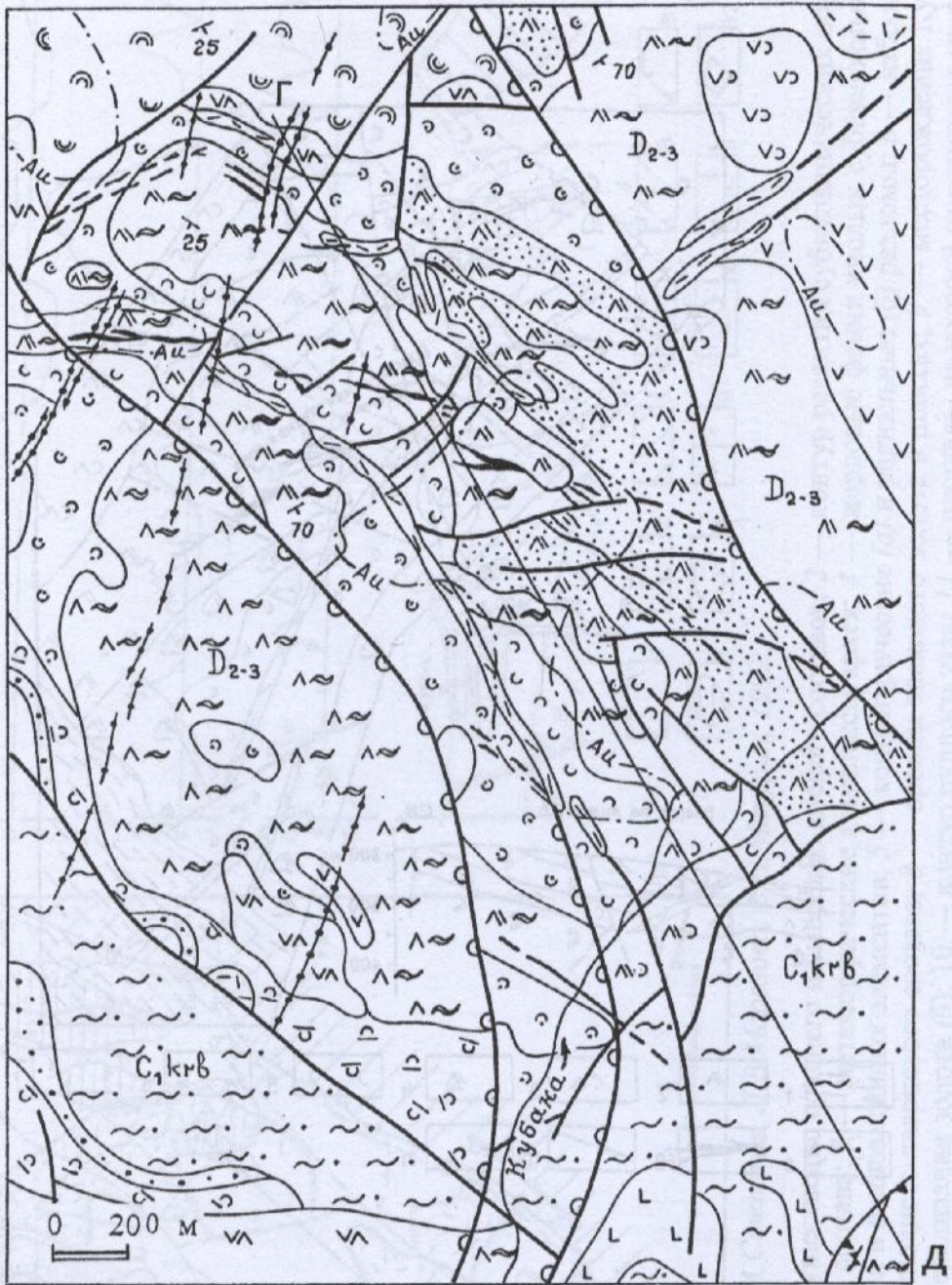
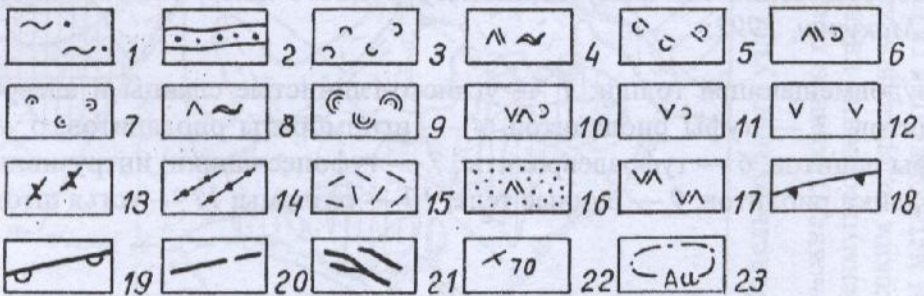


Рис. 3. Геологическая схема Кубакинского рудного поля, В.А.Степанов, Л.В.Морозова, В.Н.Макурин, 1992:

породы рудовмещающей толщи: 1 — углисто-глинистые сланцы и алевролиты, 2 — туфы дацитов, 3 — туфы риодацитов, 4 — игнимбриты риодацитов, 5 — агломератовые туфы дацитов, 6 — туфоалевролиты, 7 — туфопесчаники; интрузивные образования: 8 — дайки риолитов; 9 — рудные тела; 10 — разломы; 11 — устья штолен



Д



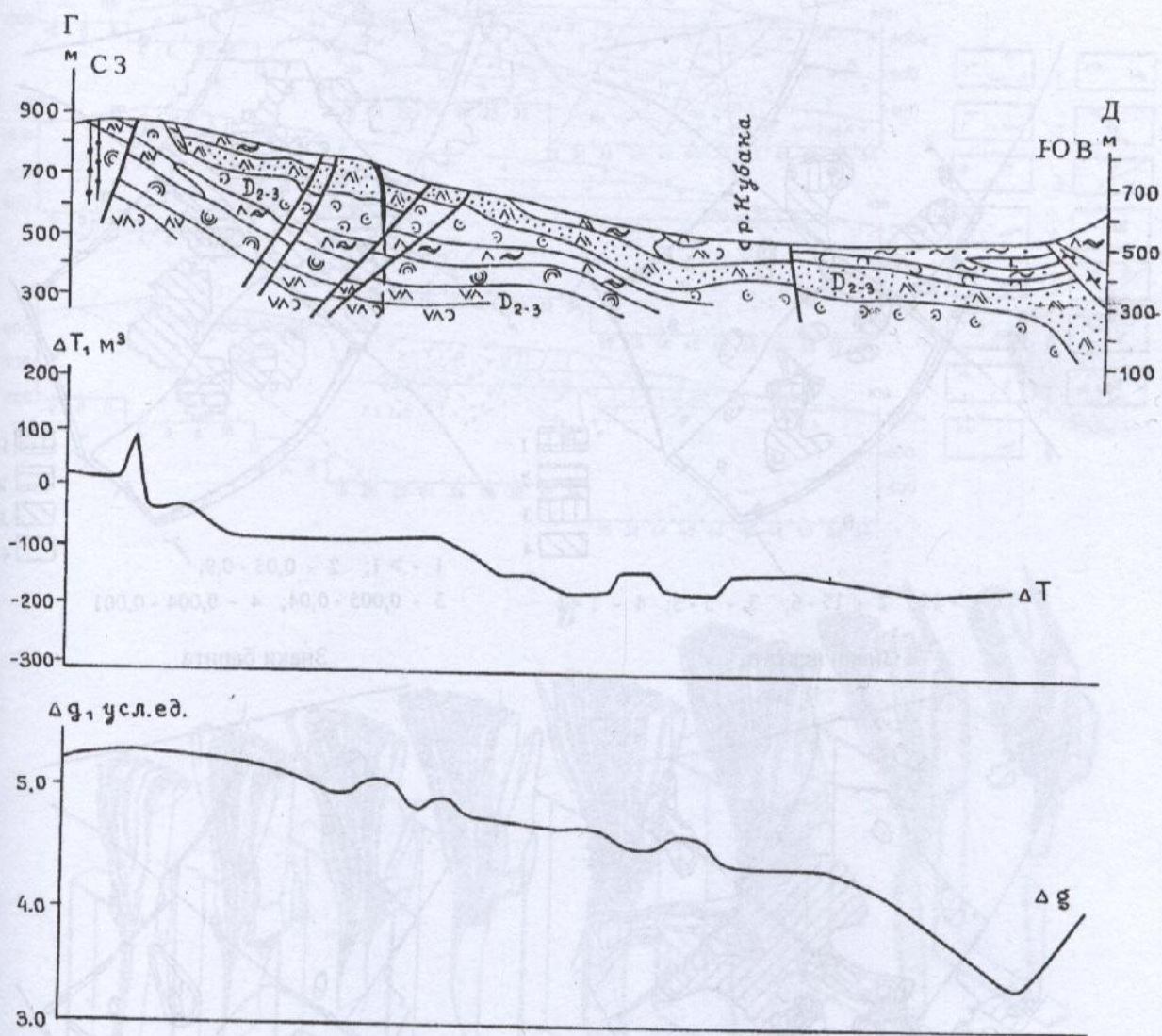
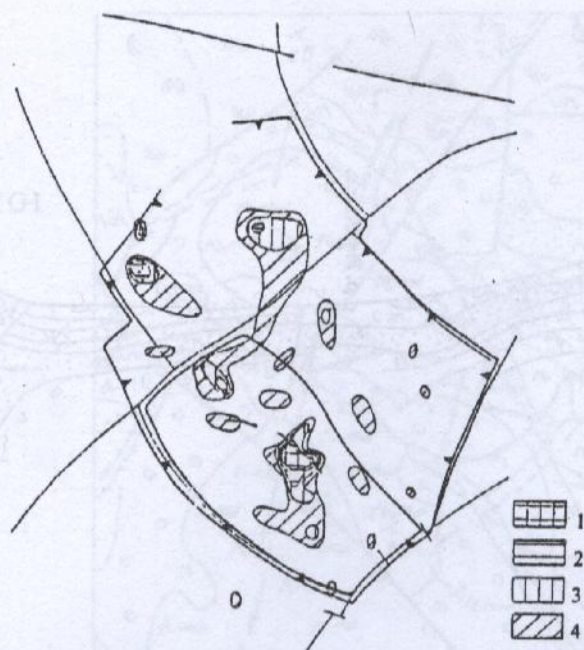


Рис. 4. Геологическое строение Кубакинского месторождения (а), разрез по линии Г-Д и графики распределения геофизических характеристик (б), В.А.Степанов, Л.В.Морозова, В.Н.Макурин, 1992:

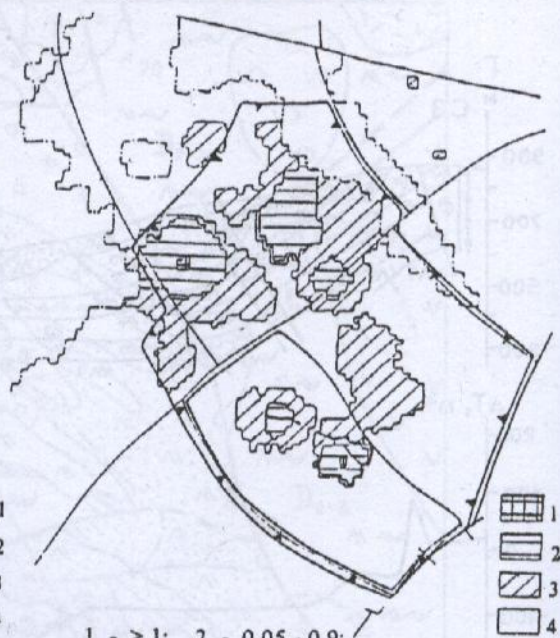
1 — углеродистые алевролиты и аргиллиты; 2 — базальный горизонт конгломератов, гравелитов, осадочных брекчий; 3 — агломератовые туфы; 4 — игнимбриды риодацитов; 5 — туфы риолитов; 6 — туфы риодацитов; 7 — туфопесчаники; 8 — игнимбриды дацитов; 9 — туфоалевролиты; кремнистые туфы; 10 — андезитодацитов, 11 — андезитов; 12 — андезиты; 13 — гнейсы; гранитогнейсы и мигматиты; 14 — силлы и дайки долеритов; 15 — дайки риолитов; 16 — силлы риодацитов; 17 — силлы андезитодацитов; 18 — взброс с указанием угла наклона; 19 — концентрические разломы Авландинской вулканоструктуры; 20 — прочие разрывные нарушения; 21 — рудные тела; 22 — наклон слоистости; 23 — механические ореолы золота в деловии

Знаки золота



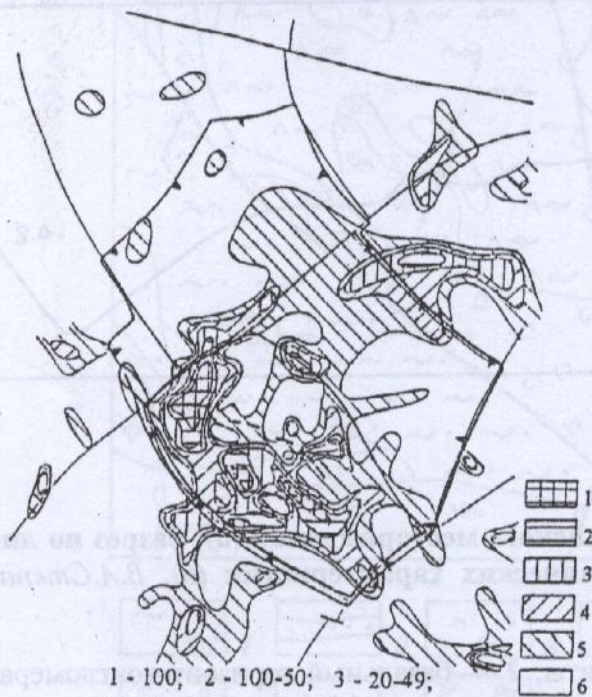
1 - >15; 2 - 15-6; 3 - 5-3; 4 - 1-2

Содержание золота в электромагнитной фракции шлихов (в г/т)



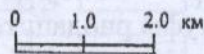
1 - >1; 2 - 0,05 - 0,9;
3 - 0,005 - 0,04; 4 - 0,004 - 0,001

Знаки апатита

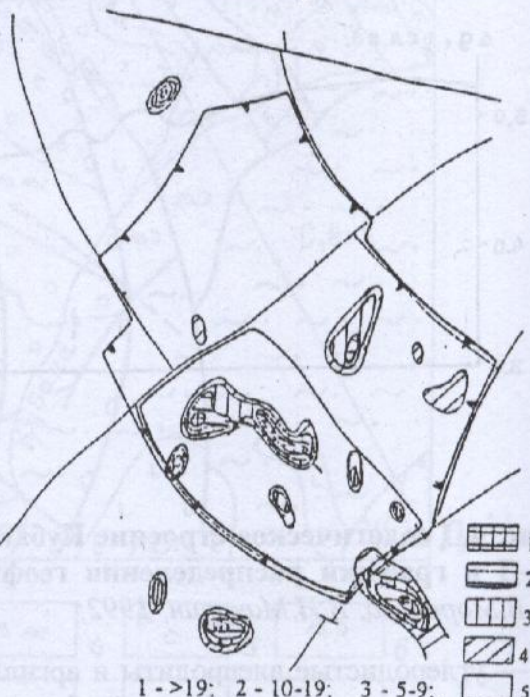


1 - 100; 2 - 100-50; 3 - 20-49;
4 - 10-19; 5 - 1-9; 6 - 0

Рудное поле



Знаки барита



1 - >19; 2 - 10-19; 3 - 5-9;
4 - 1-4; 5 - 0

Месторождение

Рис. 5. Минералого-геохимические элементы модели рудного поля и месторождения, В.А.Степанов, Л.В.Морозова, В.Н.Макурин, 1992

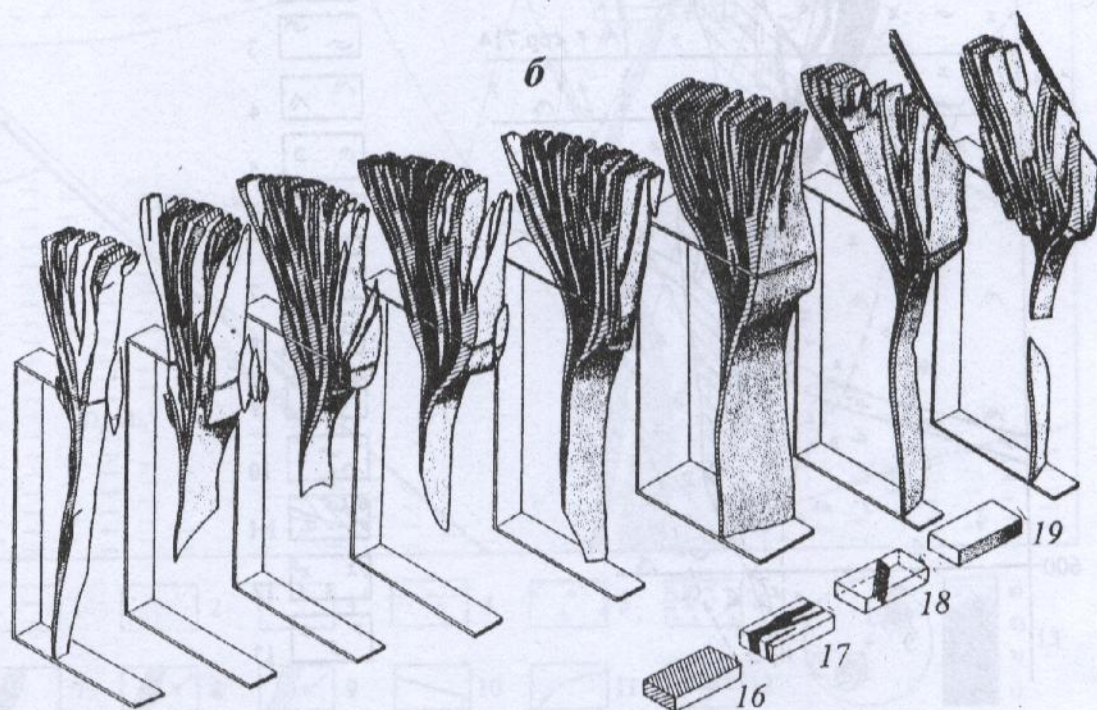
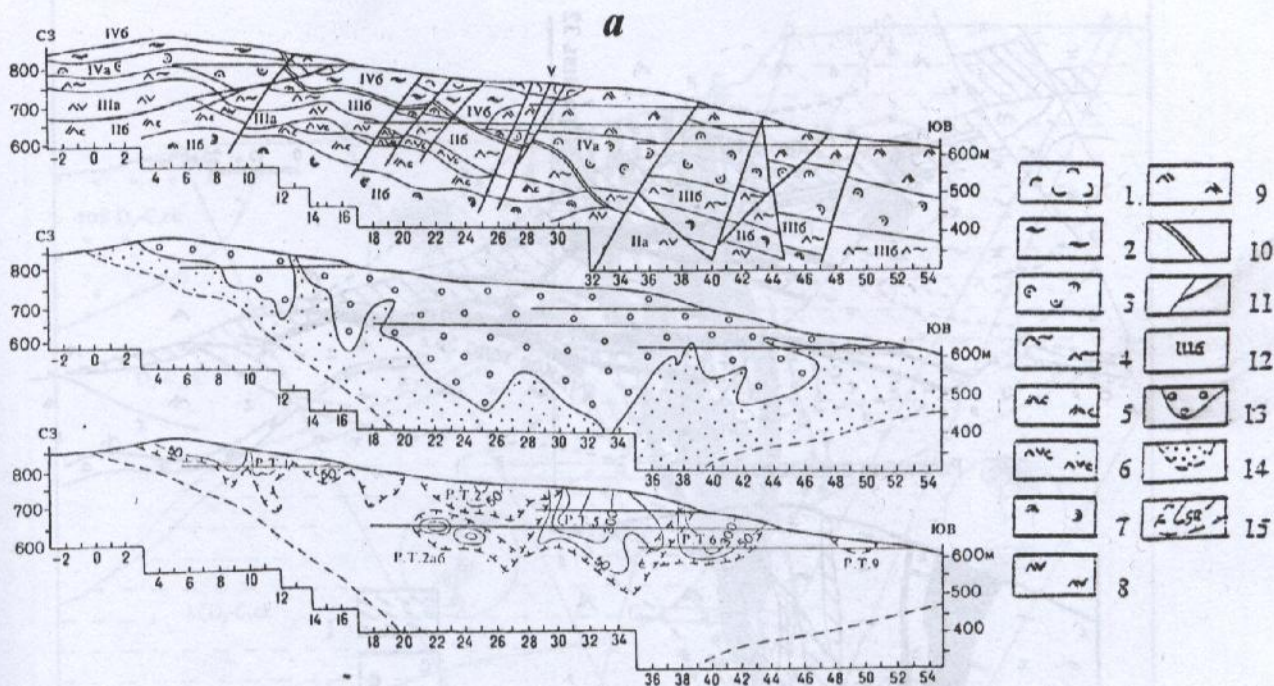


Рис. 6. Проекция рудных тел Центральной рудной зоны на вертикальную плоскость (а) и объемная модель рудного тела (б), В.А.Степанов, Л.В.Морозова, В.Н.Макурин, 1992:

1 — агломератовые туфы; 2 — игнимбриты риолитов; 3 — туфопесчаники; 4 — игнимбриты дацитов; 5 — туфы риодацитов; 6 — туфы андезитодацитов; 7 — пепловые туфы; 8 — андезитодациты; 9 — риодациты; 10 — дайки риолитов; 11 — разрывные нарушения; 12 — номера рудовмещающих толщ; 13 — область распространения адуляр-кварцевых жил; 14 — область распространения прожилкового окварцевания; 15 — контуры рудных тел и продуктивность (мощность и содержание золота); 16 — бедные руды; 17 — богатые руды; 18 — поперечные разломы; 19 — внешняя поверхность рудного тела

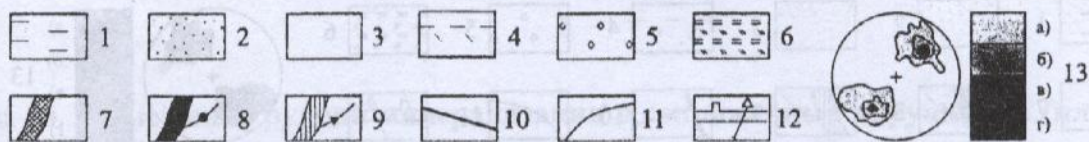
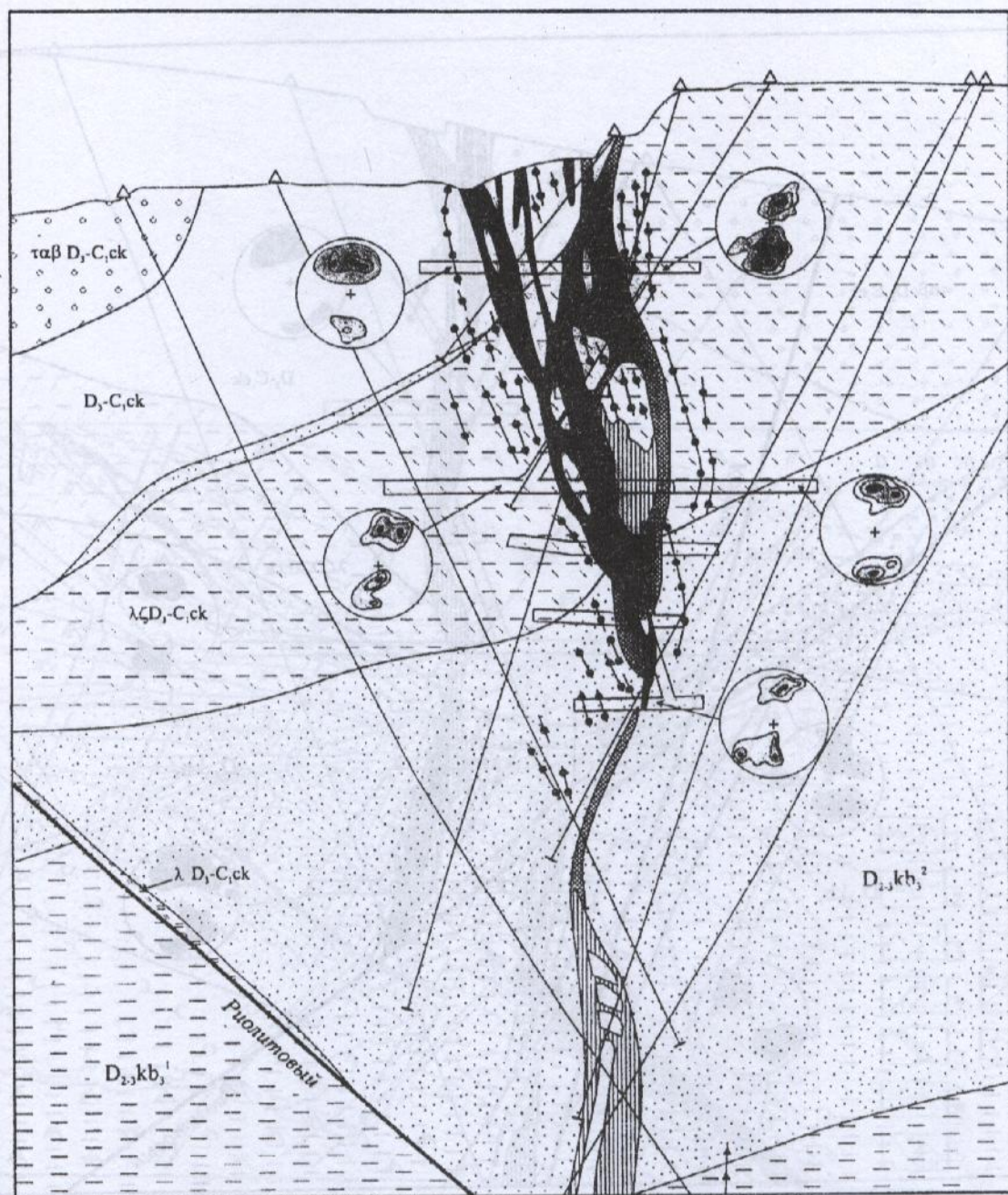


Рис. 8. Геолого-структурный разрез через рудное тело 5 Кубакинское месторождения. Профиль 32, Е.В. Черняев, Е.И. Черняева, 2001:

1 — докальдерный комплекс отложений; 2 — кальдерный комплекс отложений; комплекс отложений жерловых зон: 3 — игнимбриты цокольной толщи, 4 — силл риодацитов, 5 — взрывные брекчии трахиандезитобазальтов, 6 — дайка риолитов; гидротермальные жильные образования: 7 — рудные жилы ранней продуктивной стадии, 8 — рудные жилы поздней продуктивной стадии, 9 — взрывные гидротермальные брекчии; 10 — разрывные нарушения; 11 — геологические границы; 12 — горные выработки; 13 — диаграммы трещиноватости и плотность распределения точек на диаграмме: а) — 1,3%, б) — 3,5%, в) — 5–10%, г) — >10%

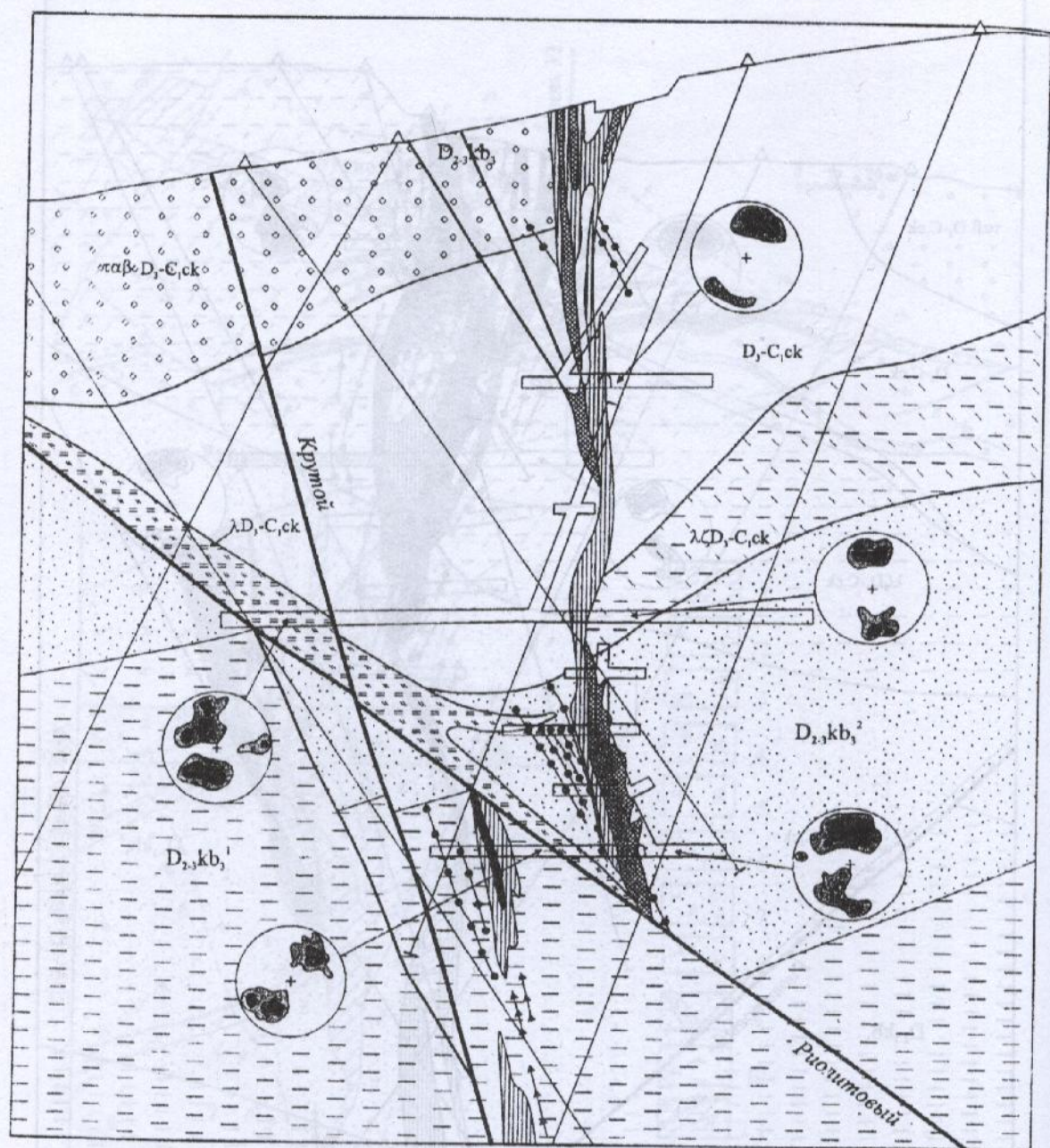


Рис. 9. Геолого-структурный разрез через рудное тело 2 Кубакинского месторождения. Профиль 26, Е.В. Черняев, Е.И. Черняева, 2001:

1 — докальдерный комплекс отложений; 2 — кальдерный комплекс отложений; комплекс отложений жерловых зон: 3 — игнимбриты цокольной толщи, 4 — силл риодацитов, 5 — эксплозивные брекчии трахиандезитобазальтов, 6 — дайка риолитов; гидротермальные жильные образования: 7 — рудные жилы ранней продуктивной стадии, 8 — рудные жилы поздней продуктивной стадии, 9 — эксплозивные гидротермальные брекчии; 10 — разрывные нарушения; 11 — геологические границы; 12 — горные выработки; 13 — диаграммы трещиноватости и плотность распределения точек на диаграмме: а) — 1,3%, б) — 3,5%, в) — 5–10%, г) — > 10%

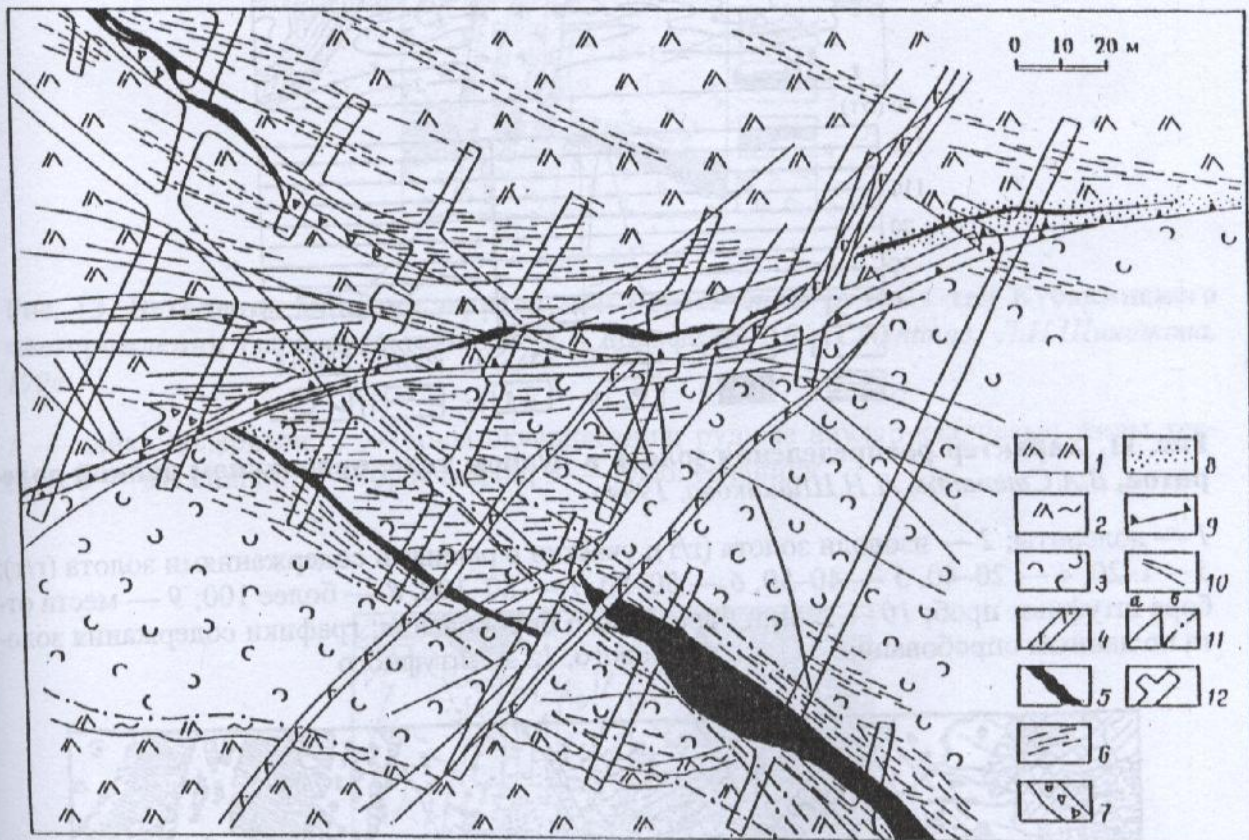


Рис. 10. Размещение рудной минерализации в сопряженных нарушениях (план горизонта), В.А.Степанов и др., 1992:

1 — риодациты; 2 — игнимбриты риодацитов; 3 — туфопесчаники; 4 — дайки долеритов; 5 — адуляр-кварцевые жилы; 6 — зоны прожилкового окварцевания; 7 — гидротермальные брекчии; 8 — адуляр-кварцевые метасоматиты; 9 — поперечный взбросо-сдвиг с указанием наклона; 10 — локальные разрывы; 11 — поперечные нарушения типа сдвига (а), продольные оперяющие нарушения (б); 12 — контуры горных выработок

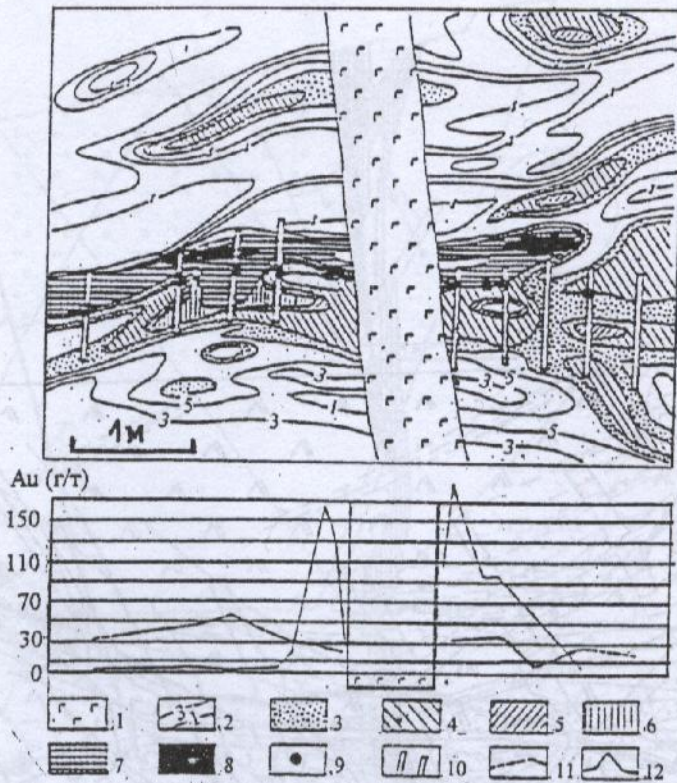


Рис. 11. Характер распределения золота в рудном теле, прорванном дайкой долеритов, В.А.Степанов, Л.Н.Шишакова, 1994:

1 — долериты; 2 — изоволи золота (г/т); участки с равными содержаниями золота (г/т): 3 — 1–20, 4 — 20–40, 5 — 40–50, 6 — 50–80, 7 — 80–100, 8 — более 100; 9 — места отбора штуфных проб; 10 — линии борзодового опробования; графики содержания золота по данным опробования: 11 — борзодового, 12 — штуфного



Рис. 12. Строение стволовой жилы (зарисовка стенки расщели Д.А.Дорофеева), В.А.Степанов, Л.Н.Шишакова, 1994:

1 — адуляр-кварцевый агрегат массивной текстуры; 2 — ксенолиты метасоматитов адуляр-гидрослюдисто-кварцевого состава; 3 — участки жил с теневой полосчатостью; 4 — полосчатые и фестончато-полосчатые текстуры жил; 5 — околорудные метасоматиты; 6 — туфо-песчаники; 7 — зона брекчирования по метасоматитам; 8 — трещиноватость

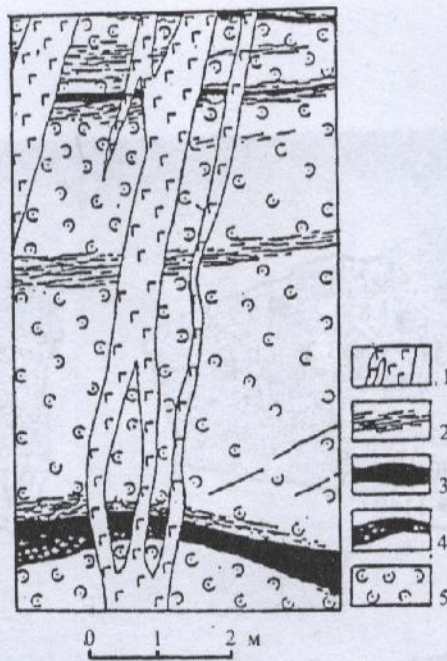


Рис. 13. Ветвление дайки долеритов при пересечении рудных тел Кубакинского месторождения (зарисовка траншеи Д.А.Дорофеева), В.А.Степанов, Л.Н.Шишакова, 1994:

1 — дайка долеритов; 2 — зоны окварцевания; рудные адуляр-кварцевые жилы текстур: 3 — массивной, 4 — брекчиевой; 5 — туфопесчаники



Рис. 14. Пересечение дайкой долеритов брекчиевых руд и гидротермально измененных туфопесчаников (зарисовка Д.А.Дорофеева), В.А.Степанов, Л.Н.Шишакова, 1994:

1 — рудное тело; 2 — метасоматиты по туфопесчаникам; 3 — долериты; 4 — карбонатные прожилки; 5 — туфопесчаники; 6 — тектонический контакт дайки с безрудными туфопесчаниками; 7 — трещиноватость в туфопесчаниках (а) и долеритах (б); 8 — номера шлифов

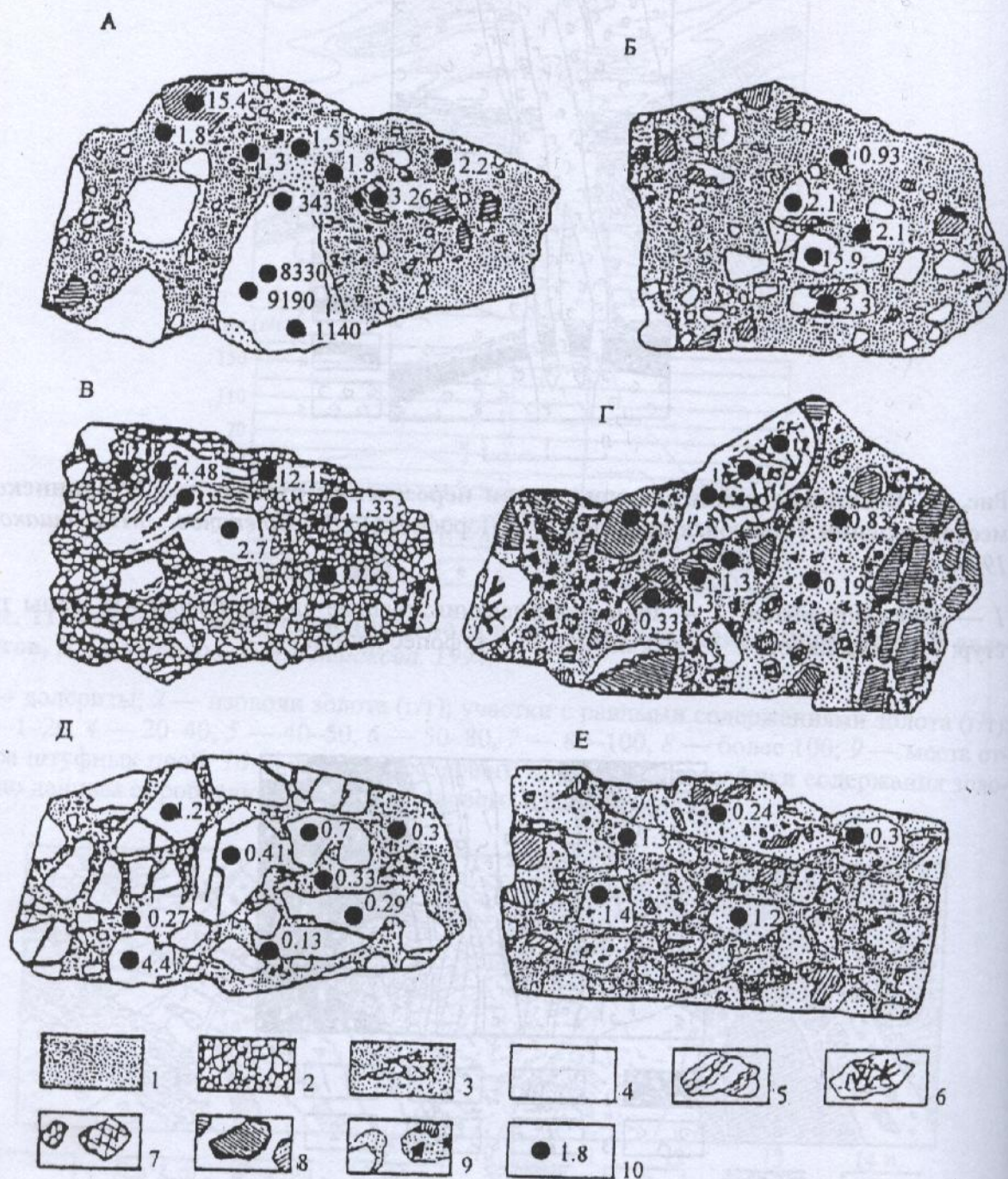


Рис. 15. Золотоносность гидротермальных брекчий (зарисовка распиленных образцов, уменьшено в 2 раза), В.А. Степанов, Л.Н. Шишкова, 1994:

1 — халцедоновидный кварц; 2 — тонкообломочная брекчия; 3 — гнезда и вкрапленность карбонатов; 4 — рудоносный кварц массивной текстуры; 5 — полосчатый адуляр-кварцевый агрегат; 6 — обломки кварца каркасно-пластинчатой текстуры; 7 — обломки карбонатов; 8 — обломки околорудных метасоматитов; 9 — обломки брекчий; 10 — места отбора точечных проб и содержание в них золота (г/т)



Рис. 16. Руды золото-серебряного месторождения Кубака, из коллекции Омолонской золоторудной компании

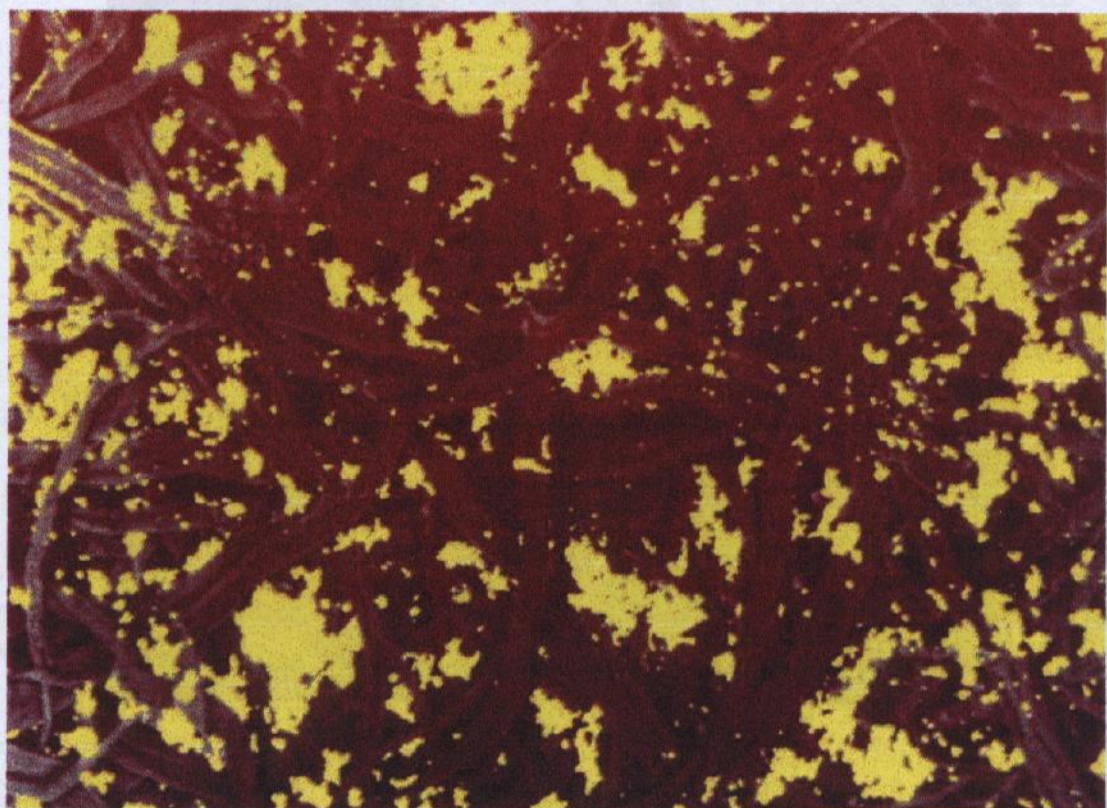


Рис. 17. Кубакинское золото. Электронная микроскопия

Золоторудное вулканогенное месторождение Каульды находится в Алмалыкском рудном районе Чаткало-Кураминского региона Узбекистана и расположено в восточном сегменте Бельтау-Кураминского вулканоплутонического пояса. Последний наложен в верхнем палеозое на южную окраину Среднетяньшаньского срединного массива, вдоль границы последнего с Южно-Тяньшаньской геосинклинальной системой.

Чаткало-Кураминский регион — полициклическая область распространения нижне-средне-верхнепалеозойских образований, с мощными проявлениями интрузивного магматизма и вулканогенных процессов, сформировавших вулканоплутонический пояс с разнообразной металлогенией при ведущей роли цветных, редких и благородных металлов.

Золото-серебряные месторождения, в подавляющем большинстве, приурочены к депрессионным вулканотектоническим структурам.

С раннемосковским этапом среднего карбона (андезитовая формация) связываются месторождения Каульдинского рудного поля.

Важнейшей отличительной характеристикой региона является горизонтальная расслоенность верхней части земной коры, выражающаяся в наличии в ее разрезе высокоскоростных субгоризонтальных «включений», которые отождествляются с породами основного-ультраосновного ряда и вызывают положительные гравитационные и магнитные аномалии.

Каульдинское золоторудное поле размещается в Центральном тектоническом блоке Алмалыкского рудного района; этот блок является субширотным фрагментом Алмалыкского полигенного грабена, который в целом контролируется зоной Алмалык-Наугарзанского глубинного разлома. Выполнена структура преимущественно вулканогенными породами андезитовой и дацит-андезитовой формаций $C_2-C_{2,3}$, из-под покрова которых обнажаются окна карбонатных пород среднего палеозоя. Общая мощность лавово-пирокластических толщ в грабене достигает 500–850 м.

Центральный тектонический блок заключен между относительно поднятыми блоками и ограничен с севера субширотным Бургундинским сбросом с вертикальной амплитудой перемещения 400–800 м, с падением на юг под углом 60–70°, с юга — Мисканским взбросом северо-восточного простирания с падением на ЮВ под углом 50–60°.

В пределах Центрального блока размещается группа рудных участков с различным формационным и структурно-морфологическим типом оруденения: золото-серебряным в крутопадающих жилах и линзовидно-пластовых телах, контролируемых пологими вулканотектоническими структурами, так называемого, «каульдинского» типа — в вулканогенном структурном этаже; полиметаллическое оруденение скарнового типа в карбонатном ярусе фундамента грабена и золото-молибденово-медное порфиорового типа — в интрузивных образованиях в фундаменте Д-С.

Площадные исследования прожилковой индикаторной минерализации показали, что наиболее выразительно скрытое оруденение представлено на поверхности ареалом прожилков продуктивного адуляр-кварц-барит-карбонатного комплекса, развитого преимущественно в надрудной части; информативны также прожилки продуктивного

* Модель подготовлена Т.Н.Косовец

золото-кварц-пиритового состава, образующие ареал по периферии площади распространения оруденения каульдинского типа, на участках проявления жильного с крутым падением золото-серебряного оруденения, выходящего на поверхность.

Субпластовое оруденение развито в нижней части вулканогенного разреза грабена. Пологие сбросо-сдвиги вмещают силлоподобные тела инъекционно-эруптивных брекчий, субвулканических кластолов андезитового, андезито-дацитового состава. В объеме последних в местах их наибольшей гидротермальной проработки развиваются зоны предрудных кварц-гидрослюдистых метасоматитов и золото-кварцевые жилы. Падение рудных тел обычно согласное с напластованием вмещающих толщ, морфология — линзовидная, в плане они имеют неправильно-изометричные очертания.

Околорудные метасоматиты представлены гидрослюдисто-карбонат-хлоритовыми и кварц-гидрослюдистыми породами, формирование которых по времени близко рудному процессу. Морфология ореолов околорудных пород подчинена контролирующим им структурам. Поперечная зональность метасоматитов проявлена в качественном изменении минерального состава и постепенном уменьшении количества исходных минералов по мере приближения к осевой части рудной зоны.

Золотое оруденение сопровождается четкими широкими интенсивными и непрерывными ореолами золота, серебра, мышьяка, сурьмы, часто совпадающими с рудовмещающими метасоматитами. Ореолы фиксируют отдельные рудоносные зоны и месторождения в целом. Висячем боку они шире и интенсивнее, чем в лежащем.

На поверхности потенциально рудоносные вулкано-тектонические структуры четко фиксируются полиэлементными геохимическими аномалиями и мультипликативными геохимическими показателями.

Геохимическая зональность проявлена слабо — верхнерудным элементом является сурьма; внутрирудными, совпадающими с максимальным проявлением золотого оруденения — серебро, мышьяк; условно подрудными — вольфрам, в меньшей степени — свинец, цинк, висмут, медь. Кроме того, зональность выражена различным соотношением ширины ореолов золота и мышьяка; для верхних частей рудных зон это соотношение достигает 2–10, для нижних — 1.

В локализации рудных тел важное значение принадлежит морфологическим особенностям рудоконтролирующей поверхности, определяющим позиции структурных волн, обусловленные элементами залегания (изгибы в плане, флексуры по падению, выпуклости и вогнутости).

Золоторудные участки в Главной рудоносной зоне размещаются на расстоянии 300–500 м друг от друга, в пределах отдельных участков сближенные рудные тела удалены друг от друга на расстояния в первые десятки м. Размеры рудоносных линз — первые сотни–десятки метров в поперечнике. Наиболее благоприятны для оруденения участки рудовмещающей структуры с углами падения от 40 до 10°.

Рудные тела в Главной рудоносной зоне имеют форму неправильных или прерывистых линз, с общим уменьшением мощности к флангам до полного выклинивания по восстанию и падению, либо до ограничения тектоническими зонами. При размерах линз по простиранию в первые сотни метров, размер промышленных их частей обычно в пределах 20–60 метров; мощность от первых метров на флангах до 15, редко 25 м в раздувах. Распределение золота от крайне неравномерного в более круто залегающих телах, с колебанием содержаний в различных сечениях от 0,1–первые г/т до ~90 г/т, до

более-менее равномерного в пологих телах, расположенных ближе к подстилающей карбонатной толще — от 4,6 до 15,6 г/т. Наиболее высокие содержания в большинстве случаев приурочены к сечениям наибольшей мощности.

Руды характеризуются усложненными колломорфными, полосчато-крустификационными, брекчиевыми текстурами. Они сложены халцедоновидным кварцем, адуляром, кальцитом с вкрапленностью и полосками пирита, реже — халькопирита, галенита, сфалерита, самородного золота.

Характерной особенностью месторождения является широкое развитие комплекса послерудных даек.

На основании изотопных данных сделан вывод о подкоровом источнике серы и углерода, показано, что в рудообразовании существенную роль играли активизированные метеорные воды, а также углерод из подстилающих карбонатных пород.

По характерным особенностям локализации руд, их текстурно-структурным особенностям, золотое оруденение Каульдинского месторождения сформировалось, вероятно, в тесной связи с позднегерцинскими процессами вулканизма, но до полного завершения магматической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арапов В.А.* Вулканизм и тектоника Чаткало-Кураминского региона. — Ташкент, изд-во ФАН, 1983, 255 с.
2. *Айзеништат И.А.* Рудоконтролирующие факторы золотого оруденения Чаткало-Кураминского региона в Узбекистане // Узб.геол.журнал, ФАН, 1974, № 3, с.19–23.
3. *Заири Н.М., Исламов Ф.И. Нарсеев В.А.* и др. Изотопно-геохимическая модель близповерхностного золото-серебряного месторождения // Руды и металлы, 1992, с.46–54.
4. *Кудрин В.С., Соловьев С.Г., Ставинский В.А.* и др. Золото-медно-молибден-вольфрамовый рудный пояс Тянь-Шаня // ГРМ, № 4, 1990, с.13–26.
5. *Кузнецов Ж.Н., Швецов А.Д.* Геолого-структурные особенности Каульдинского рудного поля // В кн. Геологические и петролого-геохимические особенности эндогенного оруденения Тянь-Шаня. Ташкент, 1976, с.51–63.
6. *Методические рекомендации по поискам и оценке месторождений благородных металлов в районах с недостаточно обеспеченной сырьевой базой / М.М.Константинов, В.А.Дубов, Д.Д.Дуйсенбеков и др. М. ЦНИГРИ, 1991 г.*
7. *Мещанинов Е.З.* и др. О связи гтдротермального процесса с верхнепалеозойским вулканизмом в Кураминском хребте // В кн. Магматизм, метаморфизм и оруденение, Фрунзе, 1978, с.270–271.

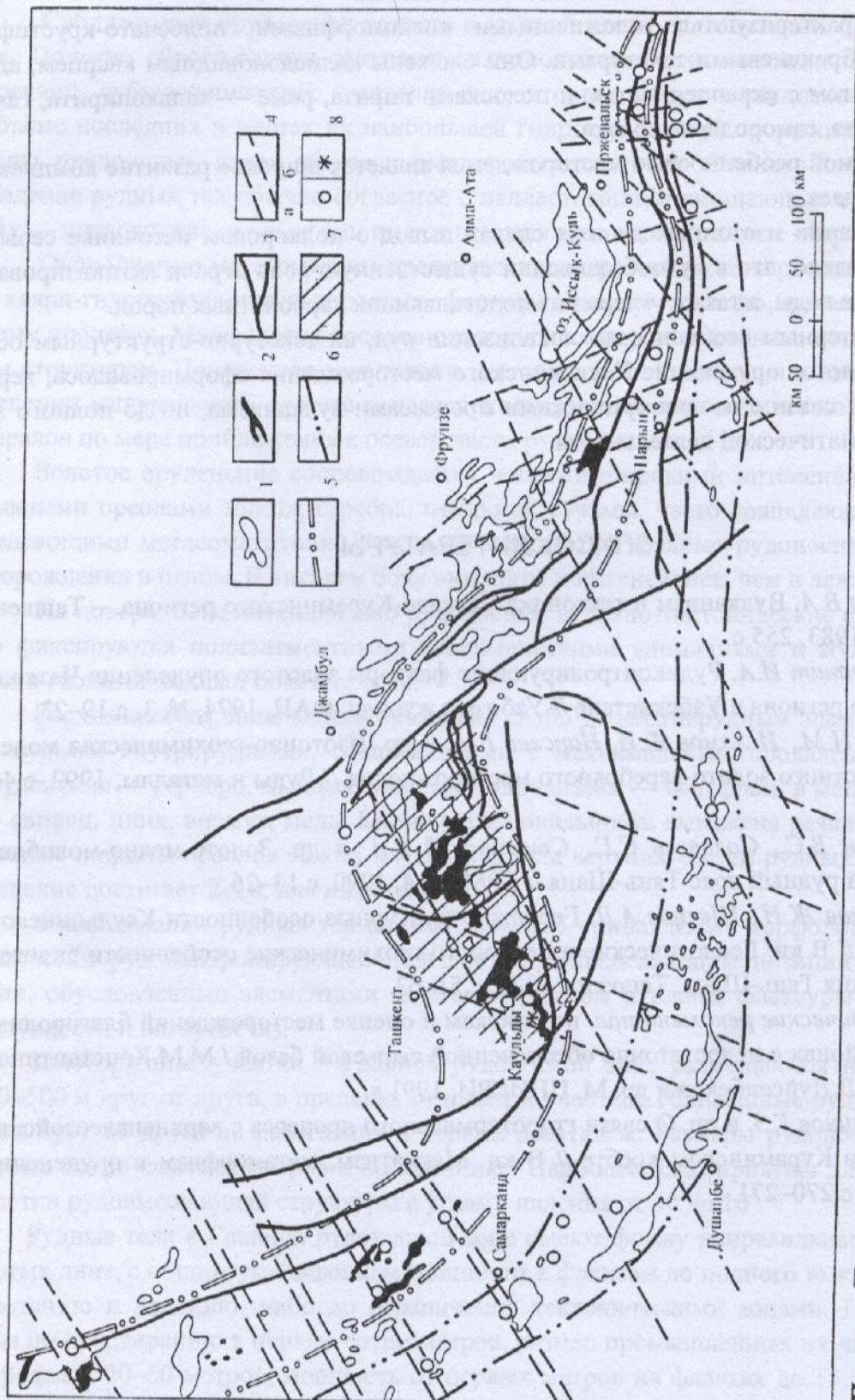


Рис. 1. Позиция Чаткало-Кураминского рудного района в структурах Тянь-Шаня, В.С.Кудрин и др., 1990.

1 — контуры интрузивных массивов и выступов древнего фундамента; 2 — интрузивные массивы монцититоидов; 3 — важнейшие зоны глубинных разломов; 4 — скрытые разломы фундамента; 5 — контуры пояса золото-медно-молибден-вольфрамовых месторождений; 6 — контуры пояса оловянно-вольфрамовых месторождений; 7 — Чаткало-Кураминский рудный район; 8 — позиция важнейших рудных полей (а), Каульдинское рудное поле (б)

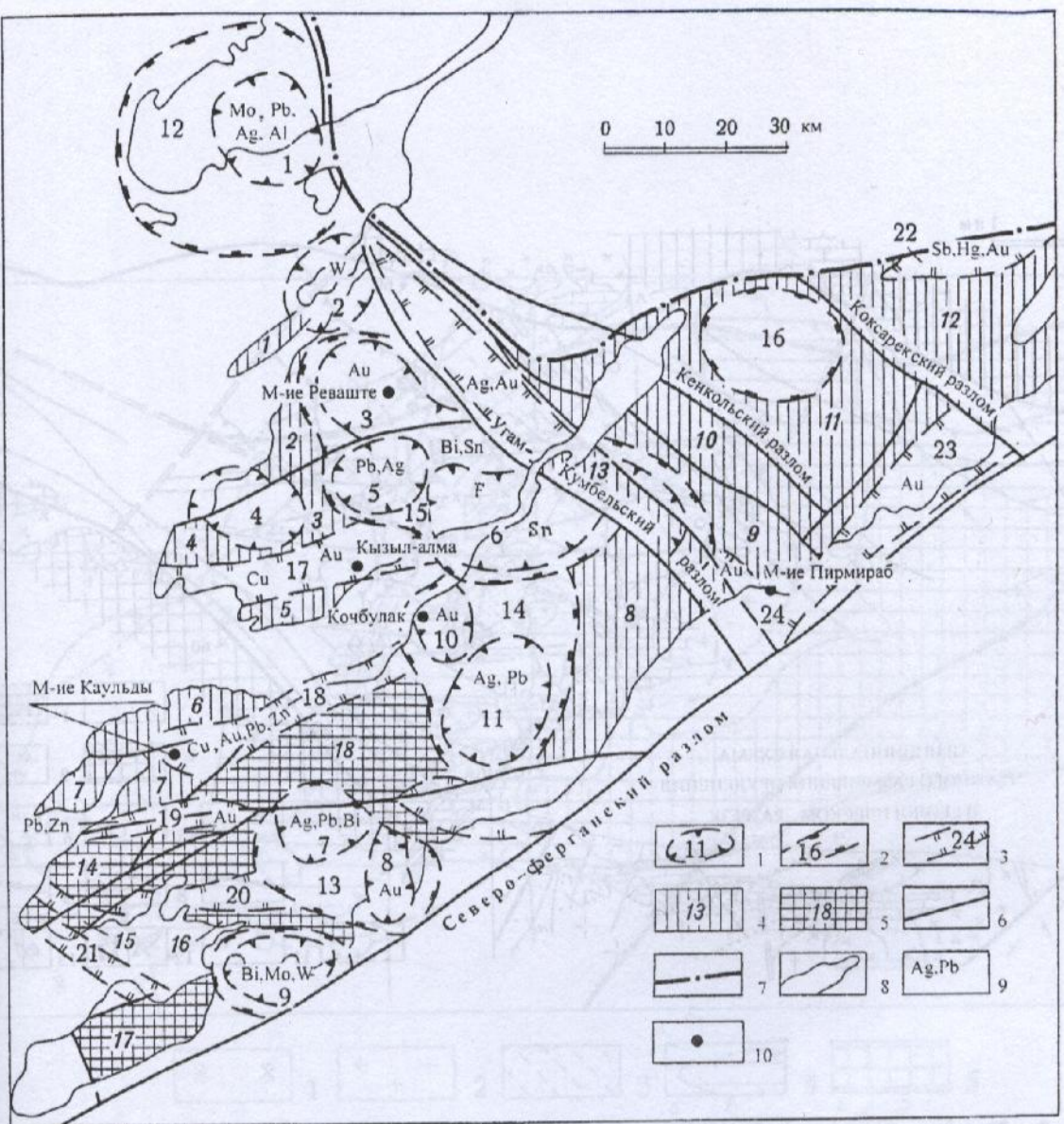


Рис. 2. Структурно-металлогеническая схема Кураминской вулканической зоны, В.А.Арапов, В.П.Коржаев, 1976:

1 — кальдеры; 2 — кольцевые депрессии; 3 — грабены и приразломные прогибы; 4 — поднятия; 5 — горст-антиклинали; 6 — разломы; 7 — граница Кураминской и Чаткальской зон; 8 — контуры выходов палеозоя; 9 — металлогеническая специализация вулканоструктур; 10 — месторождения золота. Цифры на схеме — кальдеры: 1 — Оясайская, 2 — Майгашканская, 3 — Кызылнуринская, 4 — Карабашская, 5 — Чилтенская, 6 — Бабайтаудорская, 7 — Тавакская, 8 — Асказанская, 9 — Самгарская, 10 — Кочбулакская, 11 — Акшуранская; кольцевые депрессии: 12 — Каржантауская, 13 — Адрасманская, 14 — Лашкерекская. 15 — Камчикская, 16 — Кугалинская; грабены и приразломные прогибы: 17 — Шаваз-Дукентский, 18 — Алмалыкский, 19 — Алтын-Топканский, 20 — Курусай-Джангалыкский, 21 — Такелийский, 22 — Тереклинский, 23 — Гавасайский, 24 — Чадакский; поднятия: 1 — Сюреньятинское, 2 — Сокак-Заркентское, 3 — Акча-Шавазское, 4 — Кайнарское, 5 — Талбулакское, 6 — Северо-Алмалыкское, 6 — Калканатинское, 8 — Гудасское, 9 — Чадакское, 10 — Кандаганское, 11 — Гавайское, 12 — Кассанское, 13 — Актепинское. Горст-антиклинали: 14 — Центрально-Карамазарская, 15 — Южно-Карамазарская, 16 — Окуртауская, 17 — Мо-голтауская, 18 — Северо-Карамазарская

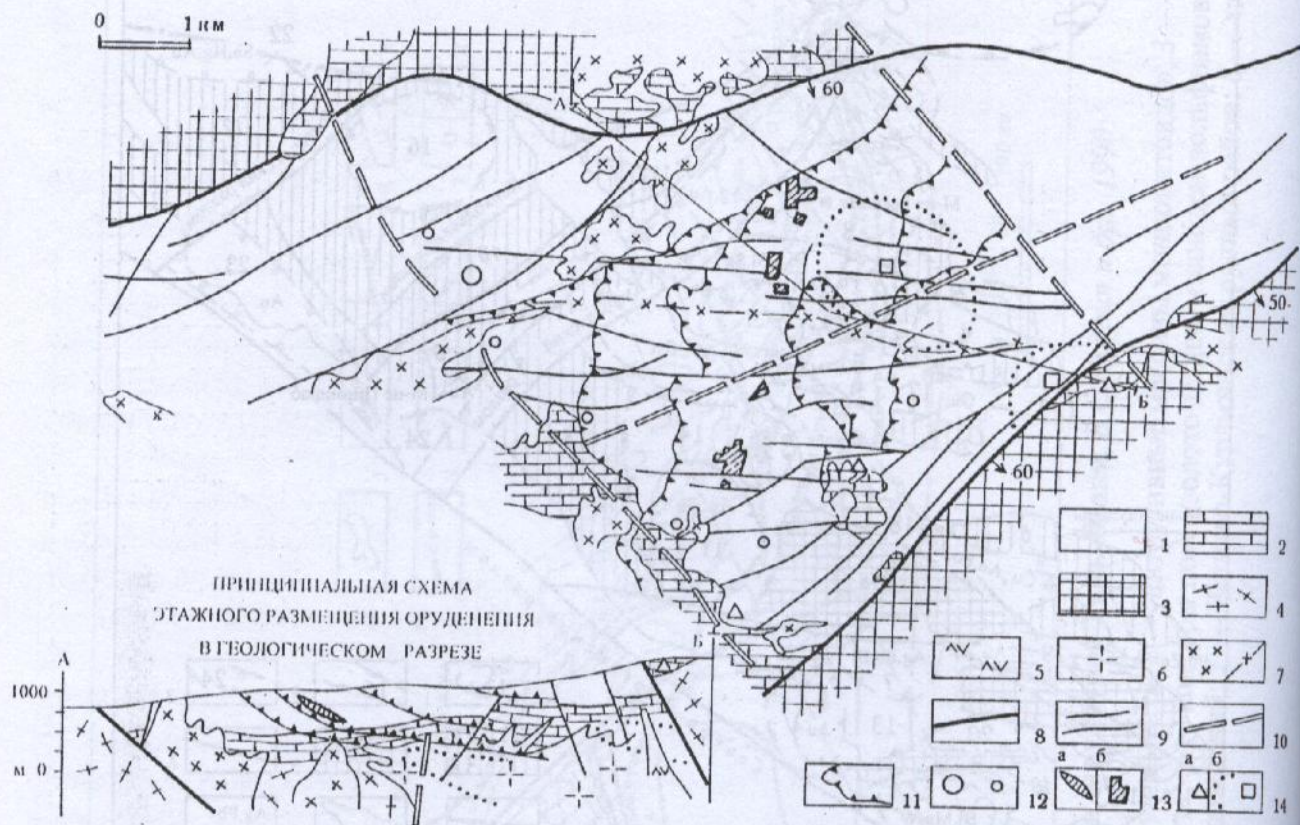


Рис. 3. Геолого-структурная схема рудного поля и зональности оруденения, Ж.Н.Кузнецов, А.Д.Швецов, Е.З.Мещанинов, 1984:

1 — верхний структурный этаж, осадочно-вулканогенные образования S_{2-3} андезитодацит-риолитового ряда формаций; 2 — средний структурный этаж, терригенно-карбонатно-доломитовый ряд формаций D_2-S_1 ; 3 — нижний структурный этаж, неразделенные сланцы ордовика, додевонские габбро-плаггиограниты, вулканиты D_1 липарит-андезитового ряда; каледонский интрузивный комплекс: 4 — кварцевые порфиры, гранодиорит-порфиры D_{1-2} , 5 — сиенито-диориты, кварцевые монзониты S_2 , алмалыкские, 6 — гранодиорит-порфиры S_3 гипабиссальной фации; 7 — герцинский интрузивный комплекс: сиенито-диориты, кварцевые монцодиориты P_{1-2} , дайки сиенито-диоритов P_{1-2} ; разломы: 8 — блокоразграничивающие, 9 — внутриблоковые, 10 — скрытые глубинные; 11 — пологие вулканотектонические структуры сбросовдвигового характера (т.н. каульдинского типа); 12 — жильные золоторудные месторождения и проявления; 13 — рудная залежь на разрезе (а) и проекции золоторудных залежей на поверхность (б); 14 — свинцово-цинковые проявления (а) и золото-медно-молибденовые штокверки (б)

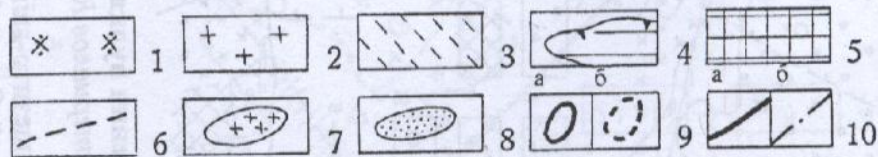
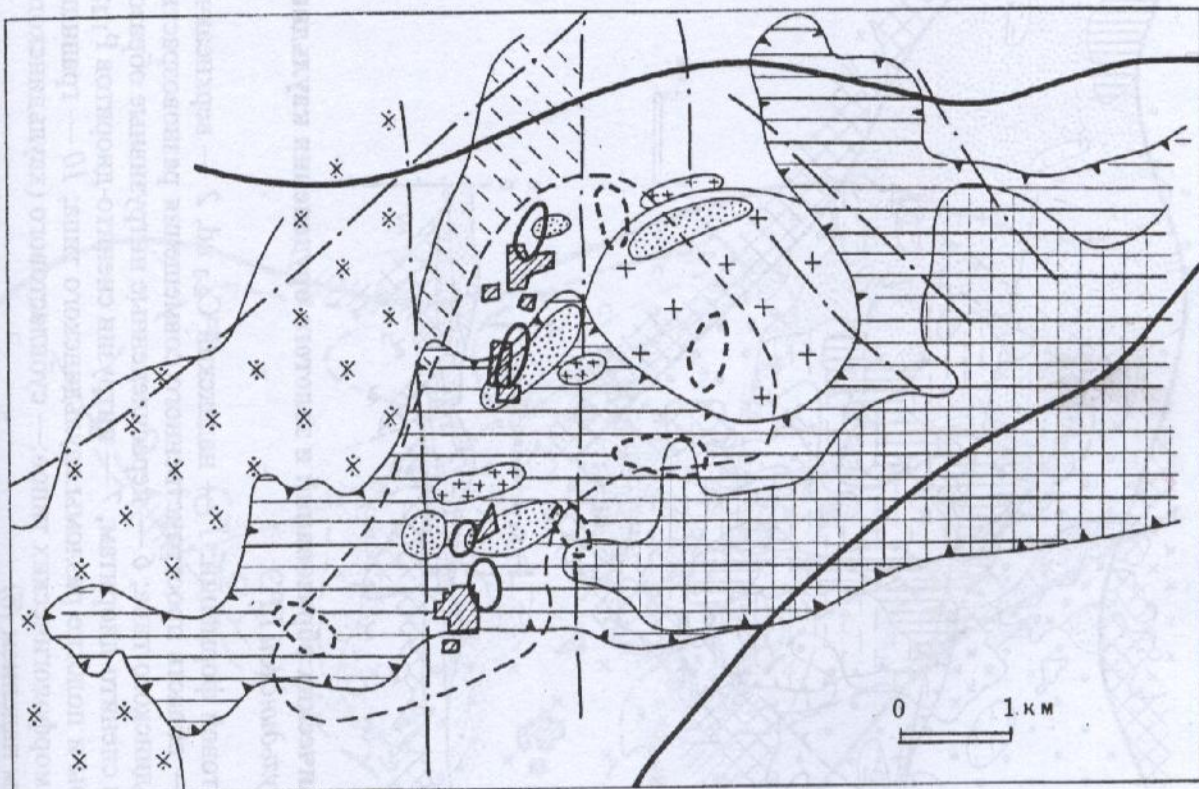


Рис. 4. Геолого-геофизическая схема рудного поля и ее интерпретация, В.А.Дубов, 1991:

1 — магнитные образования пониженной плотности (диориты); 2 — локальная положительная магнитная аномалия (гранодиориты?); 3 — магнитные образования при глубине верхней кромки 1–2 км (граносиениты-диориты?); 4 — слаболожительные магнитные поля (щелочные магматические образования на глубине?); 5 — площадь с отрицательным «уровнем» аномального магнитного поля (существенно карбонатно-сланцевый характер разреза); 6 — границы области малой изменчивости гравитационного поля, свидетельствующей о сравнительно высокой плотностной однородности разреза («стабильный блок»); 7 — отрицательные магнитные аномалии; 8 — положительные магнитные аномалии; 9 — локальные отрицательные гравитационные аномалии амплитудой 0,1–0,2 мгл.: совпадающие с разведанными золоторудными телами (а), перспективные участки (б); 10 — тектонические нарушения: главные (а), второстепенные (б)

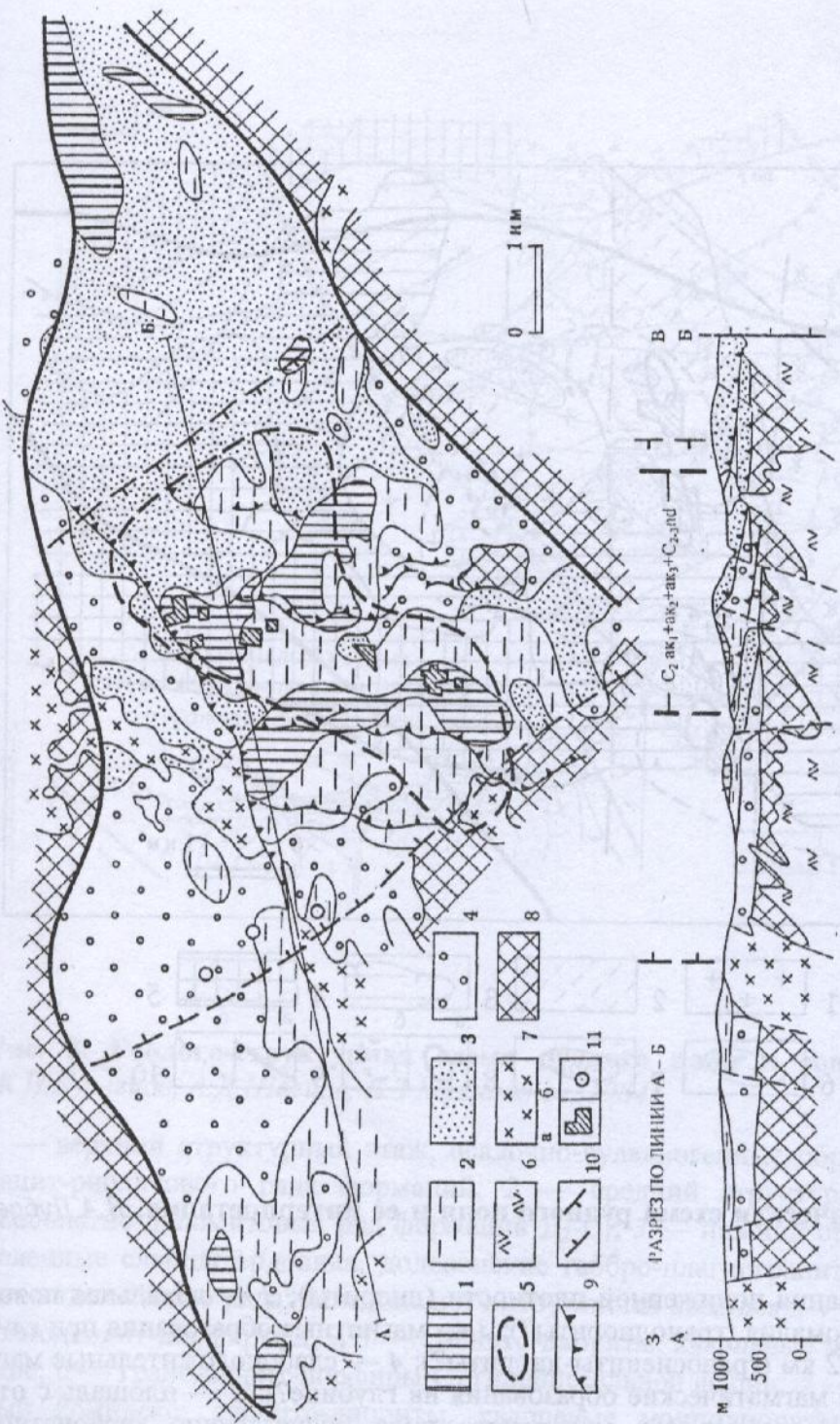


Рис. 5. Схема пространственного размещения вулканических образований и золотого оруденения каульдинского типа в рудном поле, Т.Н.Косовец с использованием материалов Каульдинской ГРЭ.

вулканические комплексы андезитовой и андезито-дацитовой формаций: 1 — надакский C_{2-3} пд, 2 — верхнеакчинский C_{2ak3} , 3 — среднеакчинский C_{2ak2} , 4 — нижнеакчинский C_{2ak1} ; 5 — область пространственного совмещения разновозрастных вулканических комплексов и развития продуктивного оруденения каульдинского типа; 6 — нерасчлененные интрузивные образования $C_{2-3(?)}$ и мо-
 ложе, отвечающие по петрофизическим характеристикам сиенито-диоритам; 7 — интрузии сиенито-диоритов P_{1-2} ; 8 — гетерогенный фундамент S-D-C; 9 — вулканотектонические структуры и пологие разломы каульдинского типа; 10 — границы зоны глубинного разлома; 11 — золоторудные месторождения различных морфологических типов: — субпластового (каульдинского) типа в проекции на горизонтальную плоскость (а), жильного типа с крутым падением (б)

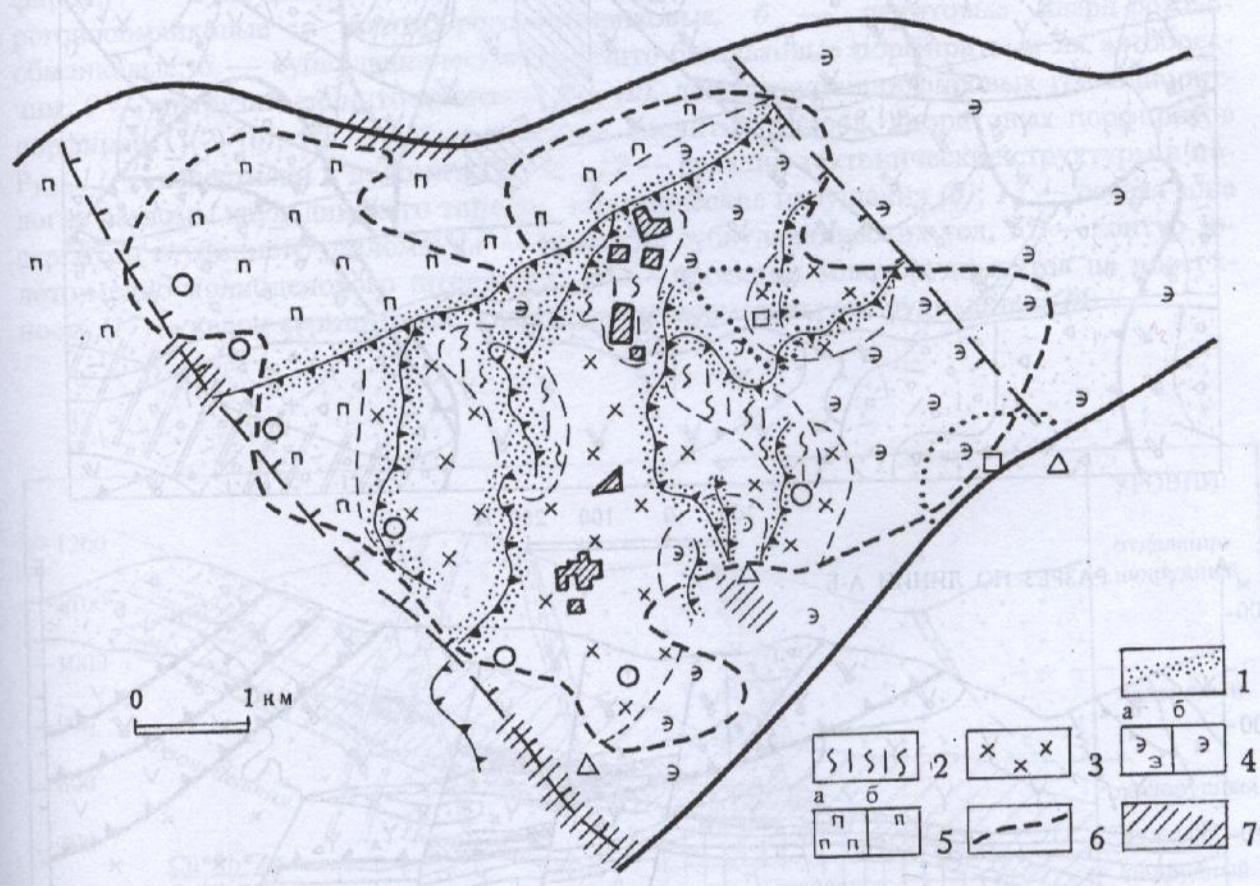


Рис. 6. Модель фациально-метасоматической зональности, Т.Н.Косовец, Э.И.Алышева, 1991, с использованием материалов Каульдинской ГРЭ:

1 — кварциты сольфатарного типа, трассирующие структуры каульдинского типа; фации пропилитов: 2 — гидрослюдисто-серицит-карбонат-альбитовая, 3 — карбонат-хлорит-альбитовая, 4 — хлорит-эпидотовая, интенсивно (а), слабо (б) проявленная, 5 — эпидот-хлоритовая, хлорит-альбитовая, интенсивно (а) и умеренно (б) проявленные; 6 — контур ареала прожилков пропилитового минерального комплекса; 7 — участки развития скарнов; сплошные линии — региональные разломы

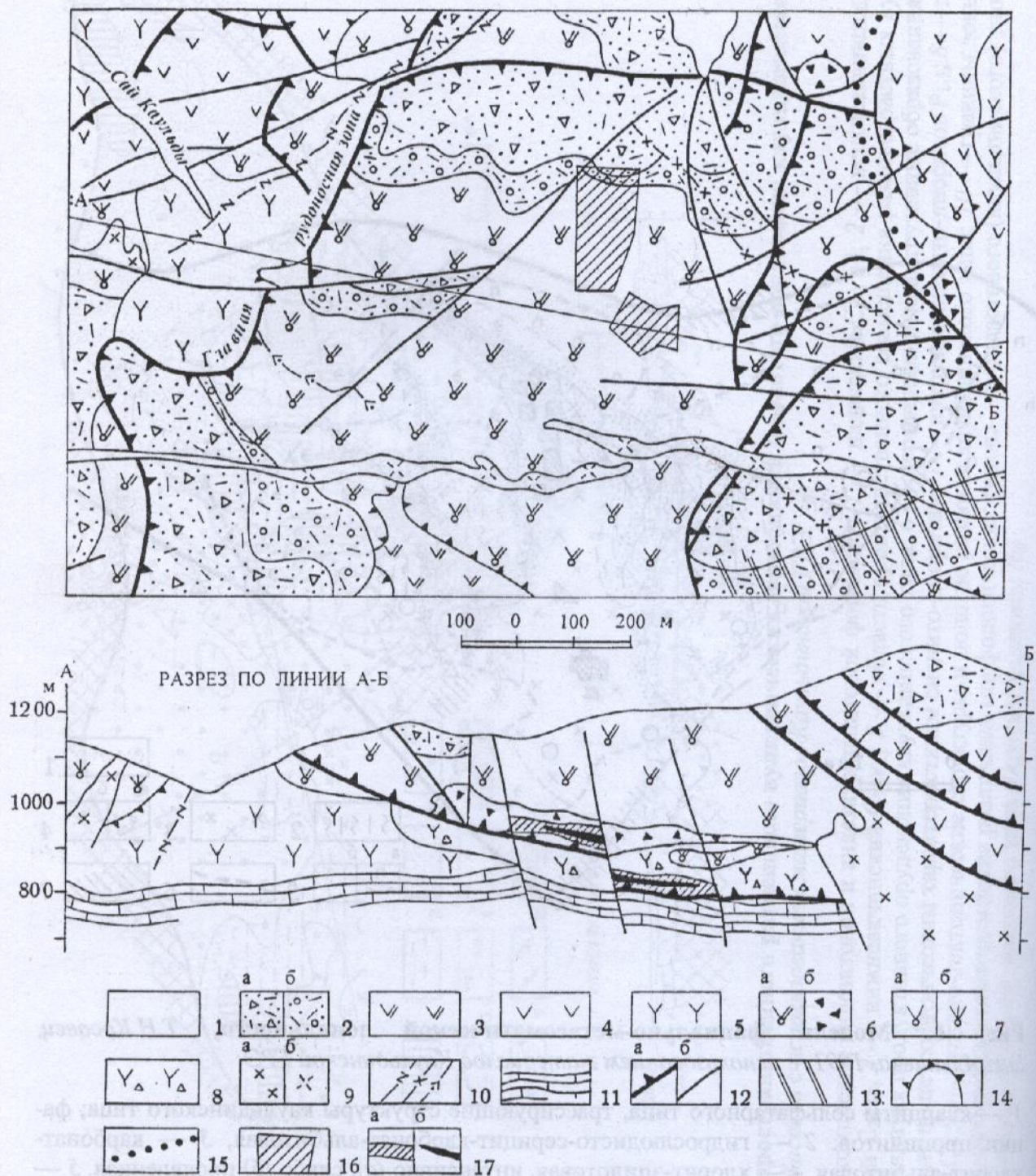


Рис. 7. Схематическая геологическая карта месторождения Южной Каульды, Ж.Н.Кузнецов, Е.З.Мещанинов, А.Д.Швецов, 1984

1 — четвертичные отложения; 2 — наadakская свита $C_{2-3} nd_{1-2}$: а — средняя подсвита, лавы, кластолавы и туфы дацит-порфиров; б — нижняя подсвита, переслаивание туфов дацитов, песчаников, алевролитов, известняков; акчинская свита C_{2ak} : 3 — верхняя подсвита C_{2ak3} , лавы, туфолавы, аглотинаты и туфы биотитовых андезитовых порфиров; 4 — средняя подсвита C_{2ak2} , лавы, лавобрекчии, кластолавы и туфы биотит-роговообманковых и роговообманковых андезитовых порфиров; 5 — нижняя подсвита C_{2ak1} , лавы, лавобрекчии, кластолавы, туфы, туфоконгломераты андезитовых, андезито-базальтовых порфиритов; б — субвулканические андезито-дацитовые: а — биотитовые порфиры, массивные и флюидальные, б — кластолавы с обломками порфиров; 7 — субвулканические порфиры и их автобрекчии: а — андезито-дацитовые, роговообманковые и биотит-роговообманковые, б — дацитовые кварц-роговообманковые; 8 — субвулканические андезито-базальтовые порфириты и их автобрекчии; 9 — интрузии сиенито-диоритов P_{1-2} (а), дайка крупнопорфировых гранодиорит-порфиров $T_1(?)$ (б); 10 — дайки диабазов, сиенит-порфиров, диоритовых порфиритов P_{1-2} ; 11 — известняки и доломиты D_2-C_1 ; 12 — вулcano-тектонические структуры и пологие разломы каульдинского типа (а), тектонические нарушения (б); 13 — осевая зона скрытого глубинного разлома; 14 — контакты субвулканических тел; 15 — контур золото-медно-молибденового штокверка; 16 — проекции золоторудных тел на поверхность; 17 — кварц-серицитовые, кварцевые метасоматиты (а), рудные тела (б)

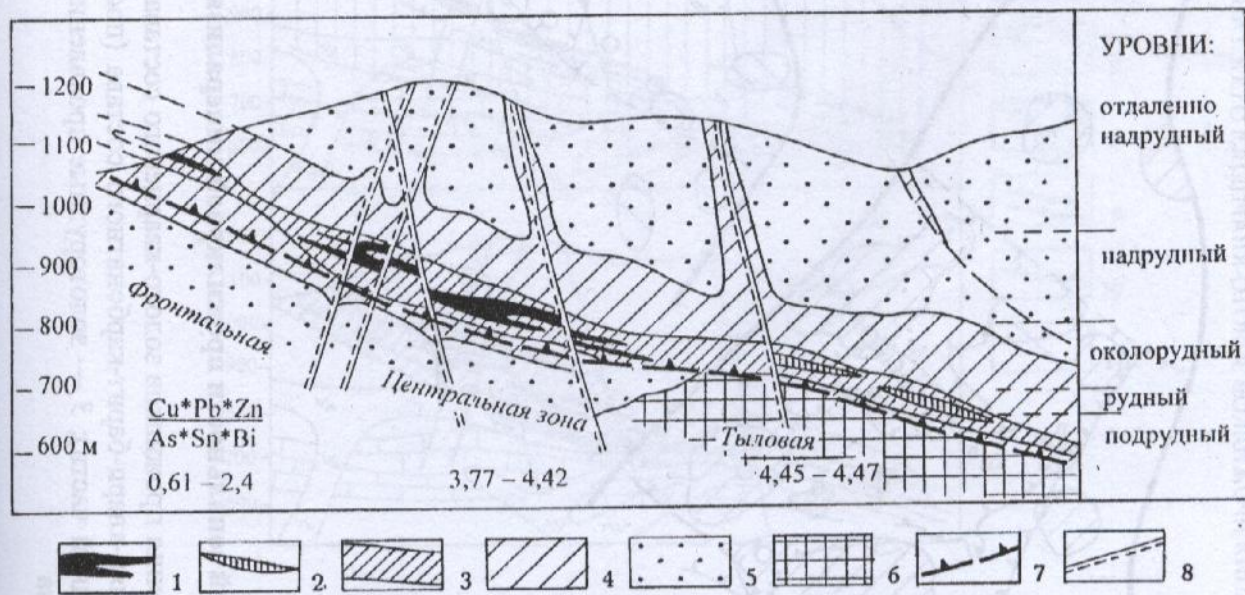


Рис. 8. Модель метасоматической и геохимической зональности рудной зоны, Э.И.Альшева, 1991:

рудные тела: 1 — с интенсивным, 2 — со слабым развитием продуктивных ассоциаций; околорудные метасоматиты: 3 — гидрослюдисто-серицит-кварцевые и существенно кварцевые, 4 — гидрослюдисто-серицит-карбонат-хлоритовые, 5 — прошилитизированные породы эпидот-хлоритовой фации, 6 — скарны; 7 — рудоконтролирующая структура, 8 — локальные тектонические нарушения

СХЕМА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОЖИЛКОВ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОГО СОСТАВА

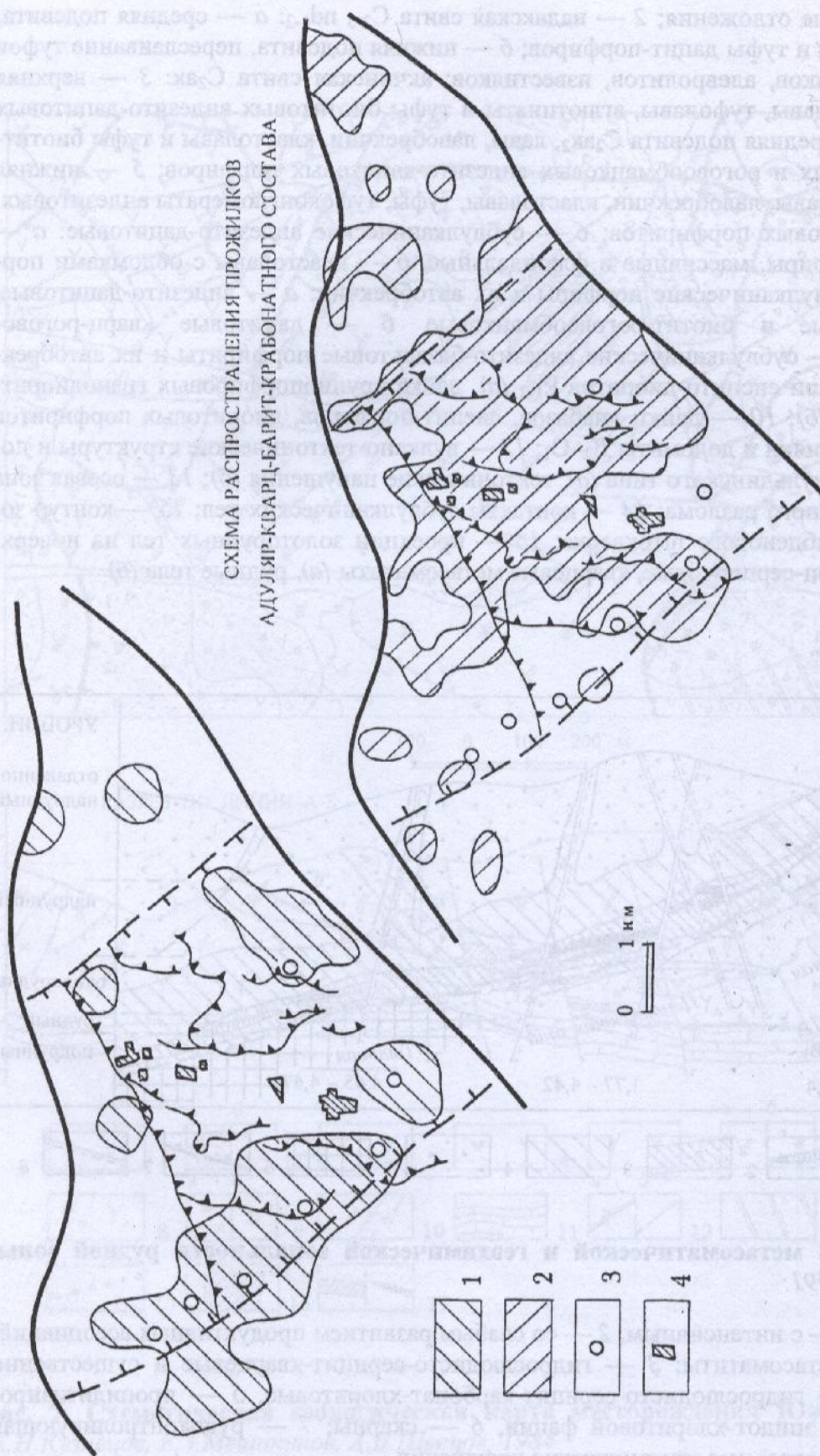


СХЕМА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОЖИЛКОВ
АДУЛЯР-КВАРЦ-БАРИТ-КРАБОНАТНОГО СОСТАВА

Рис. 9. Схема минеральной зональности прожилковой минерализации, А.П.Исаев, А.Д.Швейцов, 1974.

1 — площадь распространения прожилков золото-кварцевого состава (основного продуктивного комплекса); 2 — площади распространения прожилков адуляр-кварц-барит-карбонатного состава (последпродуктивного комплекса, пространственно размещенного преимущественно в надрудной части); 3 — золоторудные проявления; 4 — проекция на горизонтальную плоскость золоторудных залежей каульдинского типа

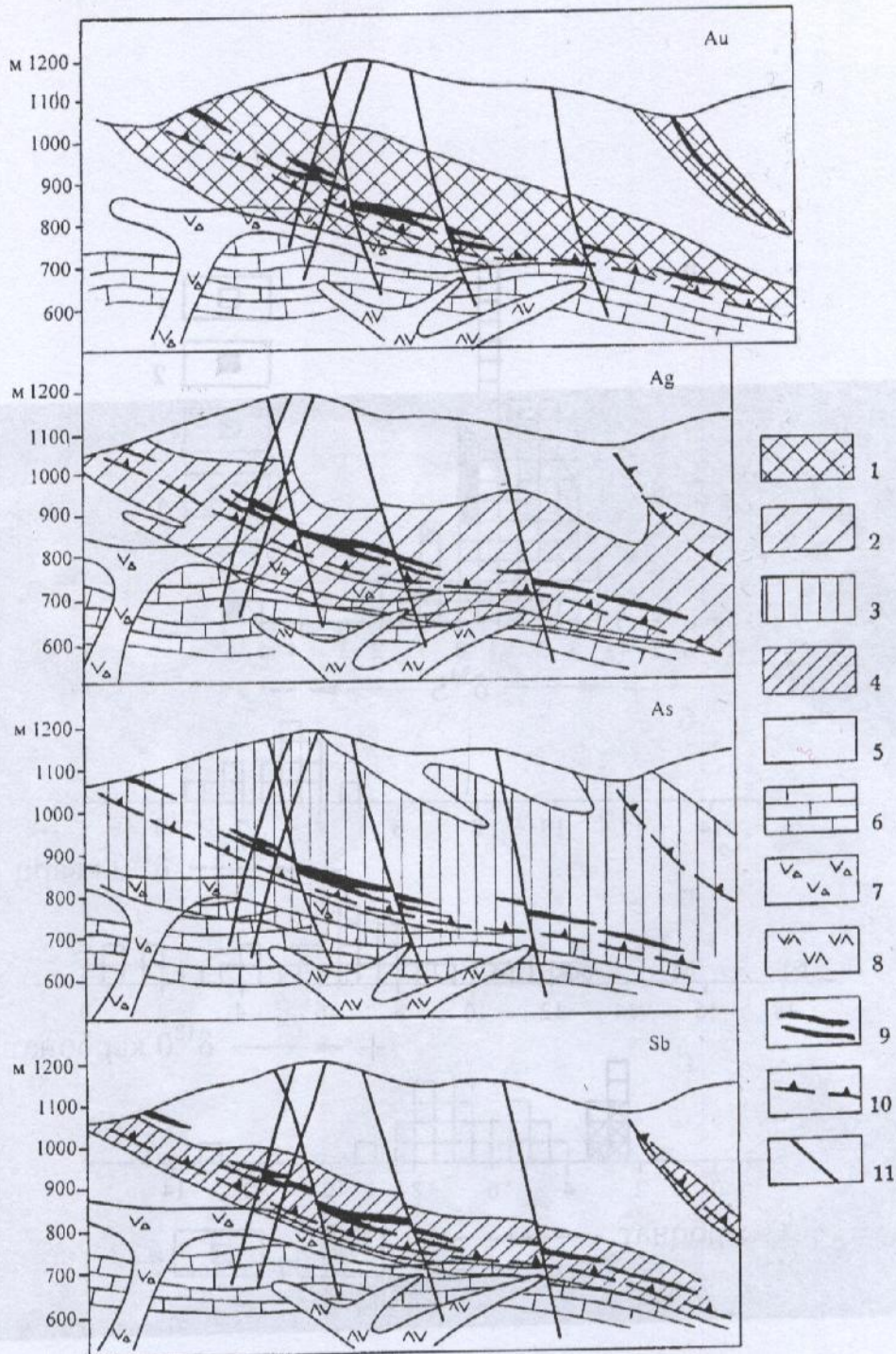


Рис. 10. Эндеогенные ореолы оруденения каульдинского типа, Т.Н.Косовец по материалам Каульдинской ГРЭ:

1 — ореолы золота с содержаниями 0.01–1 г/т; 2 — ореолы серебра с содержаниями 0.2–10 г/т; 3 — ореолы мышьяка с содержаниями 0.005–0.1%; 4 — ореолы сурьмы с содержаниями более 0.001%; 5 — вулканогенно-осадочные породы; 6 — карбонатная толща; 7 — субвулканические андезито-дациты; 8 — сиенито-диоритовые порфириды; 9 — рудное тело; 10 — рудоконтролирующая структура; 11 — локальные тектонические нарушения

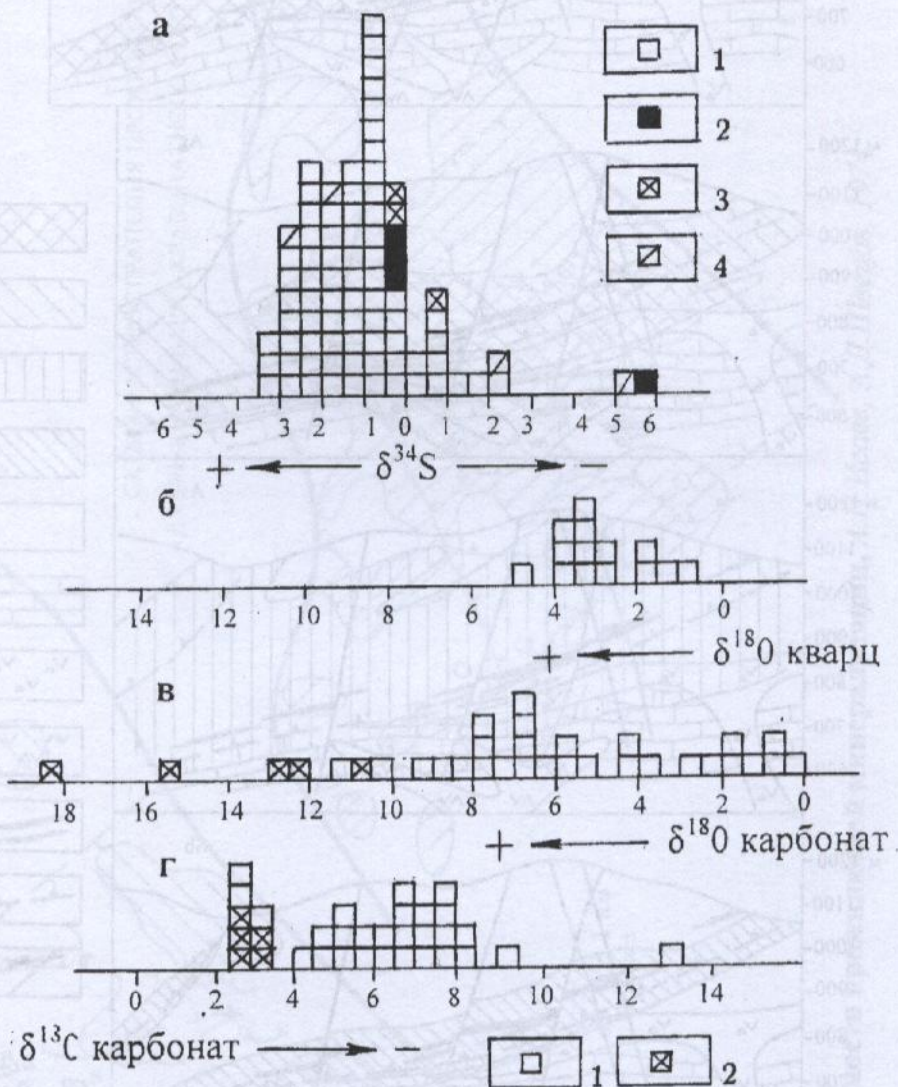


Рис. 11. Гистограммы изотопного состава основных минералов, Н.М.Заури и др., 1992:

а — серы сульфидов (1 — пирит, 2 — галенит, 3 — сфалерит, 4 — халькопирит); *б* — кислорода кварца; *в* — кислорода карбонатов; *г* — углерода карбонатов (1 — из рудных прожилков, 2 — из терригенно-карбонатных пород)



Рис. 12. Жила хлорит-карбонат-кварцевого состава неяснополосчатой текстуры с вкрапленностью сульфидов и видимого золота в серицит-хлоритовых метасоматитах, брекчированных прожилками белого кварца, из коллекции М.М.Константинова

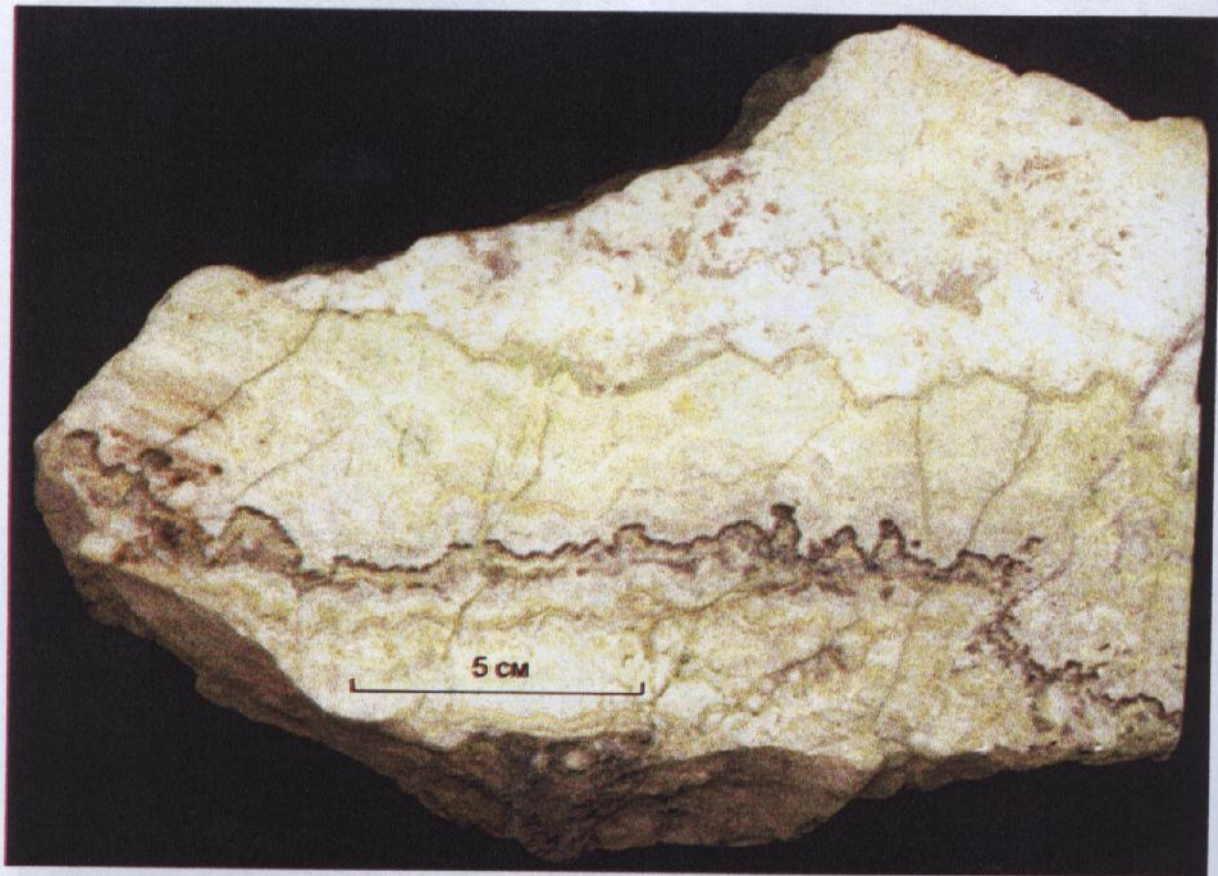


Рис. 13. Богатые руды колломорфно-полосчатой текстуры кварц-халцедон-карбонатного состава, с тонкой полоской тонковкрапленного золота и сульфидов, из коллекции М.М.Константинова



Рис. 14. Послерудные кварцевые и кварц-адуляровые прожилки колломорфно-полосчатой текстуры, с тончайшей вкрапленностью пирита в «прослоях» серого халцедоновидного кварца в пиритизированных кластолавах андезитового состава, из коллекции М.М.Константинова

МЕСТОРОЖДЕНИЕ РАУНД МАУНТИН

Расположенное в третичных вулканитах юго-запада США штат Невада, это месторождение выделяется гигантскими размерами. При среднем содержании золота 1,2 г/т месторождение заключает 300 т Au и обрабатывается открытым способом с обогащением руд методом кучного выщелачивания. Ежегодно перерабатывается около 12 млн т руды.

Рудовмещающими являются туфы олигоценового возраста мощностью около 300 м, слагающие кальдерный комплекс. Покровы пепловых туфов с несогласием налегают на палеозойские кварциты, углеродистые аргиллиты, сланцы и известняки, на меловые шошонитовые граниты, средне-кислые интрузии эоцена-олигоцена и средне-олигоценовые туфы. Рудовмещающий комплекс, слагающий кальдеру, имеет возраст 27,2–23,5 млн лет, возраст непосредственно рудовмещающих туфов — 26,7 млн лет. Разломы северо-восточного и северо-западного простирания сосредоточены в краевых частях кальдеры, они были активны в период вулканизма и играли роль магмоподводящих каналов. Небольшие подвижки по ним зафиксированы и в поствулканическое время; возникшие в это время малоамплитудные зоны трещиноватости имели определяющее значение в локализации оруденения. Возраст оруденения, согласно K-Ag определениям, составляет от $25,1 \pm 8,8$ до $26,6 \pm 0,6$ млн лет.

Трещины заключают золотоносные кварц-адуляровые жилы. Северо-восточная система разломов бывает заполнена глинистым алунитовым агрегатом и, вероятно, испытала более молодые тектонические подвижки.

Линзообразные рудные зоны, обрабатываемые карьером, погружаются к северо-западу, будучи представлены густой сетью золотоносных кварц-адуляр-пиритовых жил, прожилков и гнезд различной ориентировки. Отношение Ag/Au в рудах составляет от 1:1 до 10:1. Крупнообъемные руды не характерны для верхней части разреза, в пределах которой в начале века селективно обрабатывались отдельные кварц-адуляровые жилы. Рудные зоны максимально локализованы в пористых туфах, где они образуют стратифицированную рудную залежь мощностью до 150 м, заключающую основные запасы месторождения. Буровые скважины фиксируют золоторудную минерализацию в древних туфах и до-третичном основании, так что в целом вертикальный интервал минерализации оценивается в 700 м. Основной рудный минерал — золотоносный пирит; золото фиксируется в тонких трещинках и в виде включений. Установлены в качестве редких минералов теллуриды Au-Ag, сфалерит, галенит, халькопирит, пирротин, тетраэдрит, пираргирит, арсенопирит, марказит, реальгар. На глубину 200–300 м от поверхности развита зона окисления с новообразованиями гетита, гематита и ярозита.

Детальное изучение многообразных жил и брекчий, слагающих рудные тела и их многократные пересечения, позволяют наметить следующую последовательность их образования: 1) обрастающие фенокристы кварц-адуляровые жилы; 2) кремнистые микробрекчиевые жилы; 3) гребенчатые кварцевые жилы. Начало процесса характеризуется нарастанием гидротермального кварца на фенокристы магматического кварца, а адуляр нарастает на кристаллы санидина. Такие агрегаты содержат основную массу золота. Момент возникновения таких жил синхронизируемый со сменой пропилитовой фазы метасоматоза калиевой. Более поздние брекчиевые и гребенчатые жилы заклю-

чают только несколько процентов от основной массы золота. Площадные пропилитовые метасоматиты представлены ассоциацией кварц-адуляр-альбит-хлорит-кальцит-пирит-эпидот; более поздняя группа калиевых метасоматитов, контролируемых зонами трещиноватости, представлена ассоциацией кварц-адуляр-гидрослюда-кальцит-пирит. Пространственные переходы между пропилитовыми и калиевыми метасоматитами в плотных сваренных и пропилитизированных туфах маркируются трещинными жильными системами (кварц-адуляр-пирит-золото±альбит±кальцит±эпидот). Кремнистые (кварц-адуляр-пиритовые) и аргиллизитовые (кварц-иллит (смектит)-пиритовые) метасоматиты характерны для верхних уровней гидротермальной системы и характеризуют её позднюю фазу, синхронную возникновению гребенчатых кварцевых жил (кварц+адуляр±золото).

Формирование промышленных золото-серебряных руд происходило на глубине не менее 750 м ниже палеоповерхности.

Парагенетические и пространственные соотношения метасоматитов и типов жильной минерализации наряду с данными фазовых равновесий и микротермометрии по флюидным включениям свидетельствуют о том, что зона максимальной пропилитизации соответствует максимуму гидротермальной активности и подъему температуры гидротерм до 250–265°C. Калиевые метасоматиты и золоторудная минерализация локализованы в трещинных системах, их формирование обусловлено смещением гидротермальных флюидов с латерально перемещавшимися по горизонтам туфов грунтовыми водами. При этом происходило падение температур ниже 200°C. Соленость гидротермальных флюидов составляла от 0,0 до 0,2 NaCl = экв. pH ~ 7,5, log fO₂ = -36, ΣS = -3; ΣC = -3,4, K⁺ = -3 и Ca⁺².

При анализе факторов, которые могли привести к образованию такого крупного золоторудного месторождения, обращают на себя внимание сравнительно большие глубины минералообразования (>750 м), наличие четко выраженного структурного экрана в виде горизонта плотных сваренных туфов и длительная (порядка 15 млн. лет) эволюция рудообразующей системы, устойчиво золотоносной, от самых ранних до самых поздних продуктов минералообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Boden David R.* Eruptive history and structural development of the Toquima caldera complex, central Nevada // Geol. Soc. of America Bull. 1986. Vol.97. № 1. P.61–74.
2. *Sander Mark V. and Einaudi Mareo T.* Epithermal Deposition of Gold during Transition from Propylitic to Potassic Alteration at Round Mountain, Nevada // Econ.Geol. 1990. Vol.85. P.285–311.

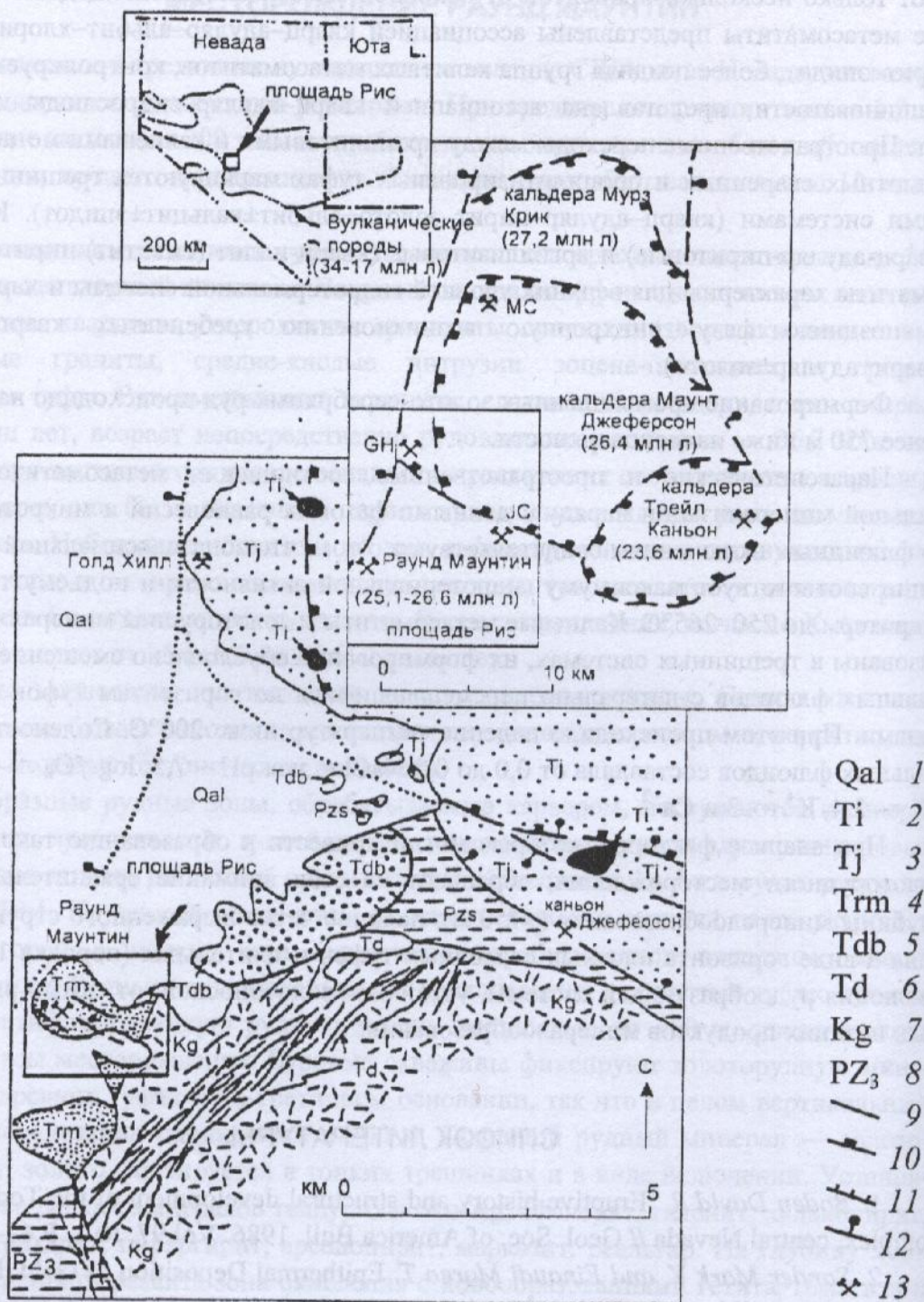


Рис. 1. Позиция месторождения Раунд Маунтин в региональных структурах, *M.Sander, M.Einaudi, 1990:*

1 — четвертичный аллювий и коллювий; 2 — трубки и игнимбритовые подводящие жерла; 3 — туфы Маунт Джеферсон (26,4 млн.лет); 4 — туфы Раунд Маунтин (26,7 млн.лет); 5 — мегабрекчии Драй Каньон (32? млн.лет); 6 — штоки и свиты даек (34,4–37,4 млн.лет); 7 — меловые гранитные породы; 8 — палеозойские осадочные и метаосадочные породы; 9 — контакты; 10 — структурные границы кальдеры Маунт Джеферсон; 11 — границы кальдеры; 12 — окраинные разломы, частично ограничивающие кальдеру; 13 — рудники или поисковые участки

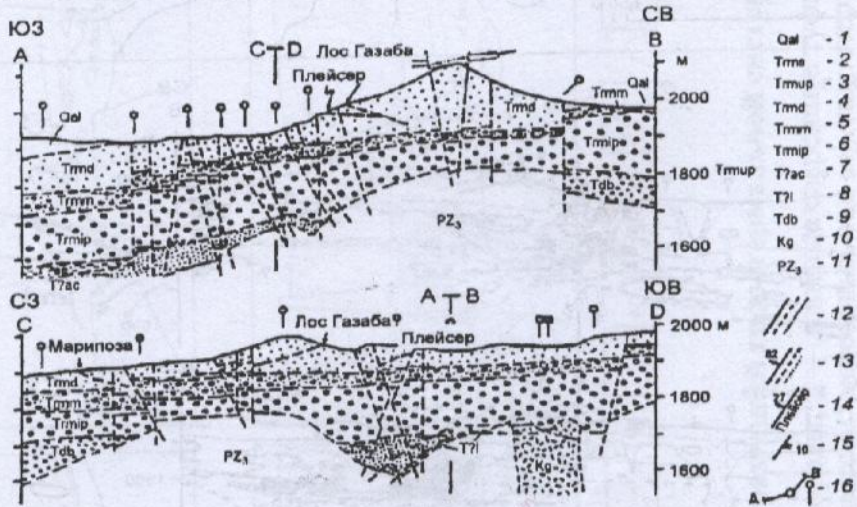
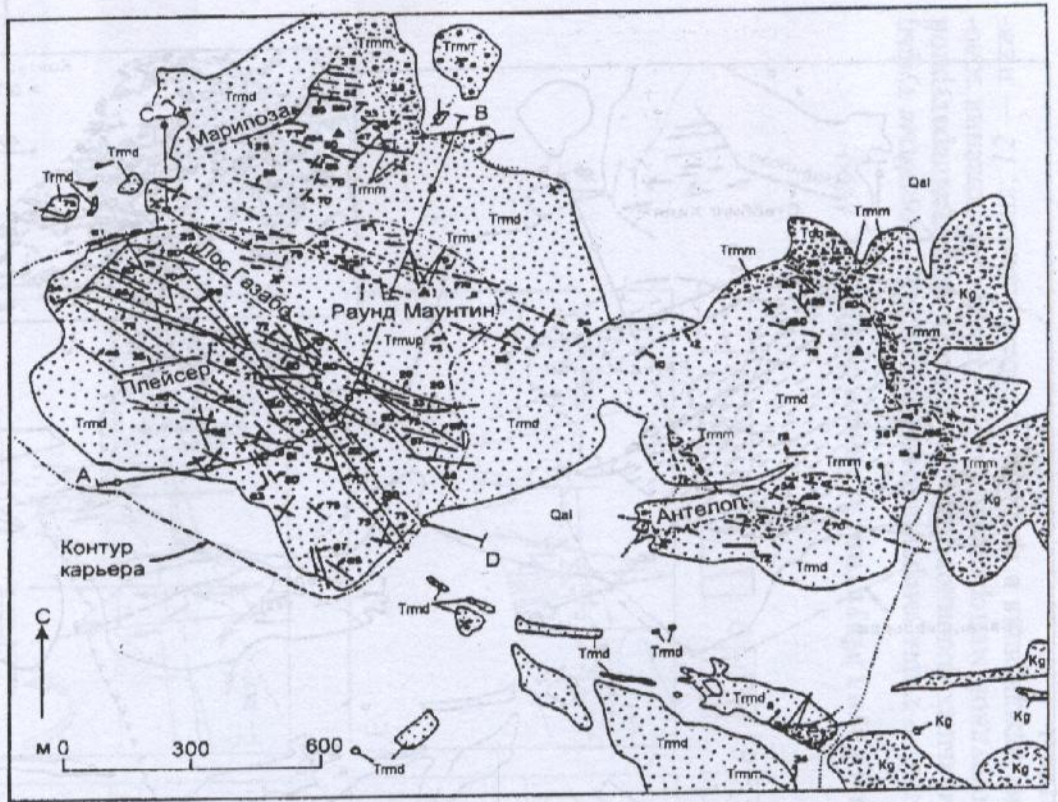


Рис. 2. Геолого-структурная карта месторождения Райнд Маунтин, M.Sander, M.Einaudi, 1990:

1 — четвертичный аллювий и коллювий; 2 — вулканокластические осадочные породы; 3 — верхние пористые сваренные туфы; 4 — средние плотные сваренные туфы; 5 — умеренно-спекшиеся туфы; 6 — нижние пористые сваренные туфы; 7 — вулканокластические песчаники и конгломераты; 8 — пористые горизонты; 9 — мегабрекчии Драй Каньон; 10 — меловые породы; 11 — палеозойские осадочные и метаосадочные породы; 12 — контакты установленные, предполагаемые и предполагаемые под наносами; 13 — разломы установленные, предполагаемые и предполагаемые под наносами; 14 — название пологих жил; 15 — простираение и падение локальной складчатости; 16 — буровые скважины на плане и разрезе

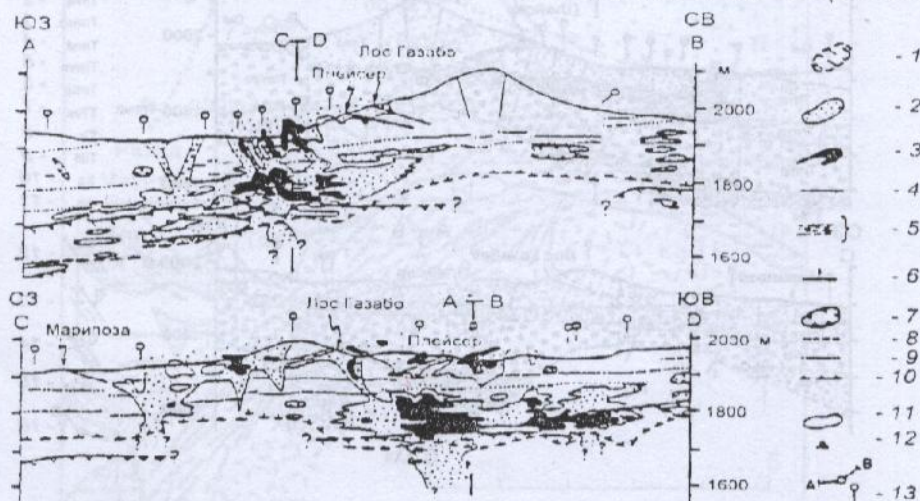
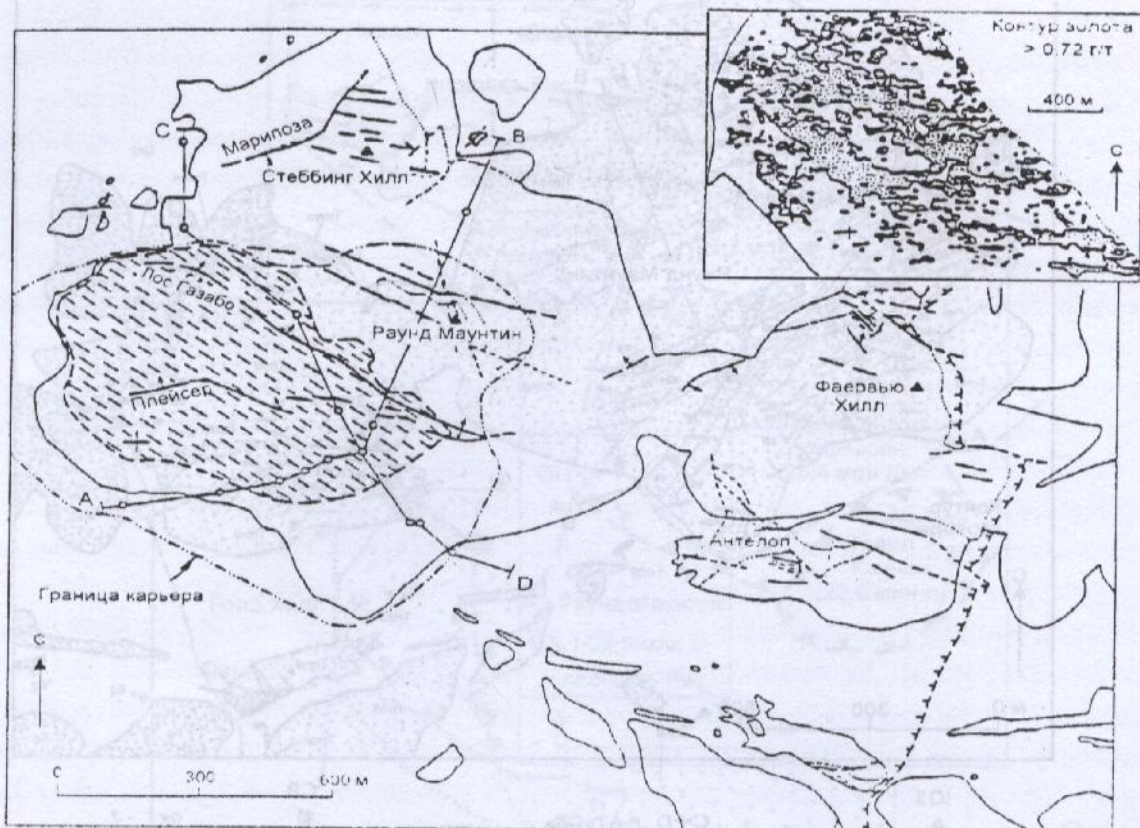


Рис. 3. Схема золотоносности месторождения Раунд Маунтин, M.Sander, M.Einaudi, 1990:

генерализованные контуры золотоносности в г/т: 1 — 0.72, 2 — 1.41, 3 — 0.38–1.41; 4 — крупные минерализованные трещины по периферии карьера — объекты древней отработки; 5 — свиты жил нарастания — объекты селективной отработки; 6 — пологие жильные системы — объекты селективной отработки; 7 — участки сульфидной минерализации, сохранившиеся от окисления; 8 — отдельные разломы; 9 — отдельные контакты; 10 — нижняя граница распространения туфов Раунд Маунтин; 11 — границы аллювия; 12 — топографические пункты; 13 — буровые скважины на карте и разрезе

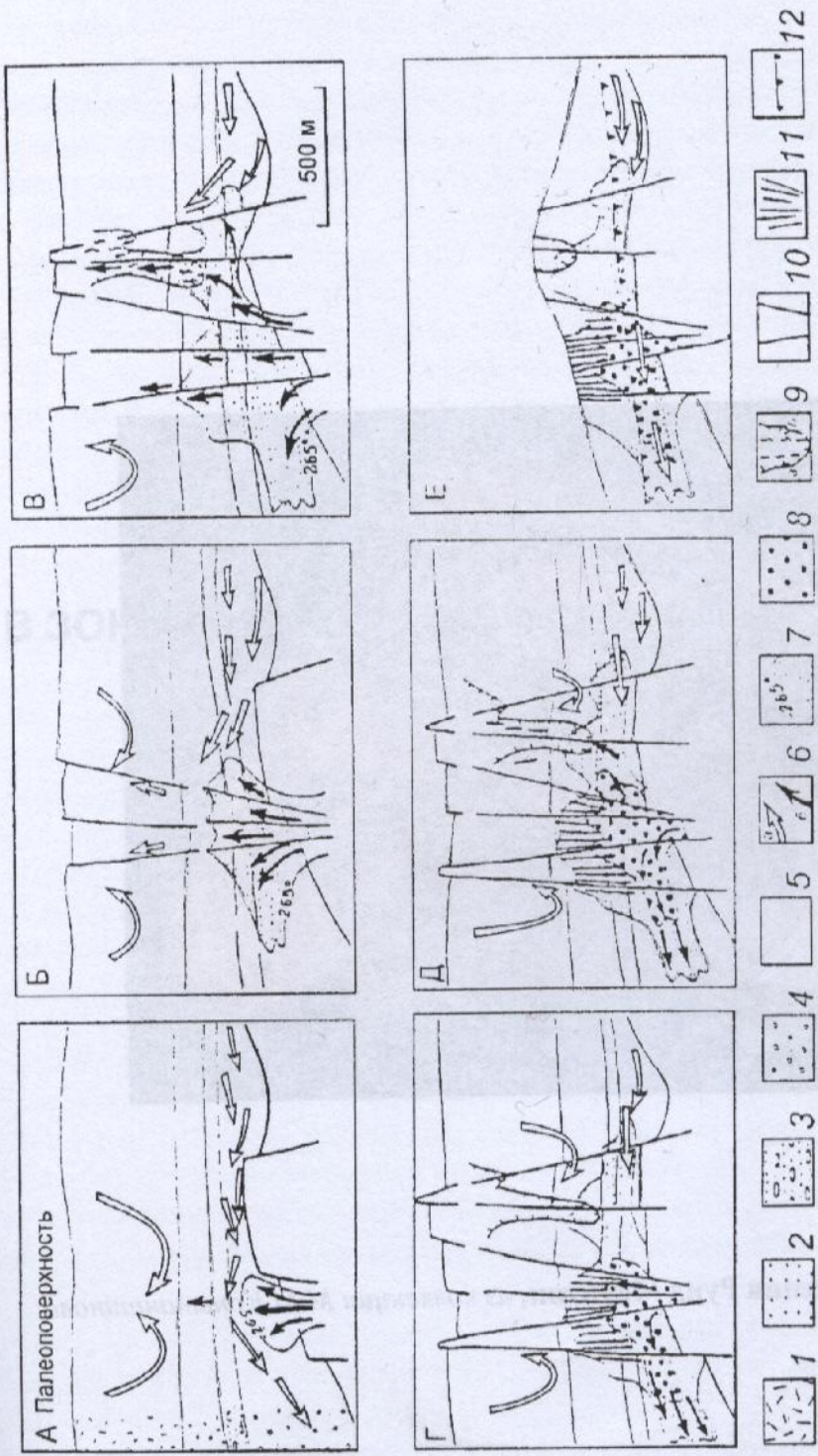


Рис. 4. Модель формирования рудообразующей гидротермальной системы Раунд Маунтин, М. Sander, М. Einaudi, 1990:

1 — туфы и вулканогенно-осадочные породы; 2 — плотные сваренные туфы; 3 — туфы умеренной плотности; 4 — пористые туфы; 5 — довулканическое основание; 6 — потоки метеорных вод (а), гидротермальных флюидов (б); 7 — область низкотемпературной пропилитизации; 8 — область калиевого метасоматоза и крапленой золоторудной минерализации; 9 — область отложения золотосодержащих жил (а), отдельные жилы (б); 10 — разломы; 11 — прожилковая минерализация в трещинках рассланцевания; 12 — нижний уровень зоны окисления. А-Е — последовательность формирования системы



Рис. 5. Руды месторождения Рунд Маунтин, из коллекции М.М.Константинова

Месторождение находится в республике Казахстан, в 26 км от г.Кокшетау, в пределах Кайыңдынского орденишного массива. Месторождение контролируется разрывной зоной разлома Северо-восточного простирания и сохранилась с ней (интенсивно-восточная склика). Рудное поле приурочено к полифазному гранобитовому интрузиву, заключенному в сложноподкоряющихся метаморфических комплексах докембриа и палеозоя. Возраст массива интрузива, по геохронологическим данным от 575 до 456 млн. лет, охватывает все основные фазы интрузива. Рудное поле имеет в целом каркасно-блоковое строение, с распределением рудных зон и тел, контролируемых разрывными Северо-западного, восточного и Северо-восточного направлений.

Большое значение в локализации образования имеют протектионические системы горизонтальных или слабо-наклонных (3-10°) разрывов, фиксирующих магматический и концентрирующиеся в местах локализации (включая золото).

Месторождение представляет комплекс зернистых золото-арсенистых-кадмиевых руд, золотосодержащий комплекс вмещается в форме вкрапленной, прожилково-вкрапленной и прожилковой. Арсеницит в руде мелкозернистый (0,1-0,3 мм), среднезернистый (0,3-1 мм), крупнозернистый (>1 мм). Содержание золота в руде составляет 1,3-8,5%.

4. МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В ЗОНАХ АКТИВИЗАЦИИ СРЕДИННЫХ МАССИВОВ

Золотое оруденение распространено в виде отдельных месторождений площадью около 1,5 км² и протяженностью на глубину свыше 1 км. Углубление оруденения сопровождается золотом, устанавливаемое на основании геохимических признаков по внутренней части минерализованного купура, остове и асимметричной формы тела, суживающегося с глубиной. Суммарная мощность промышленного оруденения в верхней, наиболее широкой части купура достигает 150-400 м при общей ширине минерализованной части до 1 км. В сторону флангов и с глубиной общая мощность зоны оруденения, в том числе суммарная мощность балансовых руд быстро уменьшается до полного выклинивания.

Среднее содержание золота во всех зонах руды сравнительно постоянно и до глубины 400 м составляет 1-2,5 г/т, ниже этого уровня оно снижается до 1,6-1,7 г/т, причем наблюдается сложная нелинейность рудности (зависимости) и отклонения по балансовым (балансовым) руд. В купурах балансовых руд золото распределено неравномерно с высокой случайностью в результате влияния индивидуальных проб, коэффициент рудности в большинстве рудных блоков составляет 2%.

Руды сложены серым металломатичным гранобитовым крупным кварцем с сульфидной в основном, арсеницитом, а также незначительными породами с кварц-сульфидными прожилками и прожилками вкрапленной сульфидно-арсеницитовой металломатичной. Наряду с этими основными рудными минералами, среднее содержание которых составляет 4-6%, характерны также минералы висмутит (висмутит), самородная висмут, тетрадимит и др.), участки рудности которых характеризуются повышенным содержанием золота. Золото присутствует в микро- и микро- (4-14 мкм, до 120 мкм) выделенных (340-450), окисленных и диспергированных в высококонцентрированной равновесной арсениците и минералах висмутит, висмутит, главным образом, в арсениците. Установлено также присутствие коррозийных

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ВАСИЛЬКОВСКОЕ

Месторождение находится в республике Казахстан, в 25 км от г. Кокчетав, в пределах Кокчетавского срединного массива. Месторождение контролируется региональной зоной разломов северо-западного простирания и сопряженной с ней системой северо-восточных сколов. Рудное поле приурочено к полифазному гранодиоритовому интрузиву, заключенному в сложнодислоцированных метаморфических комплексах докембрия и палеозоя. Возраст самого интрузива, по геохронологическим данным от 575 до 456 млн. лет, причем выделяются две основные фазы внедрения. Рудное поле имеет в целом каркасно-блоковое строение, а распределение рудных зон и тел контролируется разломами северо-западного, широтного и северо-восточного направлений.

Большое значение в локализации оруденения имеют протектонические системы горизонтальных или слабо-наклонных ($5-15^\circ$) трещин, фиксируемых калишпатизацией и концентрирующие в лежащих боках повышенные содержания золота.

Месторождение представлено прожилково-вкрапленными золото-арсенопирит-кварцевыми рудами, золотоносный арсенопирит выделяется в форме вкрапленной, прожилково-вкрапленной и прожилковой. Арсенопирит в рудах мелкозернистый (0,1–0,5 мм), среднезернистый (0,5–1 мм), крупнозернистый (>1 мм). Содержание мышьяка в рудах составляет 1,3–8,5%.

Золотое оруденение участка месторождения образует субвертикальный мегашток-верк сульфидно-кварцевых прожилков и маломощных жил в сочетании с прожилково-вкрапленной сульфидизацией в березитизированных диоритах и гранодиоритах на площади около $1,5 \text{ км}^2$ и протяженностью на глубину свыше 1 км. Участки с промышленными содержаниями золота, устанавливаемые на основании опробования, концентрируются во внутренней части минерализованного контура, образуя в совокупности конусовидной формы тело, суживающееся с глубиной. Суммарная мощность промышленного оруденения в верхней, наиболее широкой части конуса достигает 350–400 м при общей ширине минерализованной части до 1 км. В сторону флангов и с глубиной общая мощность зоны оруденения, а также суммарная мощность балансовых руд быстро уменьшается до полного выклинивания.

Среднее содержание золота во всей массе руды сравнительно постоянно и до глубины 600 м составляет 2–2,5 г/т, ниже этого уровня оно снижается до 1,6–1,7 г/т, причем возникает сложная перемежаемость рудных (забалансовых) и относительно богатых (балансовых) руд. В контурах балансовых руд золото распределено неравномерно с высокой случайностью в результатах анализа индивидуальных проб; коэффициент рудоносности в большинстве рудных блоков составляет <4%.

Руды сложены серым метасоматическим гранобластовым «рудным» кварцем с сульфидами, в основном, арсенопиритом, а также измененными породами с кварц-сульфидными прожилками и прожилково-вкрапленной существенно пирит-арсенопиритовой минерализацией. Наряду с этими основными рудными минералами, среднее содержание которых составляет 4–6%, характерна примесь минералов висмута (висмутин, самородной висмут, тетрадимит и др.), участки развития которых определяют промышленные содержания золота. Золото преимущественно микроскопическое (4–14 мкм, до 120 мкм), высокопробное (840–950), ассоциированное с порфиробластовой тонкоагрегативной разновидностью арсенопирита и минералами висмута, локализуясь, главным образом, в арсенопирите. Устанавливается положительная корреляционная

связь золота с мышьяком, висмутом и серебром, содержания последнего в рудах незначительны.

Ю.Л.Абишев и др. (1982) отмечают, что относительно большие золотины (0,04–0,12 мм) тяготеют к глубоким горизонтам месторождения (более 300 м), форма золотинок различна: ромбододекаэдры, друзовые сростки кристаллов, кристаллы со сглаженными гранями, изометричные округлые, каплевидные и неправильные зерна. Золотины на контакте с арсенопиритом имеют несколько большие размеры. Наиболее крупны они в сростании с халькопиритом. Проба золота с глубиной возрастает.

Последовательность рудообразования, стадии и рудообразующие минералы ассоциации, по В.Б.Чекваидзе и И.З.Исакович, следующие:

Стадии	Минеральные ассоциации
1. Дорудных березитовых изменений	1а. Пирит-карбонат-хлорит-серицитовая 1б. Пирит-карбонат-серицит-кварцевая
2. Дорудная кварц-турмалиновая	2. Пирит-кварц-турмалиновая
3. Рудная	3. <u>Кварц-арсенопиритовая*</u> (серый рудный кварц с арсенопиритом) 4. <u>Порфиробластовые тонкозернистые арсенопирита</u> 5. <u>Золото-теллуридно-висмутовая</u> 6. Кварц-карбонат-арсенопиритовая с метакристаллическим арсенопиритом 7. Сульфидно-полиметаллическая с золотом и антимонитом
4. Кальцит-флюоритовая	8. Кальцит-флюоритовая
5. Кварцевая	9. Послерудного кварца

В рудных телах арсенопирит имеет доминирующее значение по сравнению с пиритом. В незначительных количествах (сотые и первые десятые доли %) распространены сульфиды Pb-Zn-Cu, а также минералы висмута — висмутин, тетрадимит, самородный висмут и др., участки повышенного развития которых внутри контура прожилков кварц-арсенопиритовой минерализации определяют промышленные содержания золота.

Специфической особенностью данного типа оруденения является широкое развитие в рудных зонах дорудного черного турмалина и послерудного флюорита.

Выявляется латеральная и вертикальная рудно-метасоматическая и минералогеохимическая зональность. По латерали выделяются три зоны: внешняя, промежуточная и центральная, характеризующиеся следующими параметрами. *Во внешней зоне:* 1 — рассеянная прожилково-вкрапленная пиритовая минерализация с реликтовыми проявлениями пирротина (в т.ч., дисульфидизированного) и халькопирита; 2 — значительное развитие прожилковых ореолов послерудного молочно-белого кварца (более 10% от объема пород) при слабом развитии ореолов рудного кварца, дорудного турмалина и послерудного флюорита (менее 5%); 3 — метасоматические изменения внешних зон колонки березитов (хлорит+карбонат) имеют пятнисто-блоковый характер распространения с заполнением пространства на 5–15% от объема пород при полном сохранении текстурно-структурных особенностей вмещающих пород; 4 — средние содержания основных рудных элементов составляют: Au — 0,1–0,7 г/т, As — 0,1–0,6%, Bi — $10\text{--}40 \times 10^{-4}\%$.

* Подчеркнуты ассоциации, наиболее развитые в рудах

В промежуточной зоне: 1 — прожилково-вкрапленная арсенопирит-пиритовая (с переменными соотношениями рудных минералов) минерализация с суммарным содержанием сульфидов первые проценты и слабым развитием высокозолотоносной порфиробластовой разности арсенопирита; 2 — более интенсивное развитие ореолов рудного кварца и турмалина (до 25%) при соотношении минералов 2:1, повышенном содержании флюорита (~5%) и пониженном молочно-белого кварца (~5%); 3 — метасоматические изменения промежуточных зон колонки березитов (карбонат+серицит+кварц, или хлорит+серицит+карбонат) при более интенсивном развитии (40–50%) с частичным затупевыванием текстурно-структурных особенностей пород; 4 — средние содержания основных рудных элементов: Au — 0,7–2 г/т, As — 0,6–0,8%, Bi — $40\text{--}70 \times 10^{-4}\%$.

В центральной, рудовмещающей зоне: 1 — умеренная и интенсивная кварц-сульфидная жильно-прожилковая минерализация (содержание сульфидов 5%) при резко доминирующей роли арсенопирита и максимальном развитии порфиробластового арсенопирита и висмутовой минерализации; 2 — интенсивное развитие рудного кварца и турмалина (>50%) при соотношении этих минералов 1:1, значительном (>10%) развитии флюорита и слабом молочно-белого кварца (~1%); 3 — максимальное развитие карбонат-серицит-кварцевых или (в зависимости от исходного состава исходных пород) хлорит-карбонат-серицитовых метасоматитов с заполнением пространства на 80–100% с существенной или полной утратой текстурно-структурных особенностей пород; 4 — средние содержания основных рудных элементов: Au — 1,2 г/т, As — 0,8%, Bi — $70 \times 10^{-4}\%$.

В вертикальном разрезе месторождения выделяются четыре уровня: надрудный, верхнерудный, среднерудный и нижнерудный-подрудный. *В надрудном уровне:* 1 — резкое преобладание (10:1) слабозолотоносного гипидиоморфнозернистого арсенопирита малопродуктивных ассоциаций над порфиробластовым, проявление малопродуктивной поздней халькопирит-галенит-сфалеритовой с блеклой рудой и антимонитом минерализации; 2 — слабая интенсивность (1–5%) ореолов прожилковой жильной минерализации, особенно рудного кварца с преобладающим развитием турмалина, преимущественной формой проявления жильных минералов в виде быстро выклинивающихся линз; 3 — развитие альбититов, хлоритолитов и альбит-хлоритовых пород в сочетании с маломощными (5–20 м) телами березитов; 4 — коэффициент зональности $\text{AgPbSb/WCoMo} > 3$.

На верхнерудном уровне: 1 — возрастание доли порфиробластового арсенопирита с изменением соотношения гипидиоморфнозернистого и порфиробластового арсенопирита до 5:1, спорадические проявления поздней сульфидно-полиметаллической с антимонитом минерализации; 2 — более интенсивное развитие ореолов жильных минералов (20%), особенно рудного кварца со значительным (в два раза) преобладанием турмалина над рудным кварцем при относительно слабом участии флюорита (~5%); жильные минералы образуют протяженные, в том числе пологие жилообразные тела; 3 — развитие тел березитов умеренной мощности (десятки и первые сотни метров); 4 — коэффициент зональности 3–0,1.

На среднерудном уровне: 1 — наиболее интенсивное развитие арсенопирита (>5%), в том числе порфиробластовой его разности при равном или близком его соотношении с гипидиоморфнозернистым арсенопиритом; постоянное присутствие минералов висмута; 2 — максимальная интенсивность проявления ореолов жильных минералов, особенно рудного кварца (~20%), который вместе с турмалином преобладает над

флюоритом с характерным сочетанием жилообразных и неправильной формы тел с раздувами до 50 м; 3 — зональный ореол березитов максимальной мощности (многие сотни м); 4 — коэффициент зональности 0,1–0,003.

Нижнерудный-подрудный уровень характеризуется: 1 — резким снижением содержания порфиробластового арсенопирита при соотношении гипидиоморфнозернистого и порфиробластового арсенопирита 5:1, общим снижением интенсивности арсенопиритовой минерализации (первые проценты); 2 — умеренным развитием ореола жильной минерализации (20–30%) при максимальном участии флюорита (до 25% в обогащенных золотом участках), близком соотношении турмалина и рудного кварца и преобладании жильной формы выделений минералов; 3 — появление среди выклинивающихся березитов калишпатовых проявлений вплоть до их доминирующего распространения на подрудном уровне; 4 — коэффициент зональности 0,003.

Крупные масштабы месторождения, вероятнее всего, обусловлены унаследованно-аномальным развитием локального тектонического блока, который в свою очередь, может отражать положение «горячей мантийной точки». Полифазный гранодиоритовый интрузив, сформировавшийся по механизму магматического замещения, в структурном плане представлял собой «локализатор трещиноватости», более хрупкое тело в ореоле пластичных кристаллических сланцев; разноориентированные системы трещин в массиве в целом сформировали трещиноватый блок и локализовали прожилково-вкрапленную минерализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абишев Ю.Л., Левин Г.Б., Нарсеев В.А., Самарцев И.Т.* Васильковское месторождение // Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М. 1986, с.7–21.
2. *Иванов В.Н., Грецишников Д.Н., Чижова И.А.* и др. Обоснование достоверности разведки Васильковского золоторудного месторождения. — М.: ЦНИГРИ, 1991.
3. *Многофакторные* прогнозно-поисковые модели золоторудных месторождений / Ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. М. ЦНИГРИ, 1989.

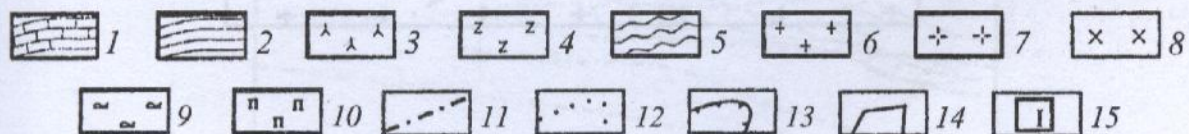
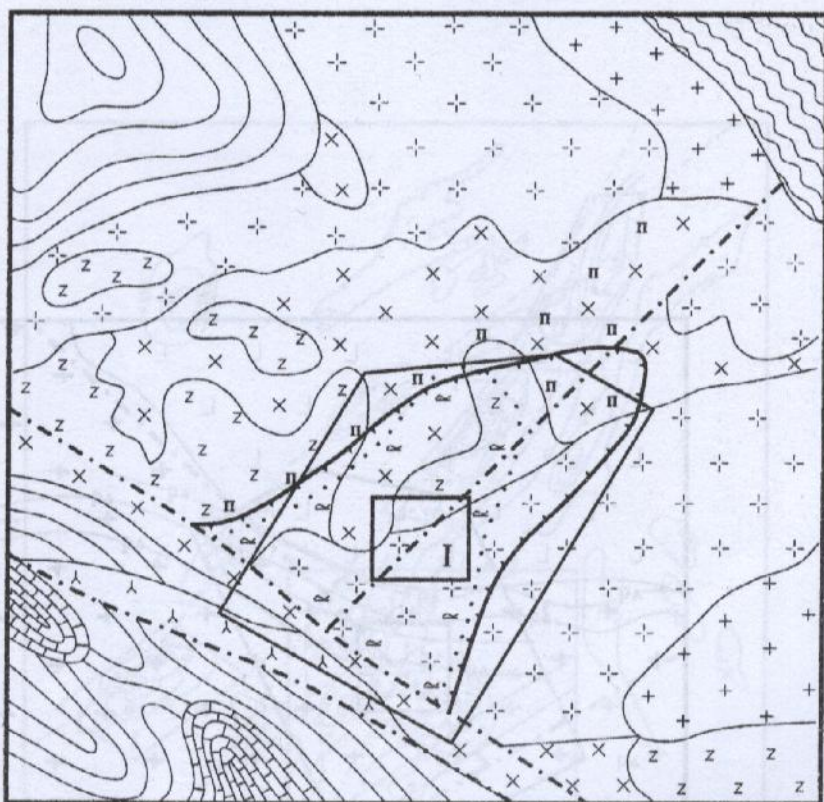


Рис. 1. Схема геологического строения рудного поля, В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович (Многофакторные...), 1989:

1 — нижний карбон, известняки и песчаники; 2 — средний-верхний девон, конгломераты, песчаники, алевролиты; 3 — средний-верхний ордовик, порфириты, туфы, аргиллиты; 4 — нижний-средний рифей, породы габбро-диоритового комплекса, мигматиты, кварциты; 5 — верхний рифей, метаморфические сланцы, гнейсы, амфиболиты; 6 — мелкозернистые плагиограниты; 7 — порфиробластовые гранодиориты; 8 — диориты и кварцевые диориты; 9 — региональная беризитизация; 10 — региональная пропилитизация; 11 — разрывные нарушения; 12 — контуры гидротермально измененных пород; 13 — первичный ореол мышьяка в контуре более $1 \times 10^{-2}\%$; 14 — участок рудного поля; 15 — участок месторождения

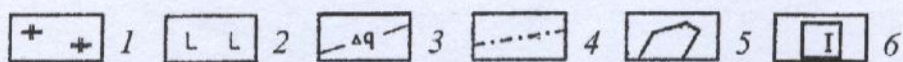
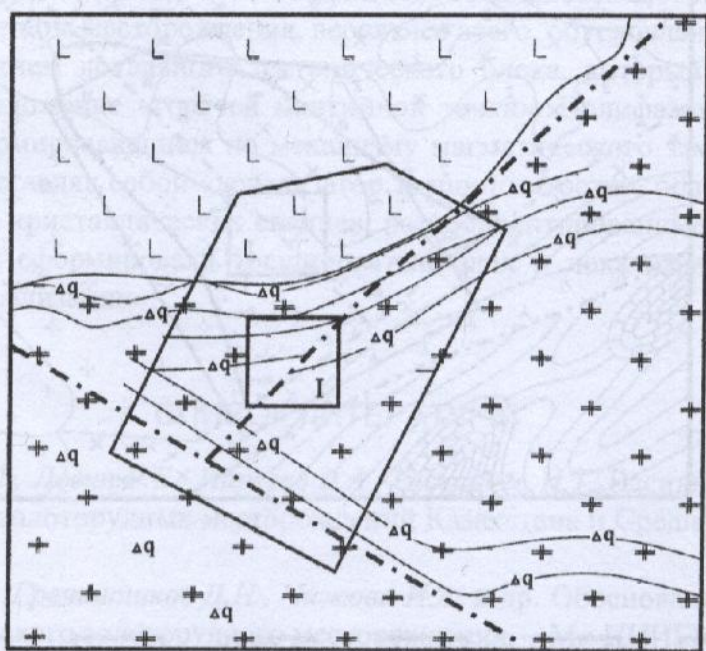


Рис. 2. Положение рудного поля и месторождения в гравиметрическом поле, Чекваидзе, И.З.Исакович (Многофакторные...), 1989:

1 — интрузивные породы преимущественно кислого состава; 2 — интрузивные породы среднего и основного состава; 3 — линейные зоны повышенных гравитационных градиентов; 4 — разрывные нарушения; 5 — участок рудного поля; 6 — участок месторождения

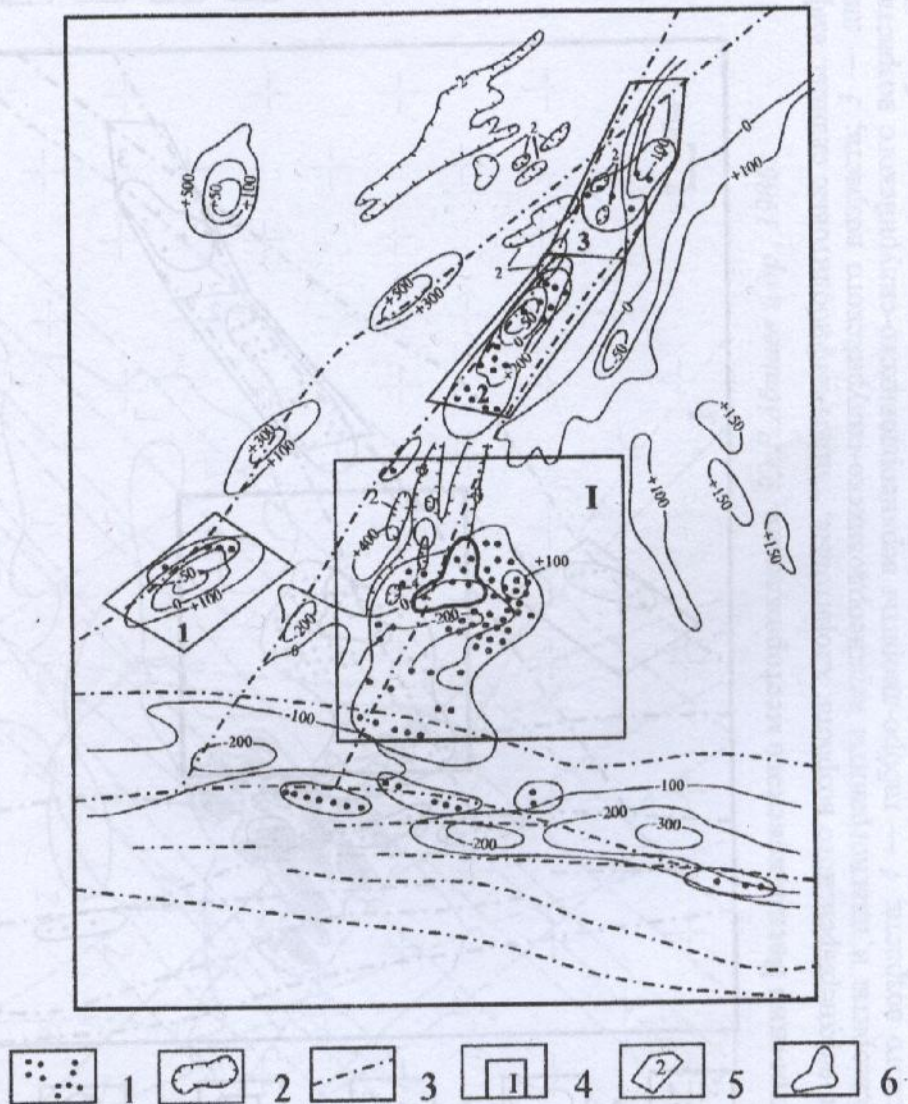


Рис. 3. Соотношение рудоносных участков с локальными аномалиями магнитного и электрического полей, В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович (Многофакторные...), 1989:

1 — гамма-аномалии; 2 — контуры гамма-аномальных полей; 3 — наиболее выраженные разрывные нарушения по геофизическим данным; 4 — участок месторождения; 5 — участки рудопроявлений; 6 — рудная зона

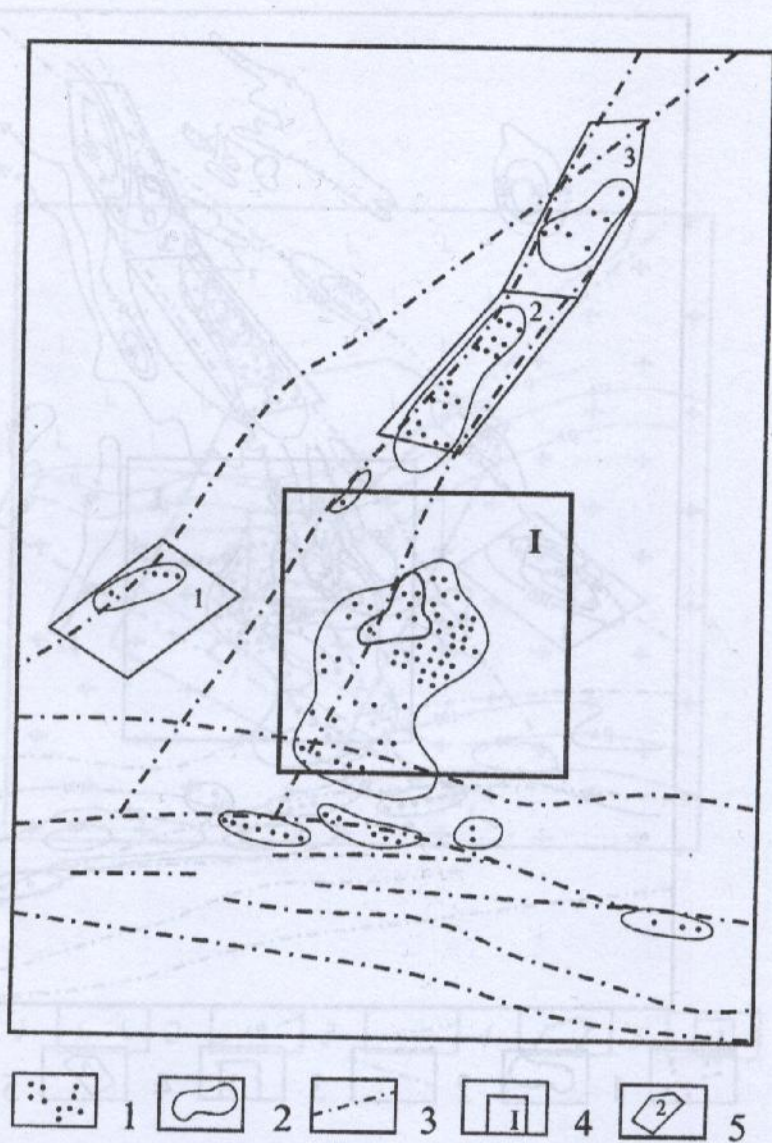


Рис. 4. Соотношение рудоносных участков и радиоактивных аномалий, выявленных в скважинах, В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович (Многофакторные...), 1989:

1 — гамма-аномалии; 2 — контуры гамма-аномальных полей; 3 — наиболее выраженные разрывные нарушения по геофизическим данным; 4 — участок месторождений; 5 — участки рудопроявления

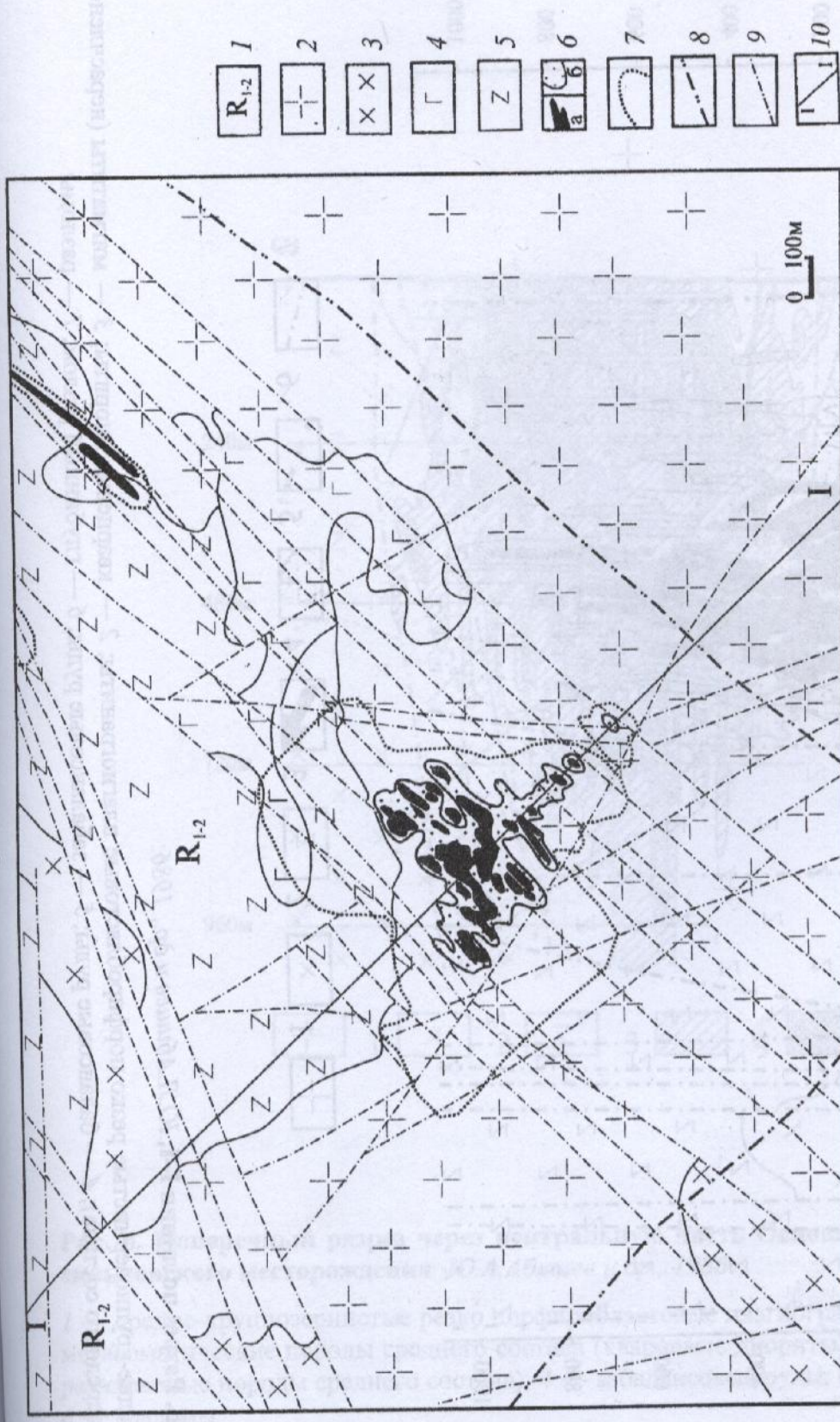


Рис. 5-А. Схема геологического строения Васильковского месторождения, Ю.Л.Абишев и др., 1986:

1 — метаморфическая свита нижне-верхнерифейского возраста: хлоритовые, эпидот-амфиболитовые сланцы, амфиболиты, кварциты; 2 — порфиробластовые гранодиориты и плагиограниты верхнеордовикско-силурийского возраста; 3 — диориты, кварцевые диориты верхнеордовикско-силурийского возраста; 4 — габбро-диориты верхнеордовикско-силурийского возраста; 5 — мигматиты (породы «перемежаемости» среднего состава); 6 — контуры рудных тел; 7 — контуры оруденения на глубине; 8 — основные глубинные разломы; 9 — разрывные нарушения и зоны разрывных нарушений; 10 — линия разреза

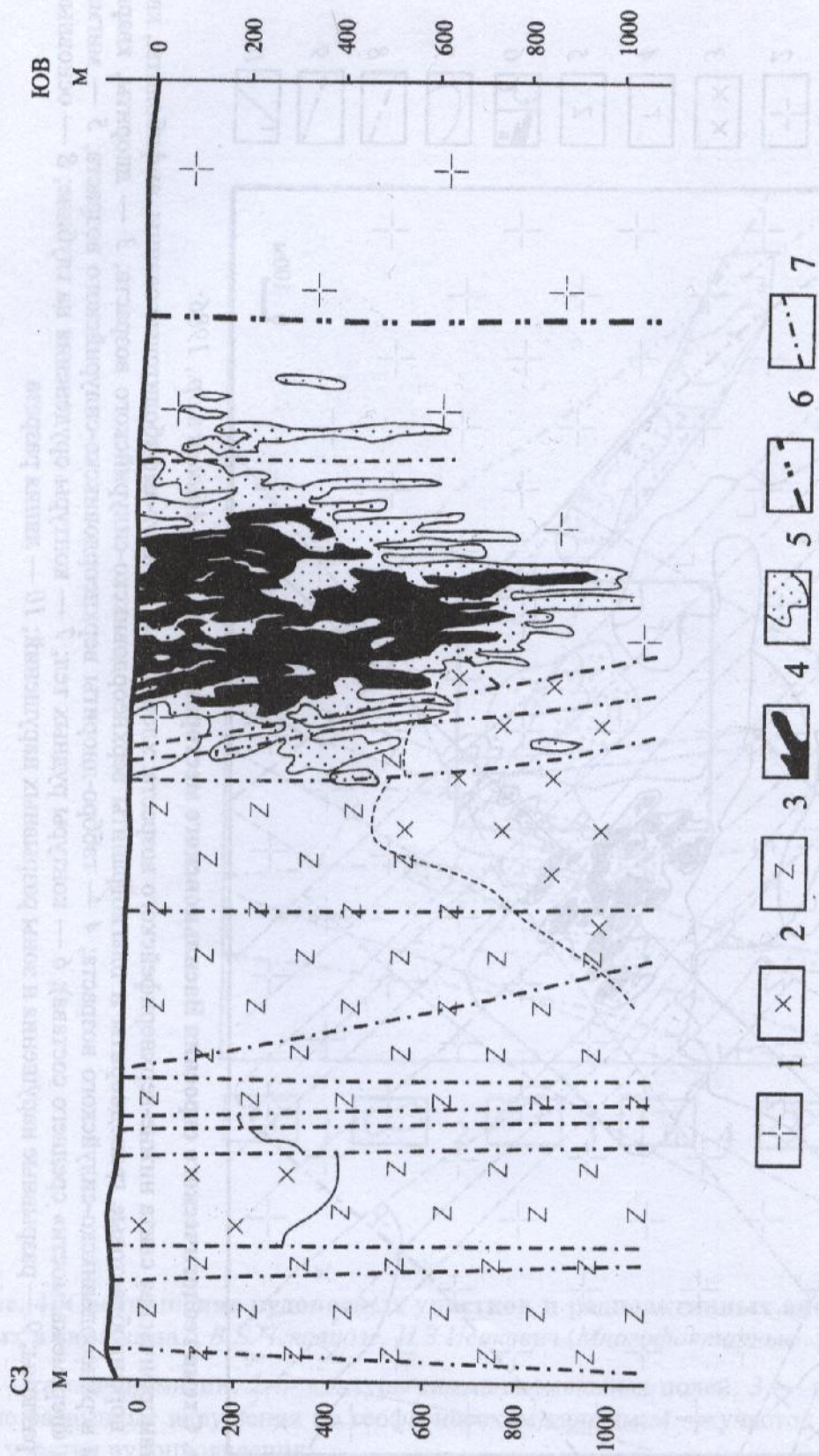


Рис. 5-Б. Разрез по линии I-I, Ю.Л.Абишев и др., 1986:

1 — средне-крупнозернистые резко порфиробластовые плагиограниты; 2 — кварцевые диориты; 3 — мигматиты (нераствленные породы среднего состава); 4 — балансовые руды; 5 — забалансовые руды; 6 — глубинный разлом; 7 — разломы

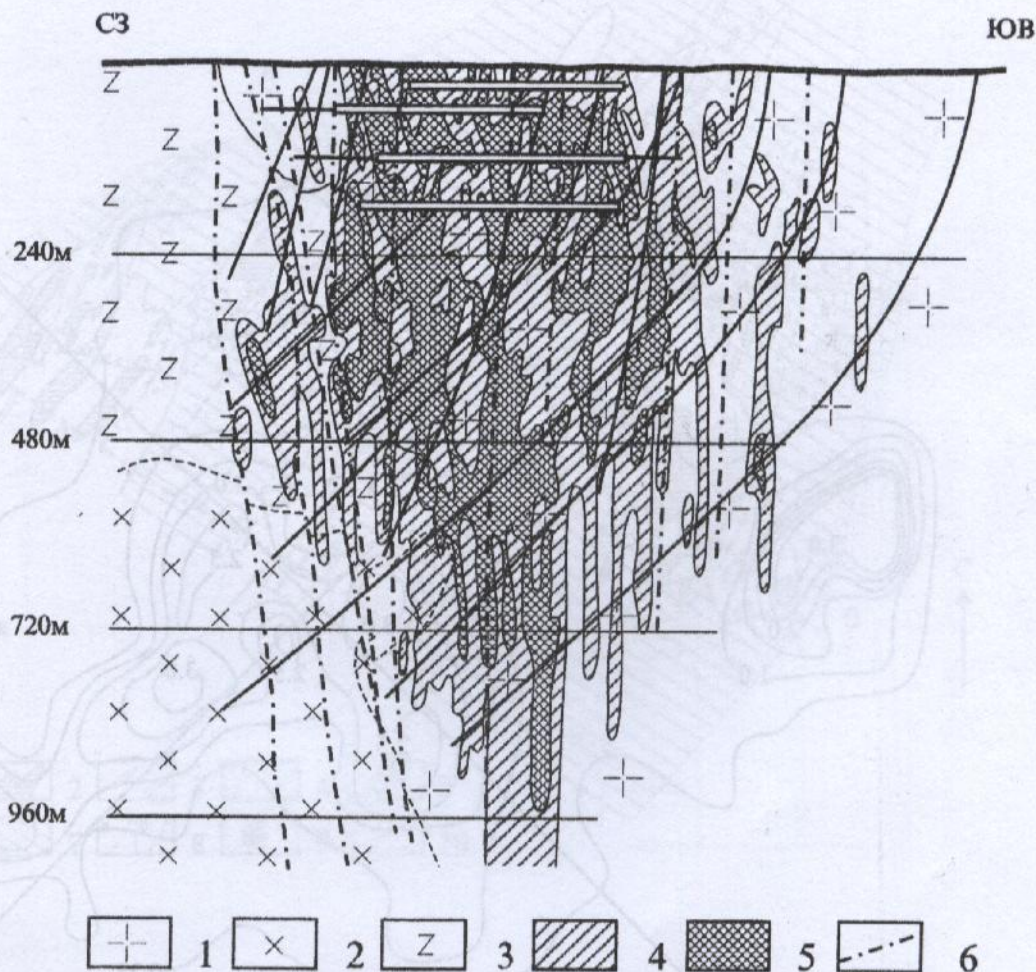


Рис. 6. Поперечный разрез через центральную часть Основной рудной зоны Васильковского месторождения, Ю.А.Абишев и др., 1986:

1 — средне-крупнозернистые резко порфиробластовые плагиограниты; 2 — палигенно-метасоматические породы среднего состава (кварцевые диориты); 3 — мигматиты (нерасчлененные породы среднего состава); 4 — забалансовые руды; 5 — балансовые руды; 6 — разломы

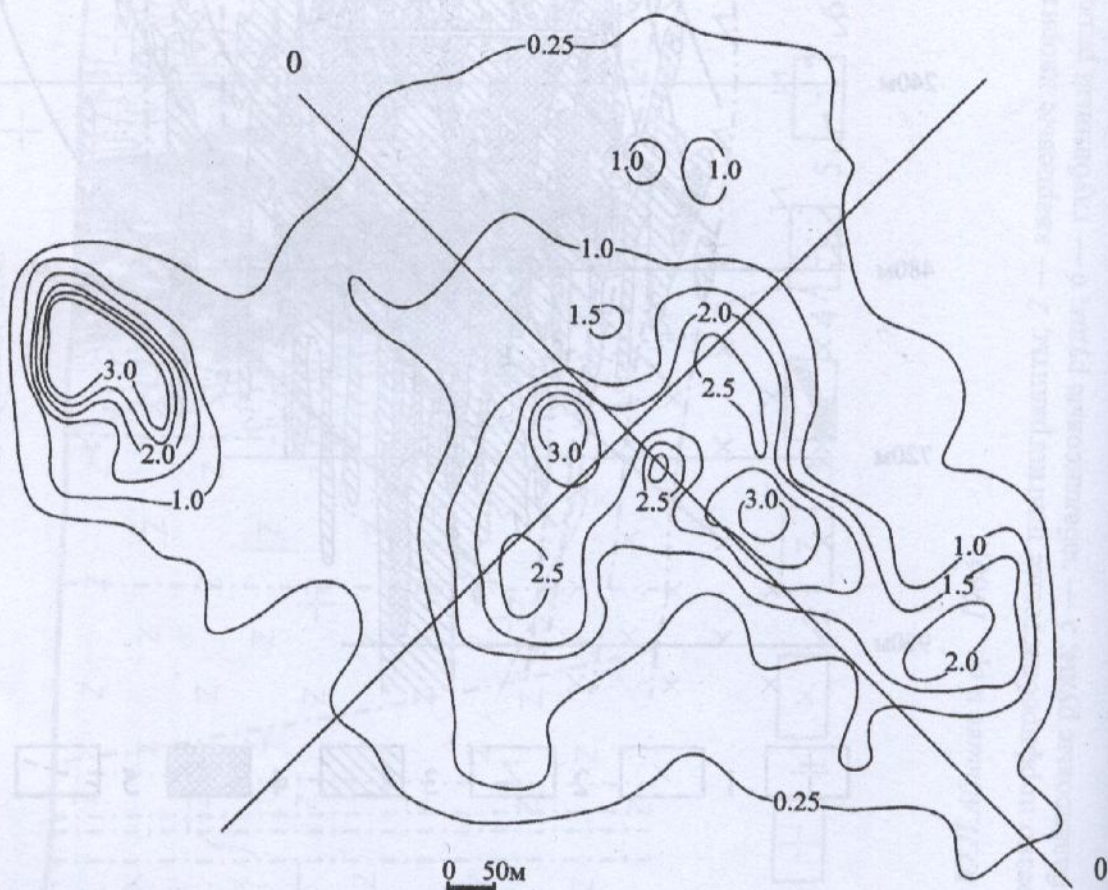


Рис. 7. Распределение содержаний золота (г/т) на горизонте 300 м Васильковского месторождения, Д.Н.Гречишников, И.А. Чижова, 1998

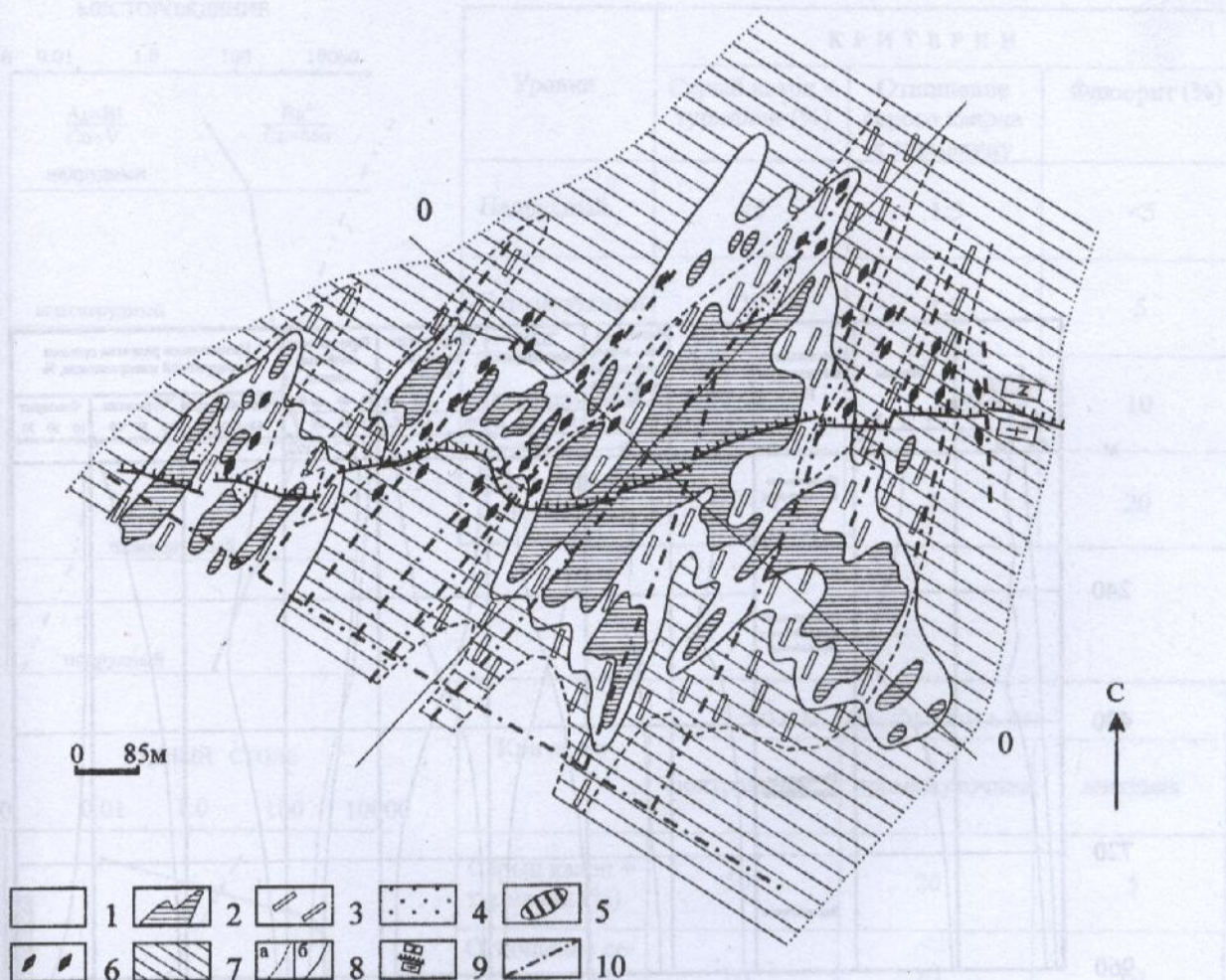
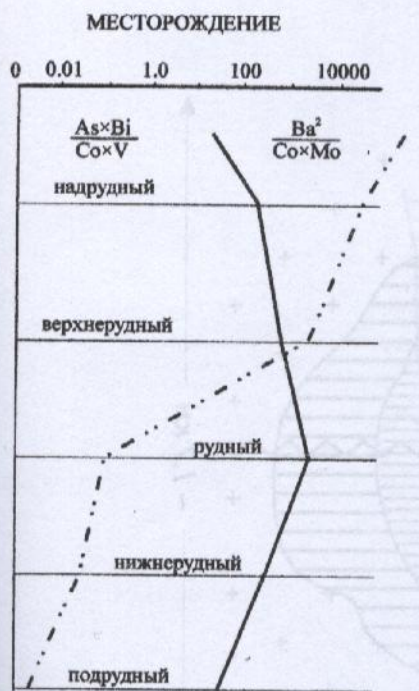
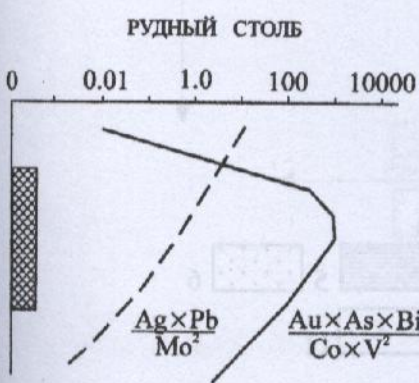


Рис. 8. Распределение минеральных ассоциаций на горизонте 300 м Васильковского месторождения, И.Т.Самарцев, 1986:

ареалы распространения основных рудообразующих минеральных ассоциаций: 1 — допродуктивной пирит-арсенопирит-кварцевой (забалансовые руды), 2 — совместного развития кварц-арсенопиритовой «порфиробластовой» и золото-теллуридо-висмутовой (балансовые руды), 3 — кварц-карбонат арсенопиритовой «метакристаллической», 4 — халькопирит-блеклорудной, 5 — сфалерит-галенит-халькопиритовой с антимонитом, 6 — дорудного халькопирита, 7 — дорудной пиритизации; 8 — границы развития минеральных ассоциаций; 9 — контакт между породами габбро-диоритового (к северу) и гранодиоритового состава; 10 — тектонические нарушения



Уровни	КРИТЕРИИ		
	Серый кварц + турмалин (%)	Отношение серого кварца к турмалину	Флюорит (%)
Надрудный	<5	1:5	<5
Верхнерудный	20	1:2	5
Среднерудный	50	1:1	10
Нижнерудный-подрудный	20-30	1:1	20



Критерии	ЗОНЫ ПО ЛАТЕРАЛИ		
	центральная	промежуточная	внешняя
Серый кварц + турмалин (%)	50	20	5
Отношение серого кварца к турмалину	1:1	2:1	1:1
Молочно-белый кварц (%)	<1	5	20
Флюорит (%)	20	5	<5

Рис. 10. Геохимические и минералогические характеристики рудоносности Васильковского месторождения, В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович (Многофакторные...), 1989

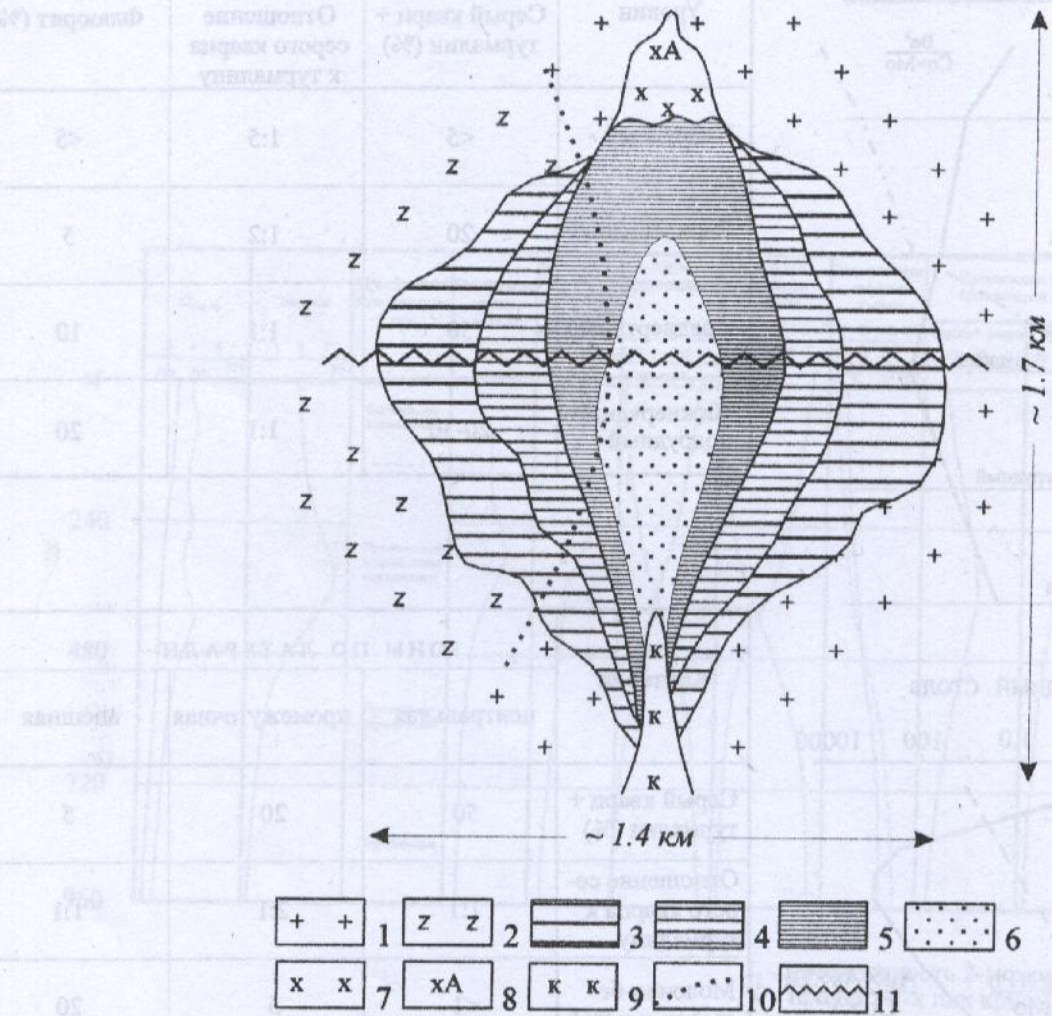


Рис. 11. Минералого-геохимическая модель месторождения Васильковское, В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович (Многофакторные...), 1989:

1 — интрузивные породы кислого состава (гранодиориты); 2 — интрузивные породы основного и среднего состава; зоны минерализации: 3 — внешняя (Mo, W), 4 — промежуточная (Sb, Pb, Ag), 5 — центральная (As, Au, Bi); 6 — рудное тело; 7 — надрудная зона хлоритизации; 8 — надрудная зона хлорит-альбитового замещения; 9 — нижнерудно-подрудная зона калишпатизации; 10 — контакт пород различного состава; 11 — современный эрозионный срез

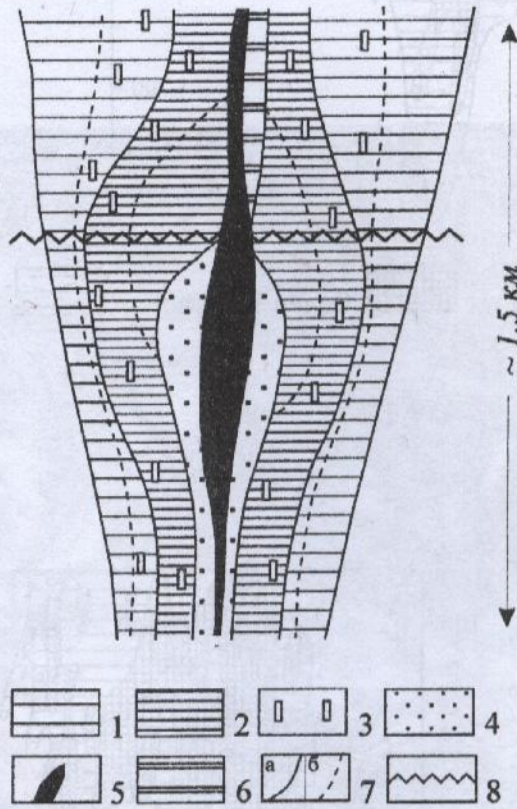


Рис. 12. Идеализированная схема рудной зональности Васильковского месторождения:

1 — пиритовая минерализация дорудной стадии; 2 — допродуктивная пирит-арсенопирит-кварцевая минеральная ассоциация; 3 — послепродуктивная кварц-карбонат-арсенопиритовая минеральная ассоциация; 4 — продуктивная кварц-арсенопиритовая «порфиробластовая» минеральная ассоциация; 5 — основная продуктивная золото-висмутовая минеральная ассоциация; 6 — малопродуктивная сфалерит-галенит-халькопиритовая с антимонитом минеральная ассоциация; 7 — границы развития минеральных ассоциаций: в процессе последовательного отложения (а), в процессе внутрирудного метаморфизма (б); 8 — предполагаемый эрозионный срез месторождения

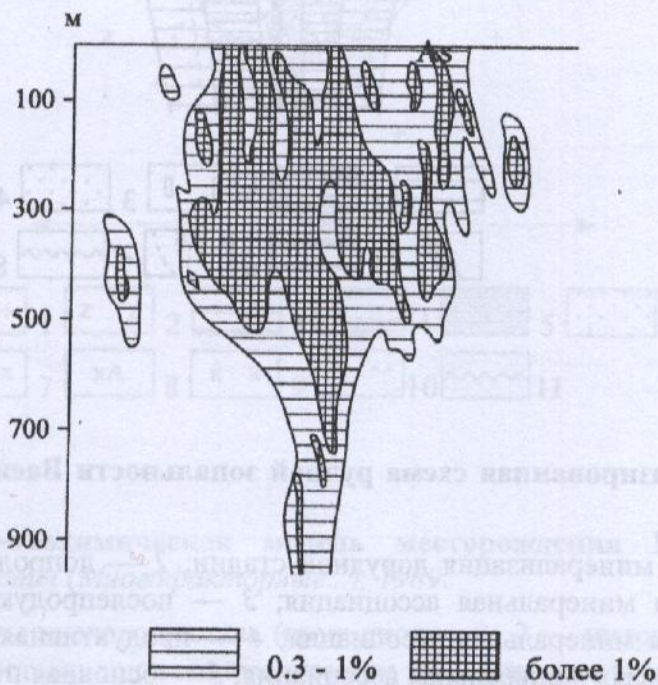
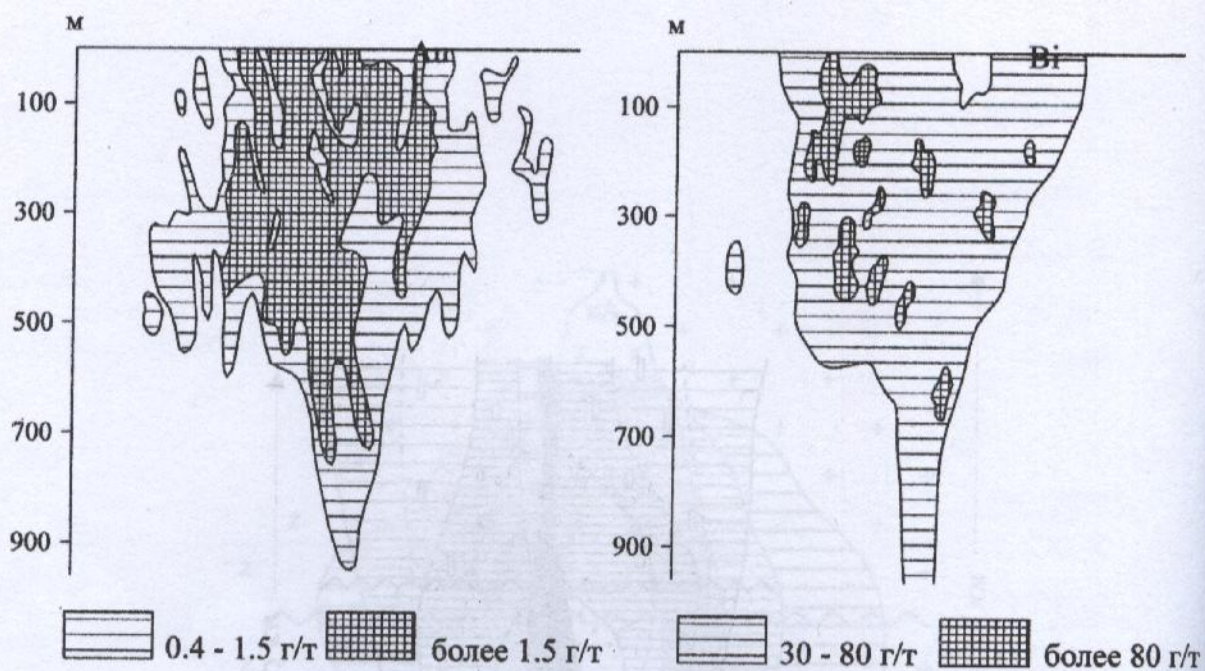


Рис. 13. Распределение рудных элементов в основной зоне Васильковского месторождения (поперечный разрез через Центральную часть рудной залежи)



Рис. 14. Руды Васильковского месторождения, из коллекции И.З.Исакович:
брекчиевые кварц-арсенопиритовые



Рис. 15. Руды Васильковского месторождения, из коллекции И.З.Исакович:
прожилково-вкрапленные кварц-пиритовые

МЕСТОРОЖДЕНИЕ МУРУНТАУ

Месторождение расположено в Восточном Узбекистане в пределах геосинклинального пояса Южного Тянь-Шаня. Основное метаморфическое образование пояса подразделяется на три этапы (снизу вверх): туронганскую, тоскентскую и бесаянскую. В нижней части разреза преобладают карбонатно-терригенно-вулканогенные образования, представленные в настоящее время зелеными амфиболитами и шери-слюдяными сланцами, кварцитами и известняками. В верхней части разреза количество зеленых сланцев уменьшается, и преобладающими становятся терригенные породы.

Месторождение Мурунтау расположено в верхней части разреза, в породах бесаянской свиты верхне-карбонатного возраста. Сложной фациальной толщей туронганско-тоскентского адевалутов, песчаников и флишевых сланцев. Главная часть рудомещающей толщи — толстое порфирическое тело, различающееся физико-механическими свойствами и составом.

Наверное, одним из наиболее интересных объектов является порфирическое тело, сложенное разнометровыми ориентированными зонами. По данным С.Д.Шара тело Мурунтауского рудного поля сложено олигоклазит-порфирами, сванит-порфирами, сферолитовыми железя-порфирами.

5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ

Структура рудного тела определяется региональной флексурой, строение которой осложняется складками и разрывами более высоких порядков.

В пределах рудомещающей толщи широко развиты относительно перпендикулярные тектонические трещины, среди которых выделяются трещины отклонения, отрыва и скольжения. Первые локализованы преимущественно в пакете с толстым переслабленным песчаником, распространяются в шпалы и зоны ардухчелы марганцевых прожилки кварца. Трещины отрыва особенно широко развиты в центре рудного поля. Они кулисообразно заложены друг за другом и группируются в зоны простирания СВ 50-55°, западные к юго-востоку под углами 20-30°; часто сопровождается зонами неориентированного дробления. Эти трещины выполнены разнозернистым кварцем или кварц-турмалиновыми слюдчанинами. Трещины скольжения имеют субширотное и субмеридиональное направление к крутым падениям на юг, юго-восток и северо-восток. Субширотные трещины наиболее выдержаны по простиранию. Они выполнены текстоляческой глиной и брекчиевыми, сцементированными карбонатами, иногда заполнены крупнозернистым кварцем, иногда флюаруют согласные прожилки того же состава. В зонах субширотных трещин локализованы пирит-арсенопиритовые и кварц-пирит-арсенопиритовые жилы и прожилки. Субмеридиональные сходные трещины по времени заложения являются крупно- и среднезернистым кварцем и контролируют размещение месторождений кварца и кальцита.

В морфологическом отношении месторождение представляет собой штоковый, компактный в плане значительную площадь. Тело порфирическое окружено внутри него ве-

5.1. С ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ МУРУНТАУ

Месторождение расположено в Восточном Узбекистане в пределах герцинского геосинклинального пояса Южного Тянь-Шаня. Осадочно-метаморфические образования пояса подразделяются на три свиты (снизу вверх): ауминзинскую, тасказганскую и бесапанскую. В нижней части разреза преобладают карбонатно-терригенно-вулканогенные образования, представленные в настоящее время зелеными амфиболовыми и кварц-сланцевыми сланцами, кварцитами и известняками. В верхней части разреза количество зеленых сланцев уменьшается, и преобладающими становятся терригенные породы.

Месторождение Мурунтау размещено в верхней части разреза, в породах бесапанской свиты верхне-карбонного возраста, сложенной флишеидной толщей тонкопереслаивающихся алевролитов, песчаников и филлитовых сланцев. Главная черта рудовмещающей толщи — тонкое переслаивание пород, различающихся физико-механическими свойствами и составом.

Изверженные породы развиты в основном на периферии рудного поля. Представлены они дайками лейкократового состава, которые сосредоточены в пределах нескольких различно ориентированных зон. По данным С.Д.Шера дайки Мурунтауского рудного поля сложены плагиогранит-порфирами, сиенит-порфирами, сферолитовыми сиенит-порфирами.

Структура рудного поля определяется региональной флексурой, строение которой осложняется складками и разрывами более высоких порядков.

В пределах рудовмещающей толщи широко развиты относительно непротяженные тектонические трещины, среди которых выделяются трещины отслоения, отрыва и скола. Первые локализованы преимущественно в пачках с тонким переслаиванием песчаников, алевролитов и сланцев; к ним приурочены многочисленные прожилки кварца. Трещины отрыва особенно широко развиты в центре рудного поля. Они кулисообразно заходят друг за друга и группируются в зоны простирания СВ 50–55°, падающие к юго-востоку под углами 70–80°; часто сопровождаются зонами неориентированного дробления. Эти трещины выполнены разномасштабным кварцем или кварц-турмалиновыми брекчиями. Трещины скалывания имеют субширотное и субмеридиональное направление и крутое падение на юг, юго-восток и северо-восток. Субширотные трещины наиболее выдержаны по простиранию. Они выполнены тектонической глиной и брекчиями, сцементированными карбонатами, иногда заполнены крупнозернистым кварцем, но чаще блокируют согласные прожилки того же состава. В мелких субширотных трещинах локализованы пирит-арсенопиритовые и кварц-пирит-арсенопиритовые жилы и прожилки. Субмеридиональные сколовые трещины по времени заложения моложе крупно- и среднезернистого кварца и контролируют размещение шестоватого кварца и кальцита.

В морфологическом отношении месторождение представляет собой штокверк, занимающий в плане значительную площадь. Распределение оруденения внутри него не-

равномерное. Чередование участков бедного и богатого орудения с участками безрудных пород наблюдается и в плане и в вертикальном сечении. Границы рудных тел выявляются только по результатам опробования. В пределах штокверка выявлен ряд рудных зон, морфологически представляющих залежи сложной формы, в которых сочетаются прожилково-штокверковый и кварцевожилный типы оруденения.

Месторождение Мурунтау является типичным представителем золото-кварцевой формации со средним содержанием сульфидов 0,5–1,5%. Основной жильный минерал — кварц; в небольших количествах встречаются калиевый полевой шпат, биотит, кальцит, турмалин и альбит. Рудные минералы в основном представлены пиритом и арсенопиритом, изредка отмечаются небольшие гнезда шеелита, в микроскопических количествах установлены сфалерит, галенит, висмутин, самородный висмут и ряд других минералов. Золото отмечено в жилах и прожилках крупно- и среднезернистого кварца и сульфидов в ассоциации с пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, висмутином и самородным висмутом, сульфосолями серебра. В кварце оно образует неравномерно рассеянные тонкие включения и прожилки, иногда мелкие гнезда, приуроченные к местам скоплений сульфидов или к обломкам пород, к границам кварцевых зерен.

В сульфидах развита мелкая (0,001–0,99 мм) вкрапленность золота и тонкие короткие прожилки его мощностью 0,005–0,09 мм. Выделения золота располагаются в катаклазированных участках сульфидов или на границах зерен, особенно часто на контакте пирита и арсенопирита. Форма золотинок определяется морфологией трещин и межзерновых пространств: часто встречаются округлые зерна, а также комковатые, пластинчатые, дендритовидные и реже губчатые образования. Характерны монокристаллы каплевидной, дробевидной, реже октаэдрической форм. В целом золото мелкое, отчасти дисперсное. В качестве примесей в нем установлены серебро, медь, висмут, свинец, мышьяк, железо. Пробность золота 890–910.

В пределах рудного поля регионально метаморфизованные породы претерпели контактовый метаморфизм и гидротермально-метасоматические преобразования. Контактные преобразования выражены в развитии роговиков и ороговикованных пород с биотитом и амфиболом типа актинолита; в подчиненном количестве встречаются пироксен и диопсид. Ороговикование совпадает с контурами рудного штокверка, но иногда развито шире его. На глубину интенсивность этого изменения пород увеличивается, что связано, вероятно, с воздействием глубоко залегающего гранитоидного интрузива. На контактово-метаморфизованные породы в пределах рудных зон накладывается сложный комплекс гидротермально-метасоматических преобразований, выражающихся в образовании кварц-микроклиновых и кварцевых метасоматитов. Кварц-микроклиновые метасоматиты образуют оторочки мощностью 2–3 см вокруг золотоносных кварцевых жил и прожилков. Кварц-альбитовые и монокварцевые метасоматиты сопровождают кварц более поздних стадий минерализации.

На происхождение золотых руд высказаны практически все возможные гипотезы. Несомненна длительность и полихронность рудообразующих процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арифуров Ч.Х., Ажгирей Д.Г., Светлов С.А., Блинова Т.А. Структурные критерии прогнозирования вкрапленно-прожилкового оруденения на рудных полях Средней Азии // Тр.ЦНИГРИ, М., 1983, с.5–13.
2. Бородаевская М.Б., Рожков И.С. Месторождения золота // Рудные месторождения СССР, т.3, 1978, с.5–75.
3. Брагин И.К., Касавченко Г.В., Шер С.Д., Зарембо Ю.Г. Месторождение Мурунтау // Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М. 1986, с.140–159.
4. Зарембо Ю.Г. Основные черты стадийности рудообразования на месторождении Мурунтау (Западный Узбекистан) // Тр.ЦНИГРИ, М., 1968, вып.79, с.279–291.
5. Золоторудное месторождение Мурунтау / Ред. Т.Ш.Шаякубов, Ташкент: «Фан», 1998, 540 с.
6. Котов Н.В., Порицкая Л.Г. Особенности геологического строения, минеральные ассоциации метасоматитов и вопросы генезиса золоторудного месторождения Мурунтау (Центральные Кызылкумы) // Зап.Всес.минер.об-ва, 1991, № 4, с.59–69.
7. Маракушев А.А., Хохлов В.А. Петрологическая модель формирования золоторудного месторождения Мурунтау (Западный Узбекистан) // Геология рудных месторождений, 1992, №1, с.38–57.
8. Образцов А.И. Особенности геологического строения и эксплуатации месторождения Мурунтау // Горный журнал, 1992, № 2, с.8–10.
9. Рахматуллаев Х.Р. О разновозрастности золоторудных формаций рудного поля Мурунтау // Зап.Узб.фил.Всесоюз.минер.об-ва, 1989, вып.44, с.198–203.
10. Скрыбин В.Ф., Гурьянов В.Ф., Джураев А.Д. Первичные геохимические ореолы Мурунтауского месторождения / Геологическое изучение и использование недр, М. «Геоинформмарк», 1998, вып.6, с.11–24.
11. Шаякубов Т.Ш., Цой Р.В., Голованов И.М., Донской В.М., Яковлев В.Г. Мурунтауская сверхглубокая скважина // Сов. геол., 1991, № 10, с.10–22.

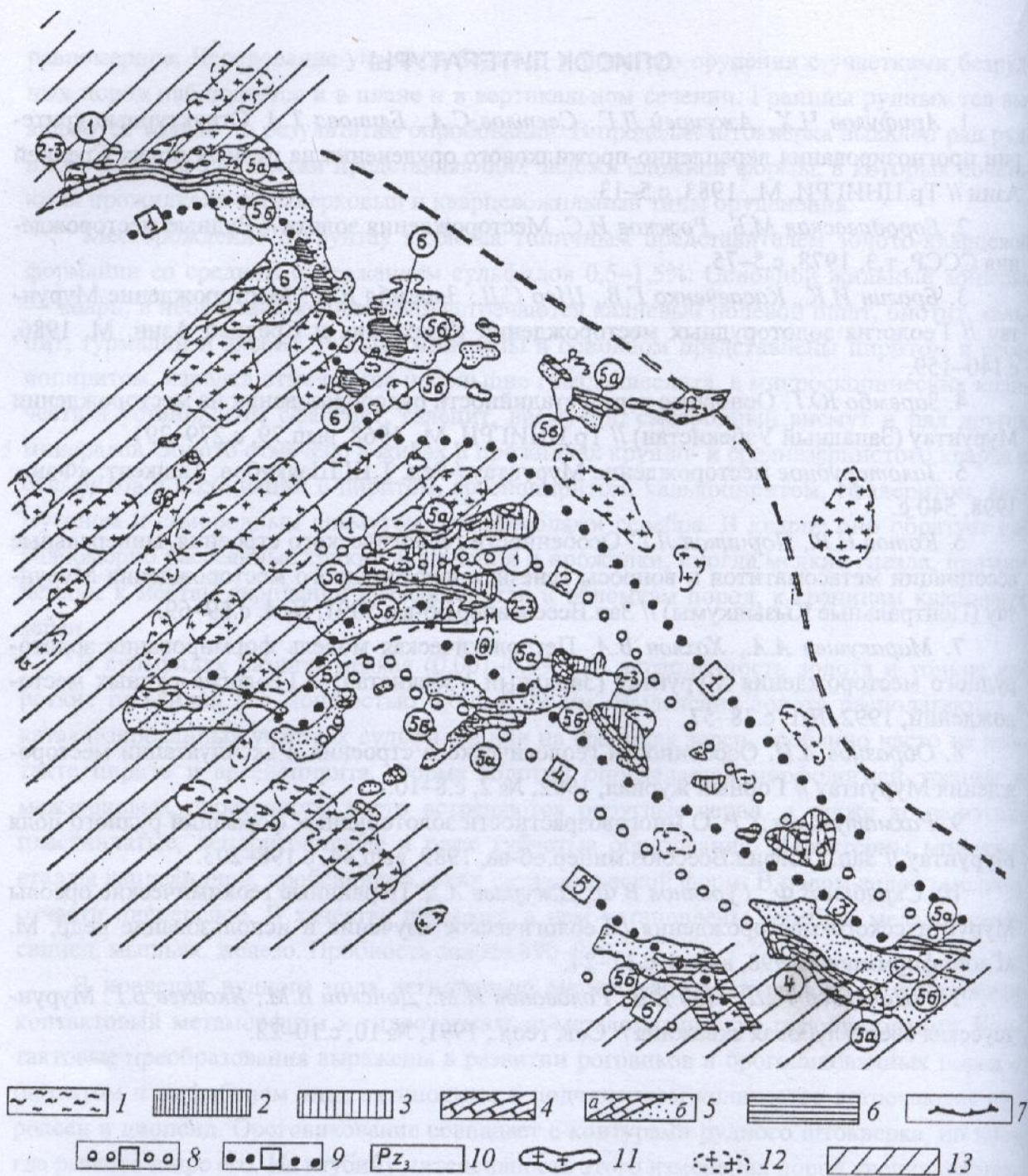


Рис. 1. Схема тектоники западного сегмента Южного Тянь-Шаня, Г.С.Поршняков, 1980–1983 гг.:

герцинские тектонические покровы: 1 — Маджерумский, 2 — Фаришский, 3 — Фаришский и Сунгрунтаусский, 4 — Меришкорский, 5 — Койташский (а — верхний, б — нижний структурный ярусы), 6 — Мальгузарский (на схеме помечены теми же цифрами в кружках); 7 — границы покровов; 8 и 9 — оси синклиналидов и антиклиналидов соответственно (их названия — цифры в квадратах: 1 — Кокпотасский, 2 — Тамдинский, 3 — Джамбулакский, 4 — Шохтауский, 5 — Мальгузарский, 6 — Шарлакский); 10 — выходы верхнепалеозойских отложений; гранитоидные массивы: 11 — обнаженные на поверхности; 12 — предполагаемые, 13 — развитые на глубине под покровом мезо-кайнозойских отложений (по геофизическим данным). АБ — Мурунтау-Даугызтауский разлом; М — Мурунтау; двойной пунктир — палеозона Беньюффа-Заварицкого (граница Киргизо-Казахского массива)

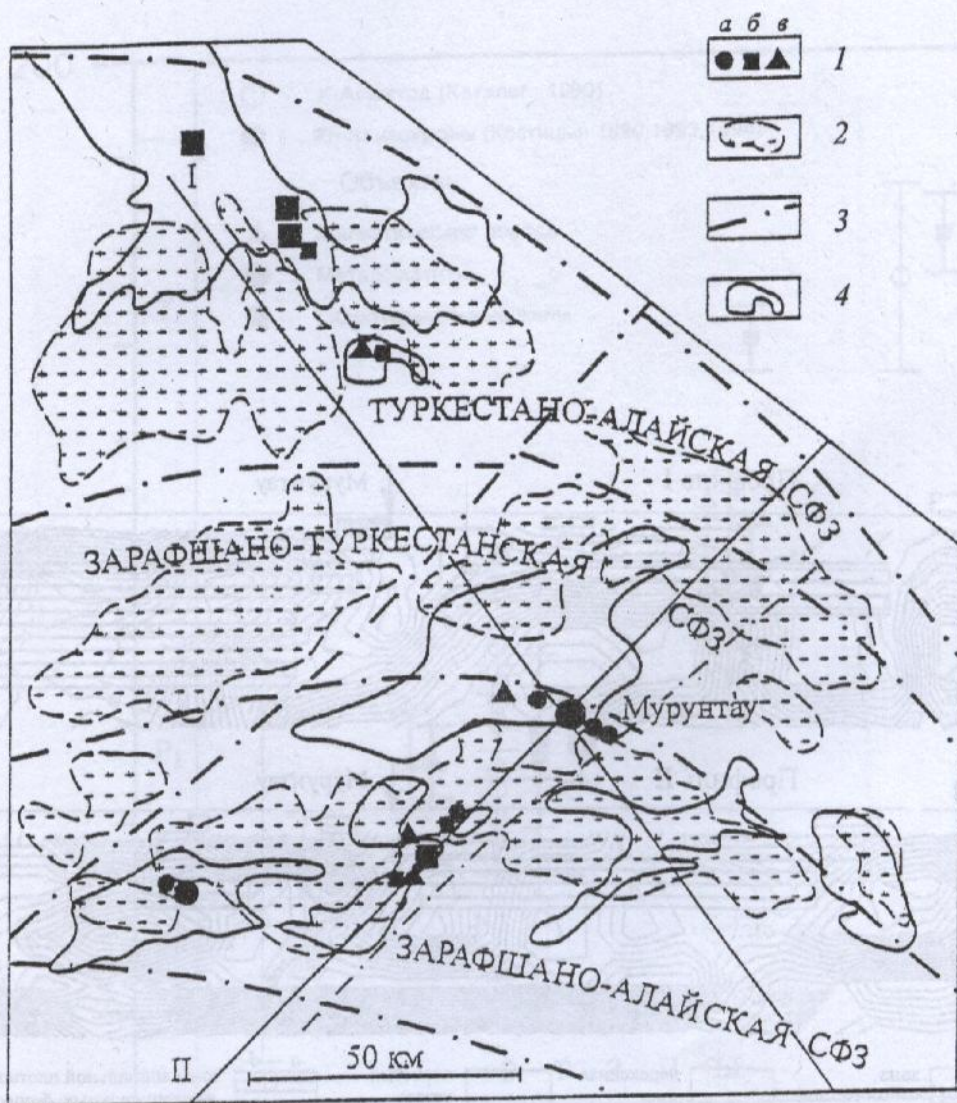


Рис. 2. Основные структуры Центральных Кызыл-Кумов и положение геотравверсов СФЗ:

1 — рудопроявления и месторождения золото-кварцевой (а), золото-сульфидной (б) и серебряной (в) формаций; 2 — гранитоиды, в т.ч. скрытые и по геофизическим данным; 3 — границы структурно-формационных зон и основные разрывные нарушения; 4 — границы выходов герцинидов из-под мезокайнозойского чехла

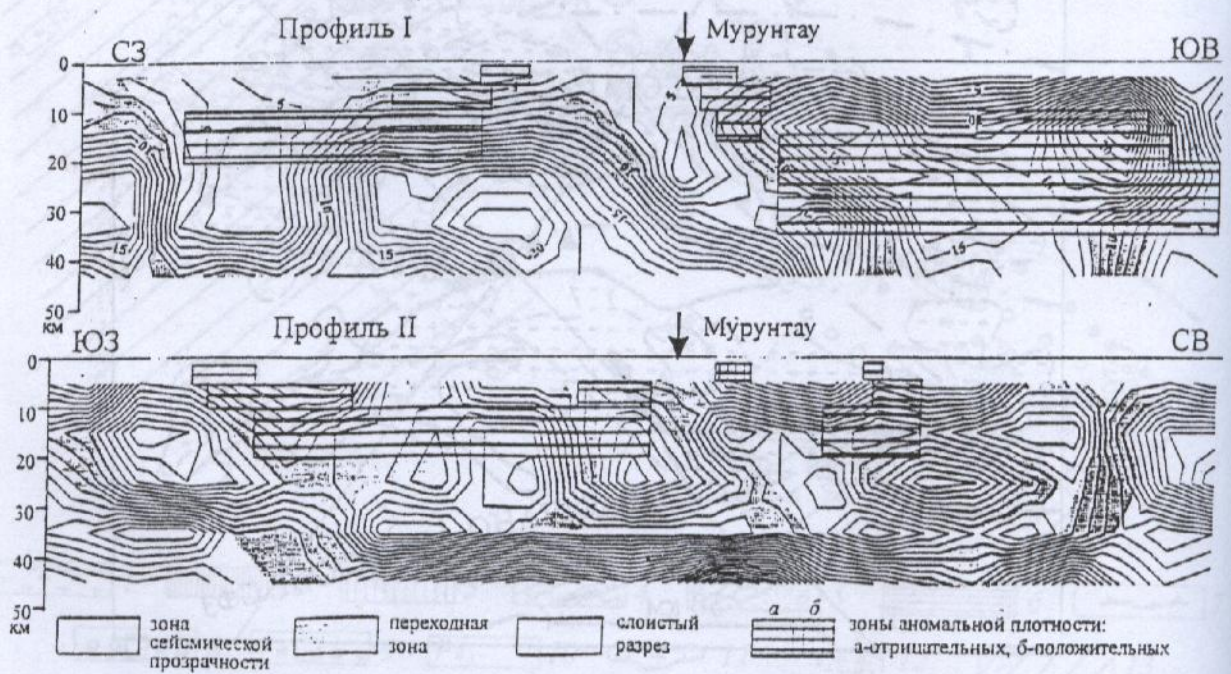


Рис. 3. Положение ЗСП и зон аномальной плотности по геотраверсам «Базальт 2» (I) и «Базальт 1 в» (II). Горизонтальный масштаб соответствует вертикальному

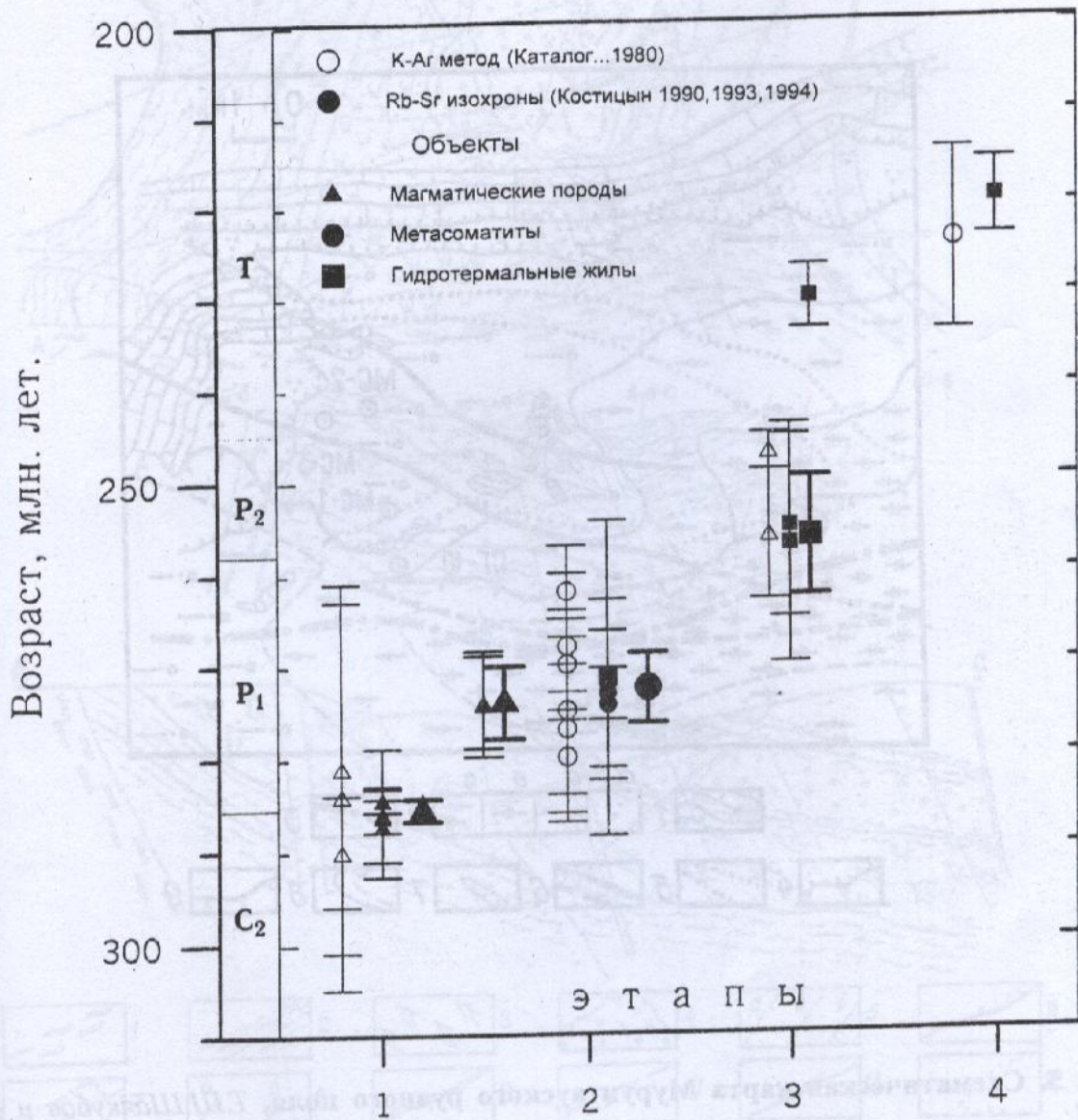


Рис. 4. Абсолютный возраст магматических пород, метасоматитов и рудных жил месторождения Мурунтау, С.Г.Кряжев, (2000 г.):

крупными символами показаны значения возраста, рассчитанные по параллельным изохронам

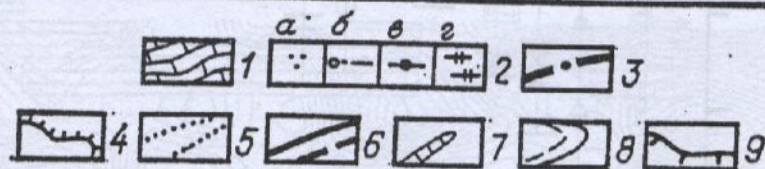
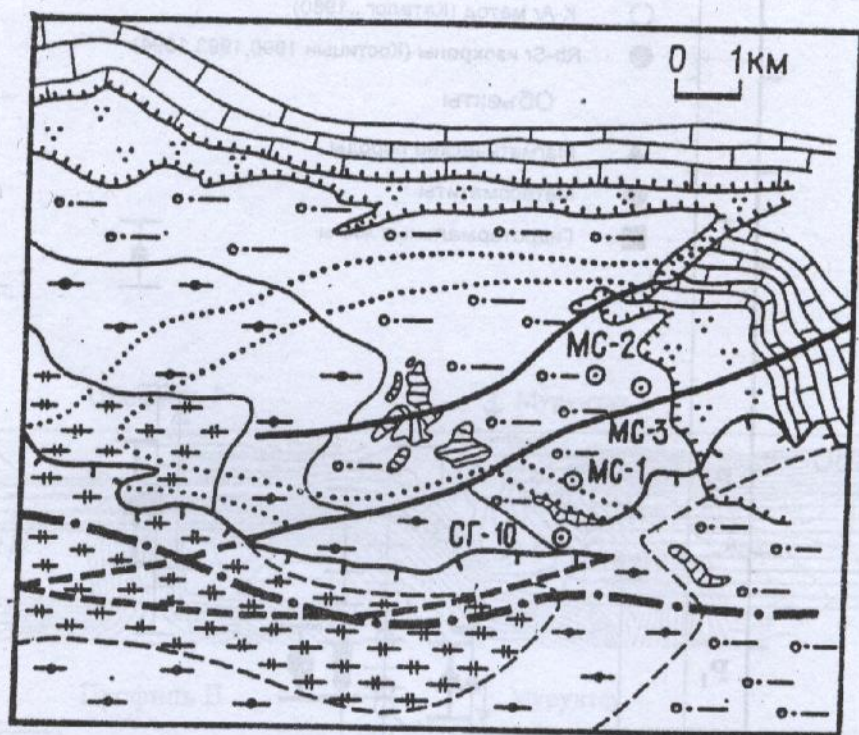


Рис. 5. Схематическая карта Мурунтауского рудного поля, Т.Ш.Шаякубов и др., 1991:

1 — карбонатные отложения, D-C; 2 — подсвиты бесапанской свиты: а — четвертая («зеленый бесапан») bs₄, б — третья («пестрый бесапан») bs₃, в — вторая («серый бесапан») bs₂, з — нижняя bs₁; 3 — предполагаемая ось Тасказганской антиклинали; 4 — линии срывов и надвигов; 5 — дайковые пояса; 6 — разрывные структуры, пунктиром, — под чехлом молодых отложений; 7 — оруденелые кварцевые залежи; 8 — границы подразделений разреза, штриховой линией — под чехлом молодых отложений; 9 — граница выходов фундамента

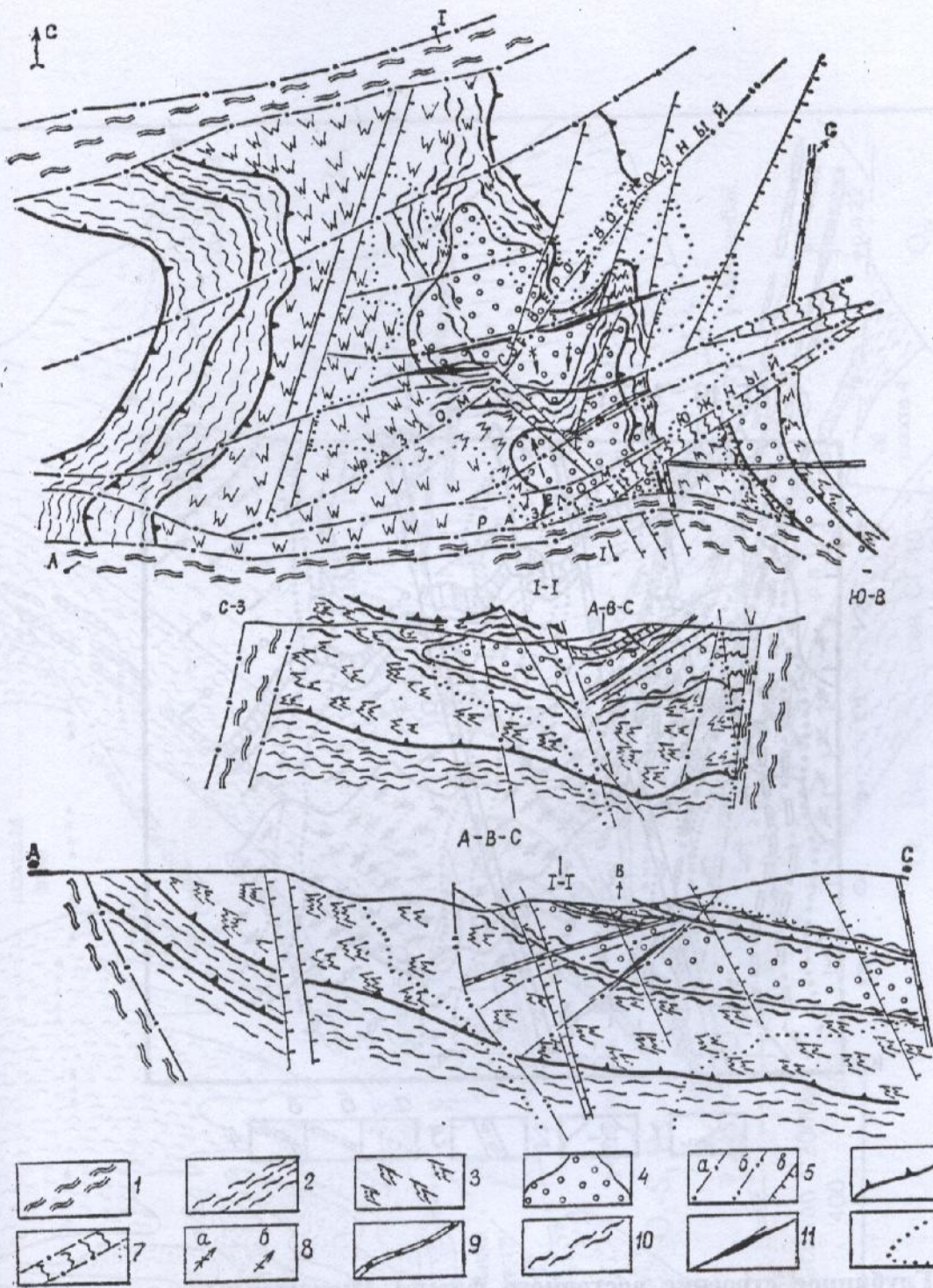


Рис. 6. Схема геологического строения центральной части рудного поля Мурунтау, И.Н.Брагин и др., 1986:

1 — крутопадающие зоны расщепления; 2 — динамосланцы нижнего «яруса» тектонического покрова; 3 — средний «ярус» покрова, характеризующийся интенсивным проявлением складок скалывания и волочения; 4 — блок-будины слабо расщепленных пород; 5 — разломы: продольные (а), диагональные (б), поперечные (в); 6 — надвиги; 7 — зоны приразломной складчатости и милонитизации; 8 — оси брахиформных складок синклинальных (а), антиклинальных (б); 9 — дайки; 10 — пологие жилы и прожилки кварца этапа динамометаморфизма; 11 — крутопадающие кварцевые жилы, сопровождающиеся кварцкалишпатовыми метасоматитами; 12 — контуры распространения «площадных» флогопит-кварцевых метасоматитов

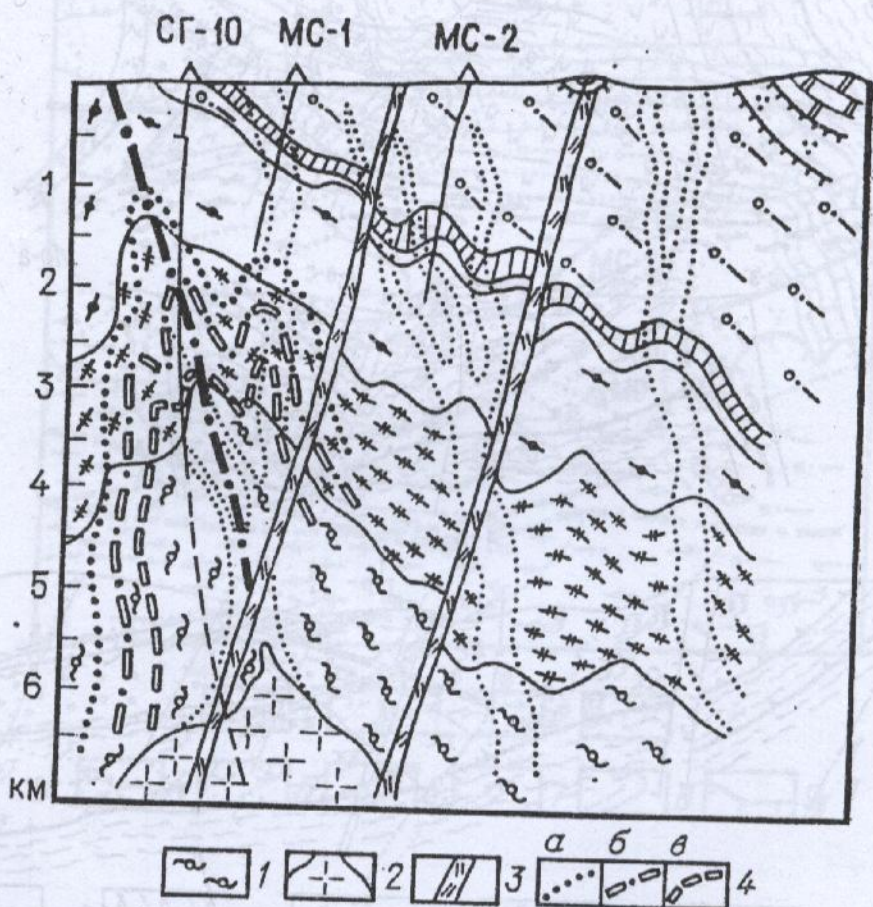


Рис. 7. Глубинное строение восточного фланга Мурунтауского рудного поля, В.М.Донской, В.Г.Яковлев, О.А.Никитина, 1991:

1 — тасказганская (?) свита: кристаллические сланцы с крупночешуйчатым биотитом, углеродисто-слоистые сланцы с андалузитом, биотитизированные слюдисто-кварцевые породы; 2 — предполагаемый гранитоидный интрузив; 3 — разломы; 4 — верхние границы области развития прожилково-метасоматической минерализации: эпидот-амфиболового (а), пироксен-амфиболового (б), гранат-роговообманково-пироксенового составов и пегматитов (в); СГ-10 — сверхглубокая скважина; МС — картировочные скважины

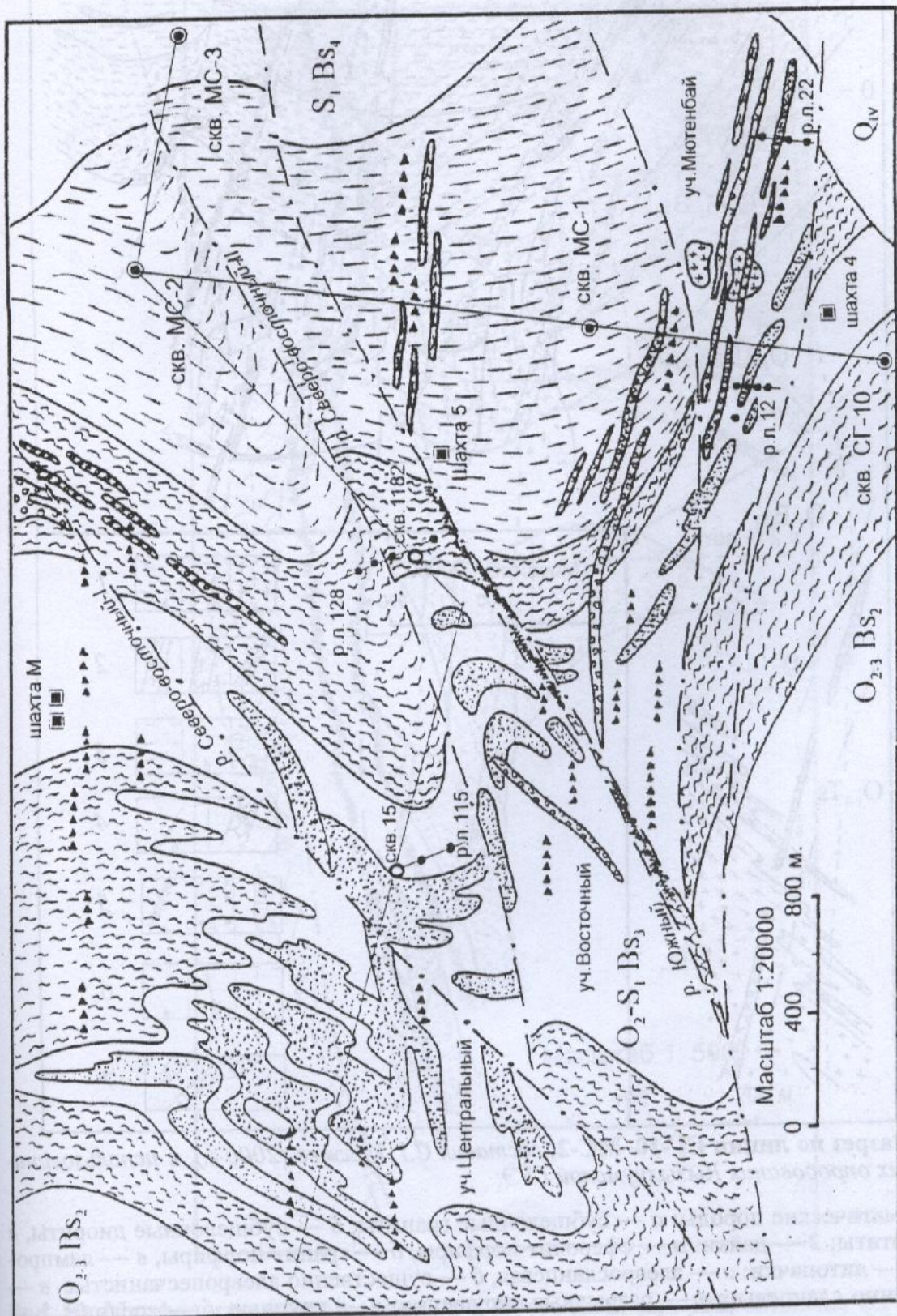


Рис. 8. Схематическая геологическая карта месторождения Мурунтау, составил С.Г.Кряжев, (2000 г.) по материалам Д.Г.Ажгиря, А.Т.Бендика, Ш.Ш.Сабдюшева и др.: усл. обозн. на рис. 9

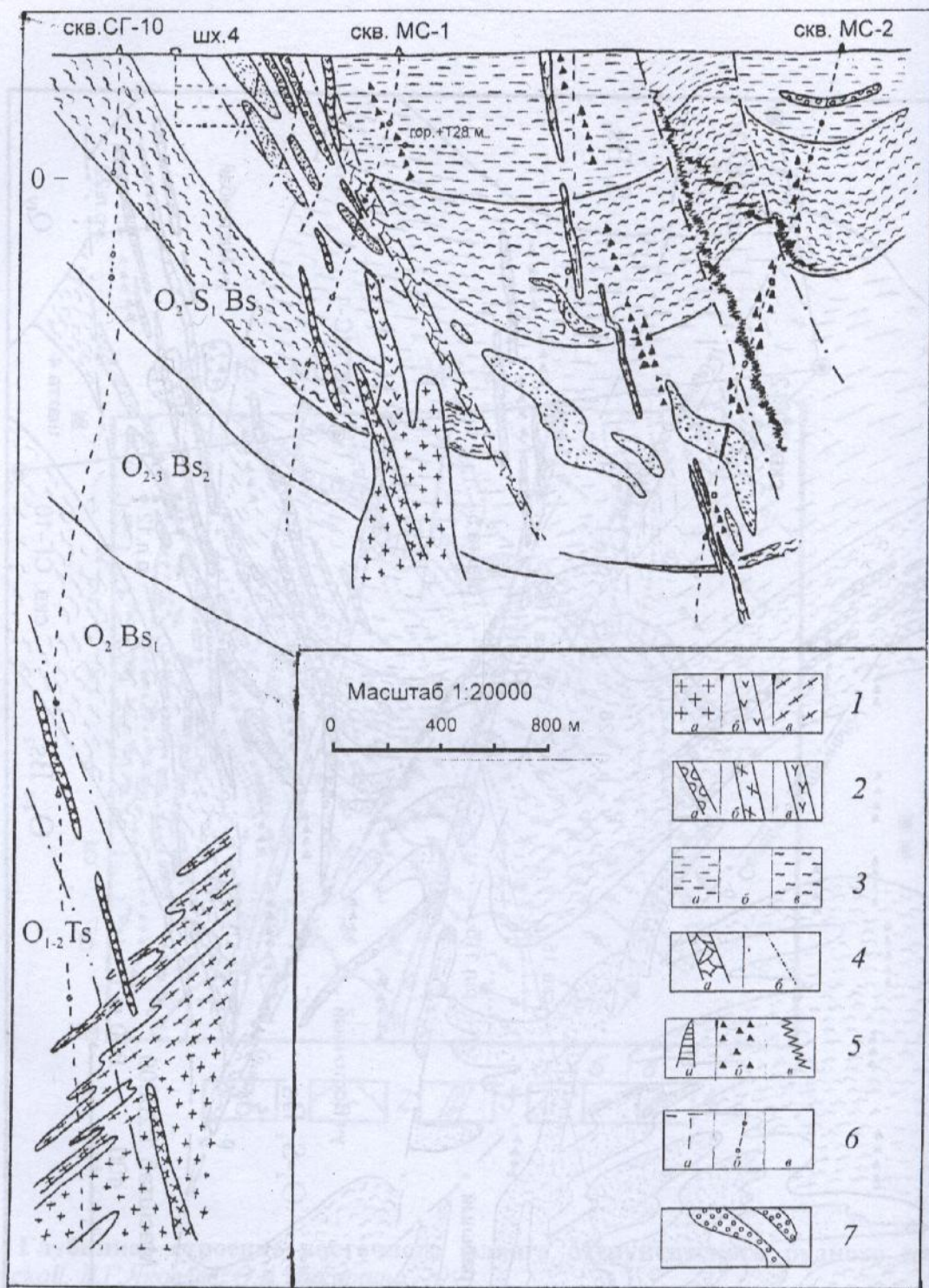


Рис. 9. Разрез по линии СГ-10–МС-2, составил С.Г.Кряжев (2000 г.), с использованием данных опробования Кызылкумской ГРЭ:

1 — магматические породы: а — субщелочные граниты, б — субщелочные диориты, в — мигматиты; 2 — дайки: а — сферолит-порфиры, б — гранит-порфиры, в — лампрофиры; 3 — литопачки: а — алевросланцевая, б — существенно алевропесчанистые, в — существенно сланцевые; 4 — разрывные нарушения: а — крупные, б — средние; 5 — жильные зоны: а — кварц-1, б — кварц-3+турмалин, в — кварц-4; б — подземные выработки и скважины: а — безрудные пересечения, б — немасштабные проявления Au, в — рудные пересечения; 7 — контуры рудных тел

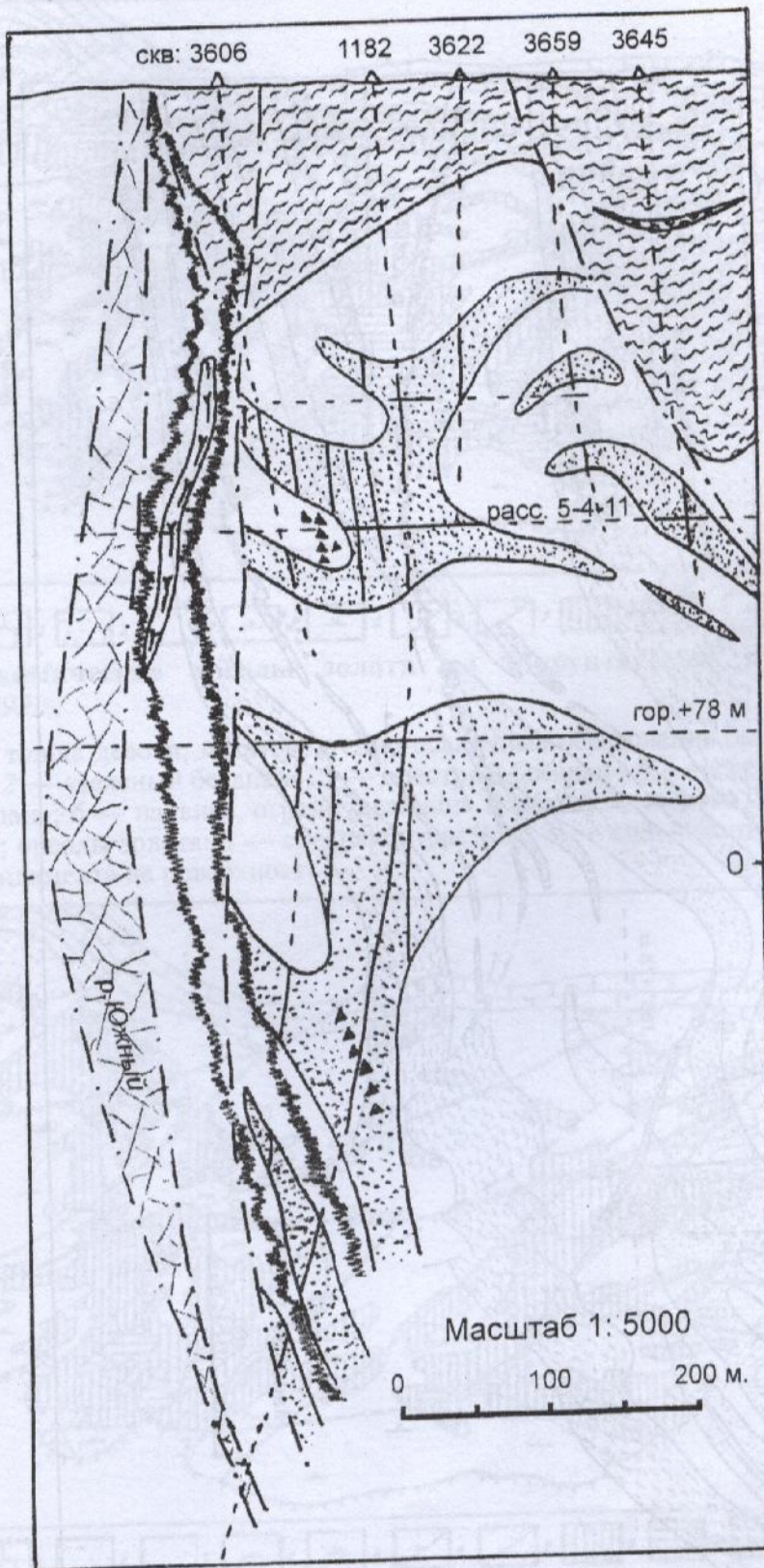


Рис. 10. Морфология рудной залежи уч. Восточный р.л. 128, составил С.Г.Кряжев (2000 г.) с использованием данных опробования Кызылкумской ГРЭ:

усл.обозн. на рис.9

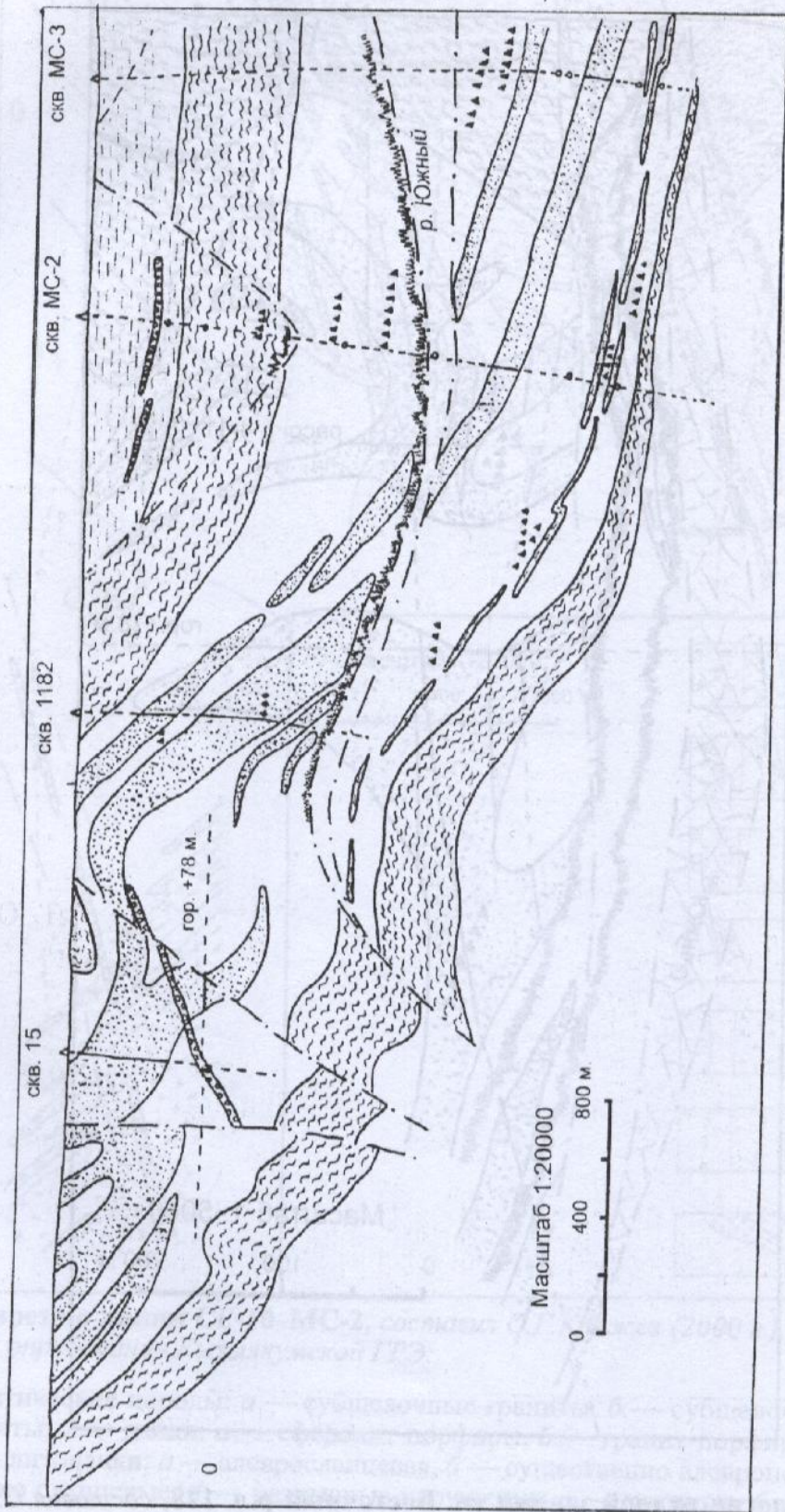


Рис. 11. Разрез по линии скважин 15-1182-МС-2-МС-3, составил С.Г.Кряжев с использованием данных отработки Кызылкум-ской ГРЭ (2000 г.):

усл. обозн. на рис. 9

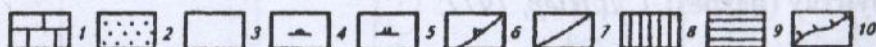
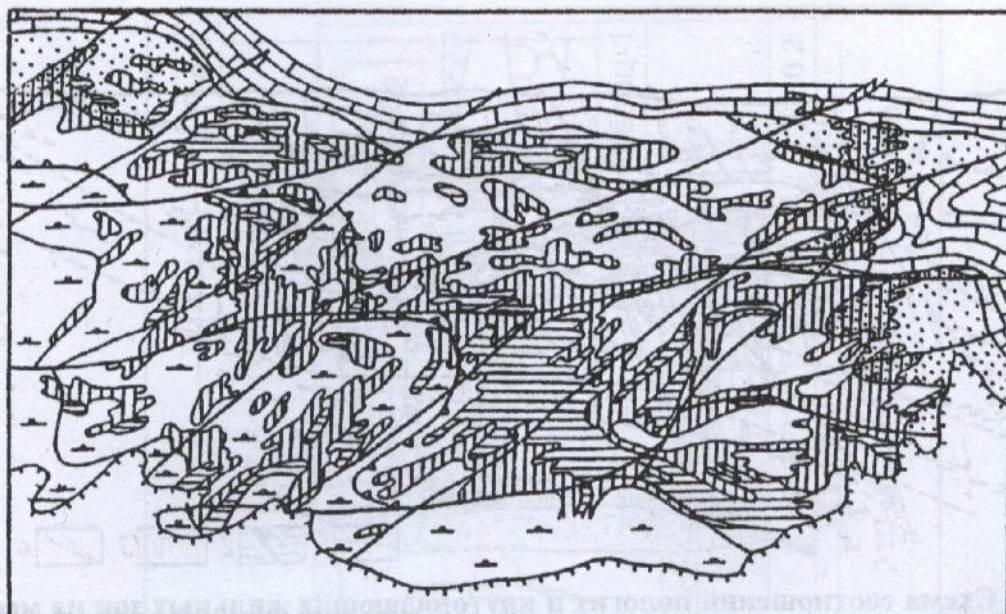


Рис. 12. Литохимические ореолы золота на Мурунтауском рудном поле, А.И.Образцов, 1992:

1 — карбонатная толща девона; метатерригенно-осадочные образования бесапанской свиты с подсветами; 2 — «зеленый бесапан», 3 — «пестрый бесапан», 4 — «серый бесапан», 5 — «нижний бесапан»; 6 — надвиги, ограничивающие подсвету «пестрого бесапана»; 7 — секущие разломы; ореолы золота: 8 — среднеконтрастные, 9 — сильноконтрастные; 10 — выходы пород фундамента на поверхность

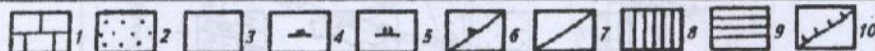
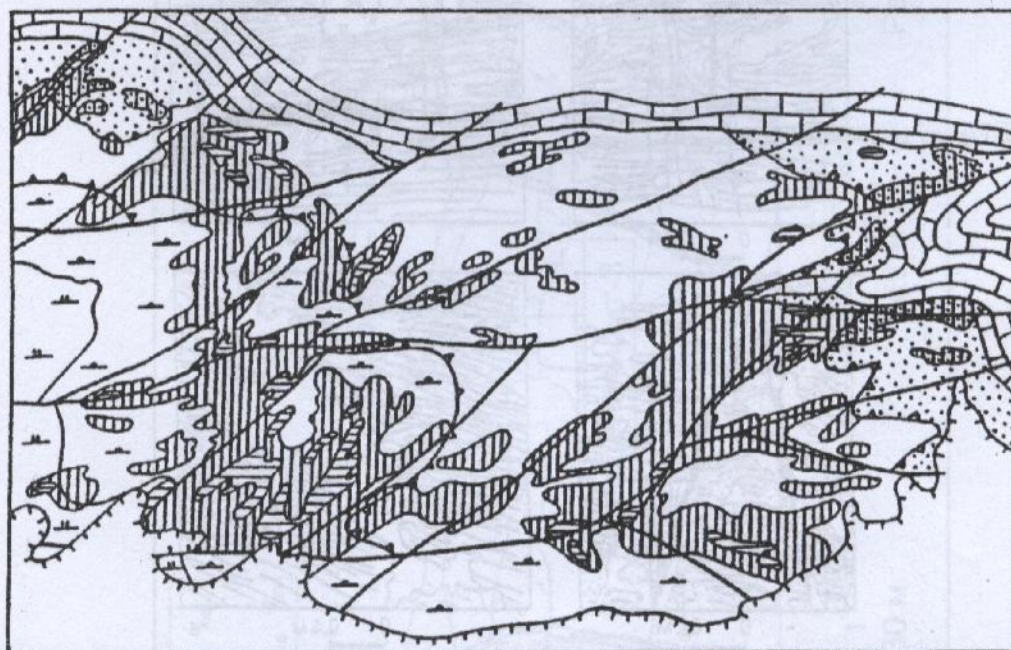


Рис. 13. Литохимические ореолы мышьяка на Мурунтауском рудном поле, А.И.Образцов, 1992:

1-7, 10 — усл. обозн. на рис.9; ореолы мышьяка: 8 — среднеконтрастные, 9 — сильноконтрастные



Рис. 14. Схема соотношений пологих и крутопадающих жильных зон на месторождении Мурунтау (разрез), С.Д.Шер, 1972:

1 — границы пачек с различными соотношениями филлитовых сланцев и алевролитов; 2 — кварцевые жилы и прожилки; 3 — кварц-сульфидные и сульфидные прожилки; 4 — тектонические нарушения

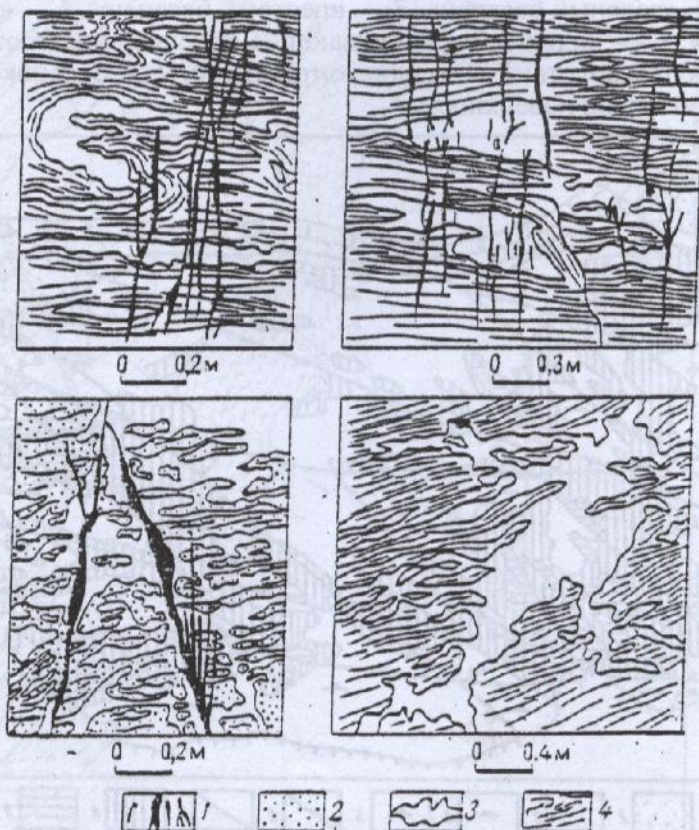


Рис. 15. Морфология кварцевых и сульфидных прожилков, А.Бендик, 1986:

1 — кварц-пирит-арсенопиритовые прожилки; 2 — участки интенсивного окварцевания пород; 3 — кварцевые прожилки; 4 — сланцы и алевролиты

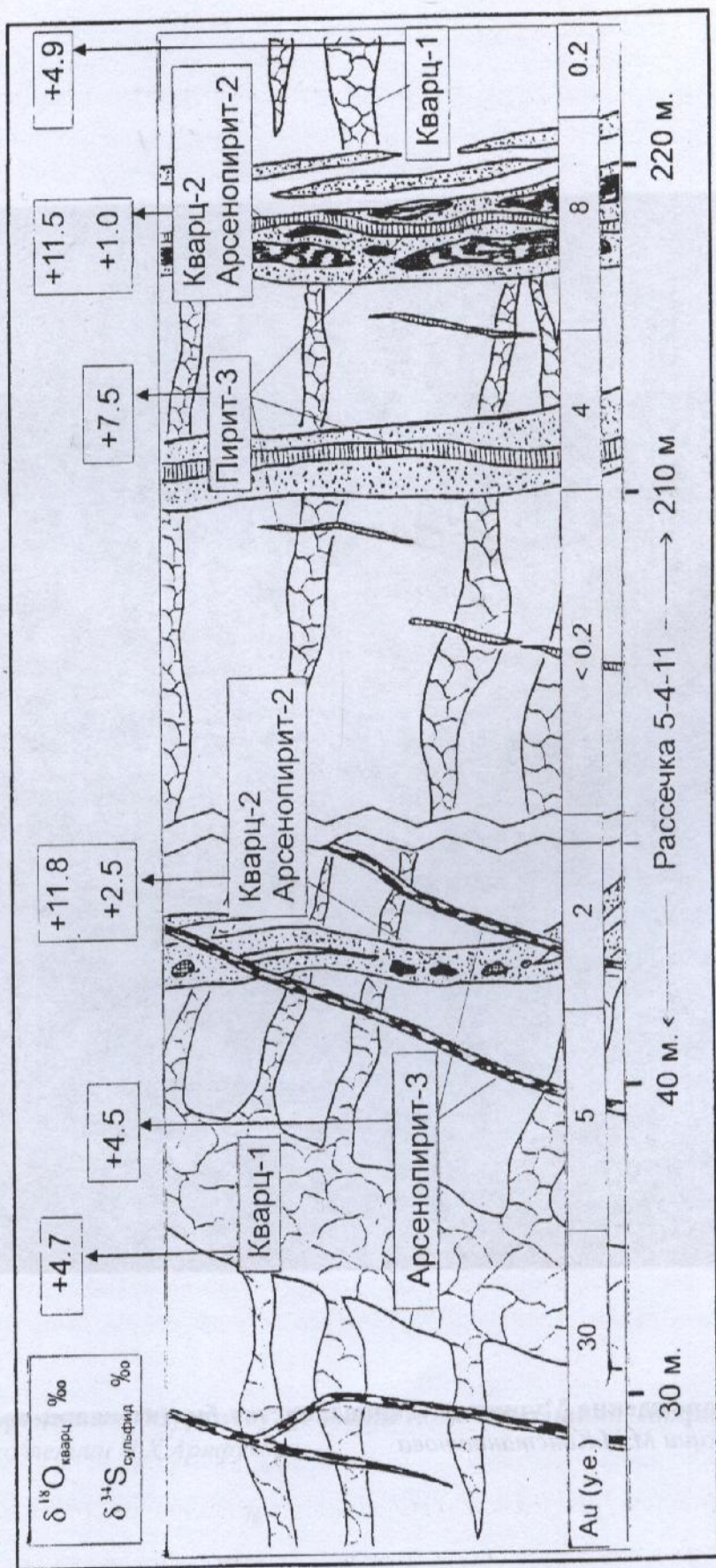


Рис. 16. Временные соотношения разновозрастных кварц-сульфидных жил, Г.С.Кряжев, (2000 г.)



Рис. 17. Месторождение Мурунтау. Тонкослоистая биотит-кварц-полевошпатовая руда, из коллекции М.М.Константинова



Рис. 18. Месторождение Мурунтау (Узбекистан). Массивная кварц-полевошпатовая руда, из коллекции Ч.Х.Ариффулова

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ШКОЛЬНОЕ*

Расположено в Магаданской области, на юго-восточном фланге Яно-Колымского золотоносного пояса, в пределах Аян-Юрхской золотоносной зоны и относится к Дусканьинскому рудному узлу, объединяющему группу коренных и россыпных месторождений золота в терригенном верхоянском комплексе.

Центральным элементом структуры рудного поля является Бургагинский шток гранитоидов, вмещающий основные рудные тела месторождения. Площадь штока около 2,6 км², форма в плане овальная. Он вытянут в северо-восточном направлении на 3 км и в поперечнике достигает 1 км. Контакты штока с вмещающими породами неровные, крутые и падают под углами 70–90° к центру. Шток имеет полифациальный состав и сложен диоритами, габбро-диоритами, тоналитами, гранодиоритами, биотитовыми гранитами.

Абсолютный возраст гранитоидов штока 127–152 млн. лет.

Интрузивная деятельность завершилась внедрением большого количества даек основного, среднего и кислого состава, сконцентрированных в центральной и северной частях рудного поля. Простираение даек субширотное, мощность от десятков см до 10–20 м. Протяженность от десятков м до 2000 м, углы падения крутые. Дайки имеют дорудный возраст, при пересечении рудными телами подвергнуты значительным гидротермальным изменениям, иногда вмещают рудные тела.

Основной рудоконтролирующей структурой района является Южная зона разломов, состоящая из серии субпараллельных взбросов, взбросо-сдвигов, амплитуда перемещений по которым не превышает 100 м. Мощность зоны в пределах рудного поля варьирует от 0,5 до 1,5 км, увеличиваясь к юго-востоку. Мощность отдельных швов, сложенных зонами дробления, достигает 40 м. Падение их северо-восточное под углом 80°. Южная зона разломов, являясь составной частью Дусканьинской золотоносной зоны, контролирует размещение золоторудных месторождений и проявлений.

На площади рудного поля выделяются грейзенизированные и аргиллизированные породы и скарноиды. Грейзены распространены ограниченно, преимущественно на флангах рудных тел и являются дорудными. Аргиллизированные породы сопровождают и вмещают рудные тела. Скарноиды отмечаются на флангах месторождения в известковистых песчаниках и алевролитах, на глубоких горизонтах месторождения в диоритах.

Вмещающие шток породы ороговикованы на расстоянии 200–300 м от контакта. Рудовмещающие зоны дробления и трещиноватости метасоматически переработаны до серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитов и кварцитов, содержащих пирит и арсенопирит до 5%. Их мощность от 0,5 м до первых метров, мощность измененных пород до 20–100 м.

Золоторудная минерализация приурочена к кварцевым жилам, залегающим в субширотных зонах дробления и повышенной трещиноватости гранитоидов.

Всего выделяется три таких зоны: Северная, Центральная и Южная. Протяженность их 800–2000 м, мощность от 100–200 до 300–500 м. Мощность отдельных текто-

* Материалы Е.В.Белькова, М.З.Зиннатуллина, Ю.В.Толстихина (1992 г.)

нических структур, вмещающих рудные тела, обычно 0,5–5 м, падение крутое к югу. Выявленное промышленное оруденение сосредоточено в Центральной зоне.

Зоны сопровождаются линейными аномалиями низкого сопротивления, в пределах которых выделяются участки повышенной поляризуемости и сопротивления, связанные с зонами окварцевания и сульфидизации.

В пределах рудовмещающих зон рудные тела представлены кулисами. Обогащенные полезными компонентами части рудных тел отмечаются в местах пологого залегания кулис, в местах их сочленения с крутопадающими широтными разрывами.

Рудные тела месторождения представлены преимущественно кварцевыми жилами и зонами прожилкования. Повышенные, иногда до промышленных, содержания золота отмечаются во вмещающих жилах серицит-гидрослюдисто-кварцевых метасоматитах, с тонким кварцевым прожилкованием, и в минерализованных зонах дробления с обломками жил. Протяженность жил 20–200 м, мощность 0,5–1,5 м. Жилы массивные, сложены мелко- и среднекристаллическим кварцем.

Объем рудных минералов в составе жил обычно не превышает 1–3%, количество их — около 60. Основными рудными минералами являются: золото, сложный комплекс сульфосолей (среди которых преобладает фрейбергит), пирит и арсенопирит.

Характер распределения золотой минерализации крайне неравномерный, имеются рудные столбы, бананцы, гнезда. Золото-серебряное отношение 1:1 (в целом по месторождению), повышается в рудных столбах. Основная часть металла (75%) заключена в кварцевых жилах, при среднем содержании около 50 г/т. Оставшиеся 25% золота сосредоточены в метасоматитах экзоконтактов жил, при среднем содержании около 7–100 г/т.

В гнездах богатых руд (при борте 5,5 г/т) в ограниченном объеме руды (10–19% объема рудных тел) сосредоточено подавляющее количество металла (50–85% запасов рудных тел). Форма гнезд близка к изометричной. Размеры их достигают 46 м, в среднем изменяются от 3 до 13 м, и уменьшаются с глубиной. Расстояние между гнездами достигает 35 м, в среднем составляет 8–10 м.

В региональном плане рудное поле месторождения фиксируется повышенными содержаниями золота и мышьяка в донных осадках.

Геохимическое поле, приуроченное к месторождению Школьное, характеризуется концентрически зональным строением. Центральная его часть, совпадающая со штоком гранитоидов, представлена комплексной аномалией золота, мышьяка, вольфрама и частично висмута. Фланговые области (экзоконтакт массива) представлены аномалиями халькофильных элементов.

В первичных ореолах рудных тел установлены аномальные содержания золота (до 5 г/т), серебра (до 5 г/т), мышьяка (более 1%), вольфрама и сурьмы (более 30 г/т). Содержание вольфрама с глубиной возрастает.

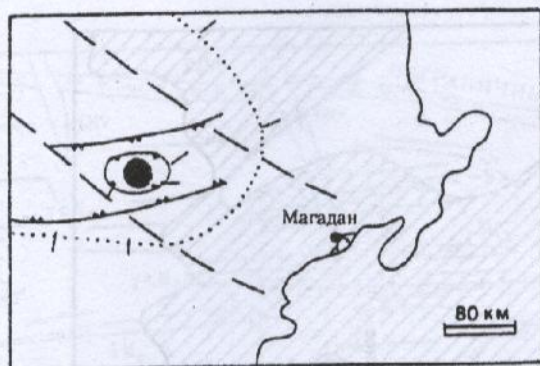
Тектонически ослабленные зоны, выделяемые по линейным аномалиям значительной мощности (до 200–300 м), понижениям магнитного (до 200 нТл) и электрического полей (100–200 Ом м) соответствуют разрывным нарушениям: Пограничному, Интрузивному, Южному разломам.

Центральная рудная зона четко выделяется достаточно мощной (до 300 м) линейной низкоомной зоной в методе срединных градиентов, с наличием отдельных локальных аномалий повышенного сопротивления и поляризуемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельков Е.В., Зиннатуллин М.З., Толстихин Ю.В. Золото-кварцевая формация. Месторождение Школьное // Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М., 1992.
2. Роземблум И.С., Фадеев А.П. Геологические особенности новых золоторудных месторождений Северо-Востока СССР / Колыма, Магадан, 1990, № 5.
3. Фирсов Л.В. Золото-кварцевая формация Яно-Кольмского пояса. – М.: Наука, 1985.

I



II

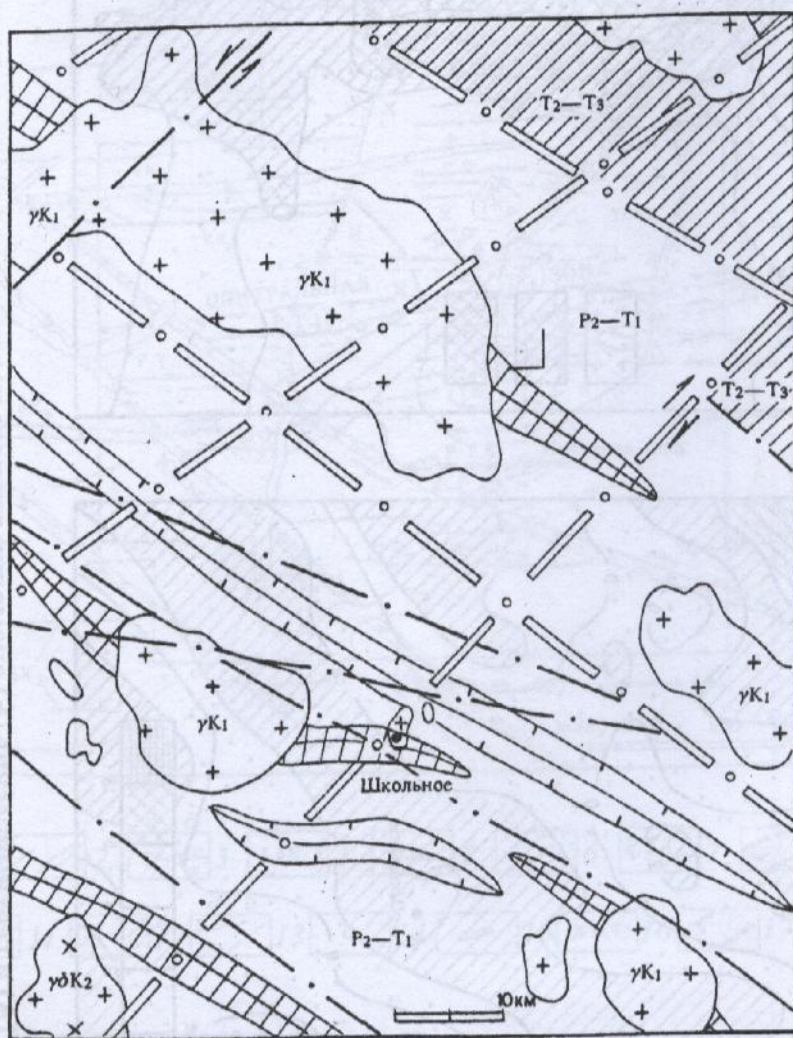


Рис. 1. Позиция месторождения (I) в металлогенической зоне Яно-Колымского золотоносного пояса и позиция рудного поля (II) в региональных структурах:

I. 1 — юго-восточный фланг Яно-Колымского золотоносного пояса; 2 — Лян-Юрхская зона золотого оруденения; 3 — Дусканьинский рудный узел; 4 — месторождение Школьное

II. 1 — осадочные глинисто-алевролитовые отложения 1-го структурного яруса; 2 — осадочные отложения 2-го структурного яруса; 3 — интрузии гранитов, гранодиоритов; 4 — интрузии габбро, диоритов, гранодиоритов; 5 — линейные интуклинальные складки; 6 — линейные синклинальные складки; 7 — глубинные разломы; 8 — разрывные нарушения

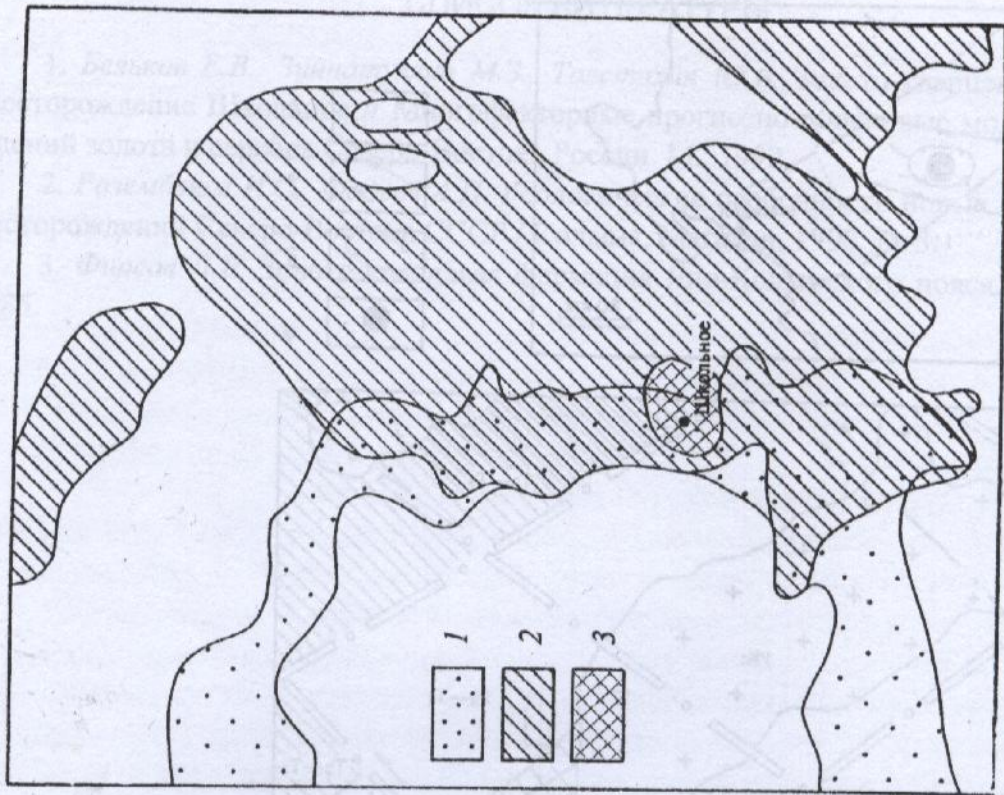
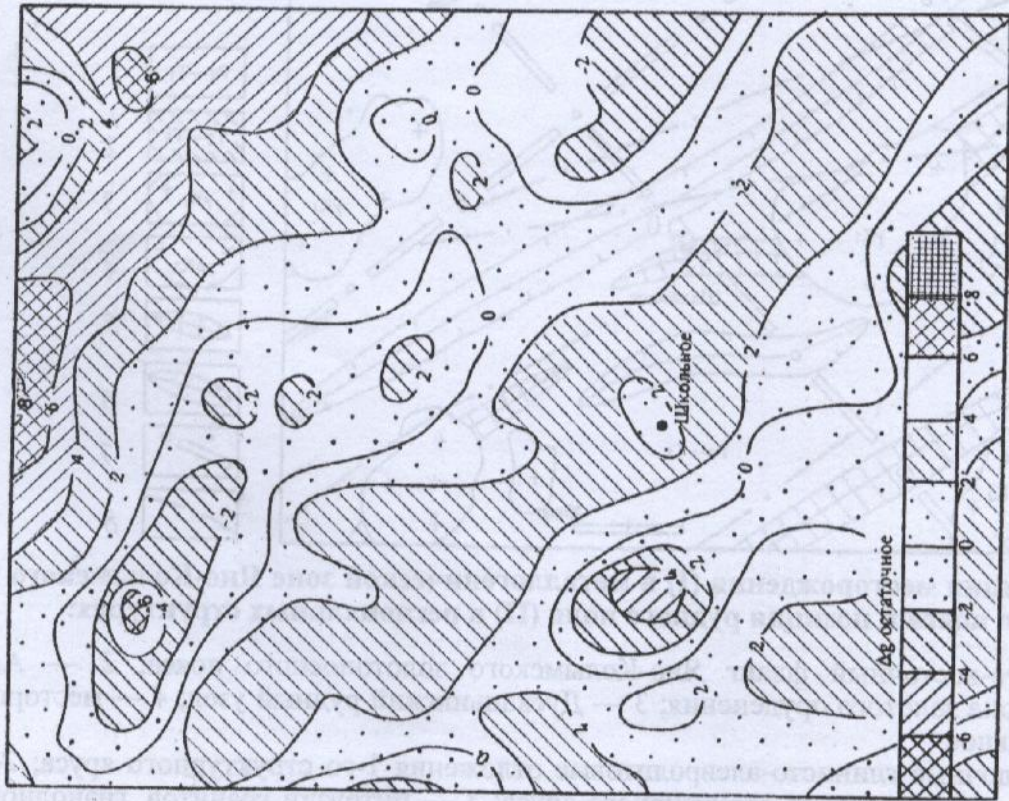


Рис. 2. Гравиметрические (А) и геохимические (Б) аномалии рудного поля:

Б. 1 — комплексные аномалии свинца, молибдена, вольфрама; 2 — аномалия мышьяка; 3 — мультипликативный ореол AuAs ($>50 \times 10^{-8}$)

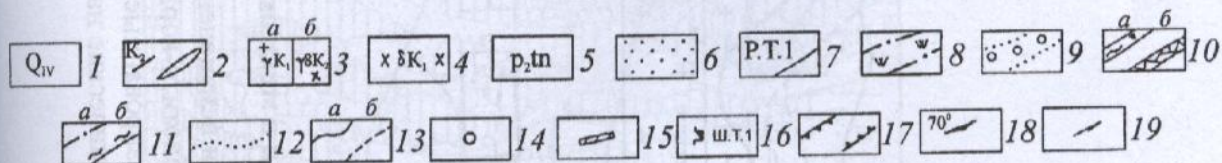
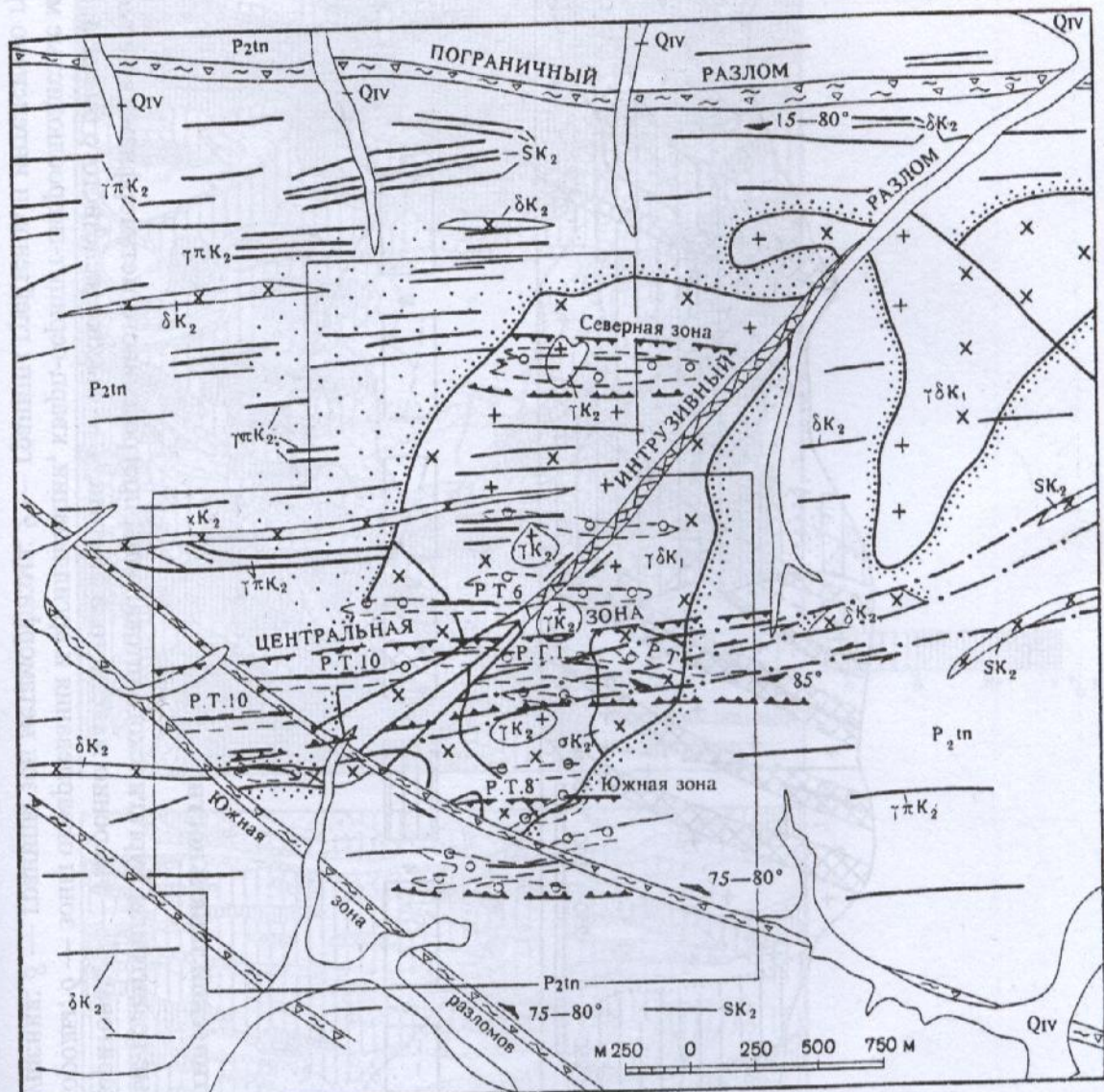


Рис. 3. Модель рудного поля:

1 — четвертичные отложения; 2 — дайки диоритовых порфиров ($\delta\pi$), лампрофиров (x), гранит-порфиров ($\gamma\pi$), дацитов (ζ); 3 — граниты (a), гранодиориты ($б$); 4 — диориты; 5 — Тенькинская свита, песчано-глинистые отложения; 6 — ороговикованные породы; 7 — рудное тело и его номер; 8 — метасоматиты (березиты); 9 — окварцованные и аргиллизированные породы; 10 — зоны дробления (a) и трещиноватости ($б$) пород; 11 — тектонические трещины; 12 — границы гидротермально измененных пород; 13 — геологические границы четкие (a), нечеткие ($б$); 14 — точки вскрытия рудного тела на вертикальной проекции; 15 — траншеи; 16 — устье штольни и ее номер; 17 — границы рудных зон; 18 — углы падения разломов; 19 — направление перемещения по разломам

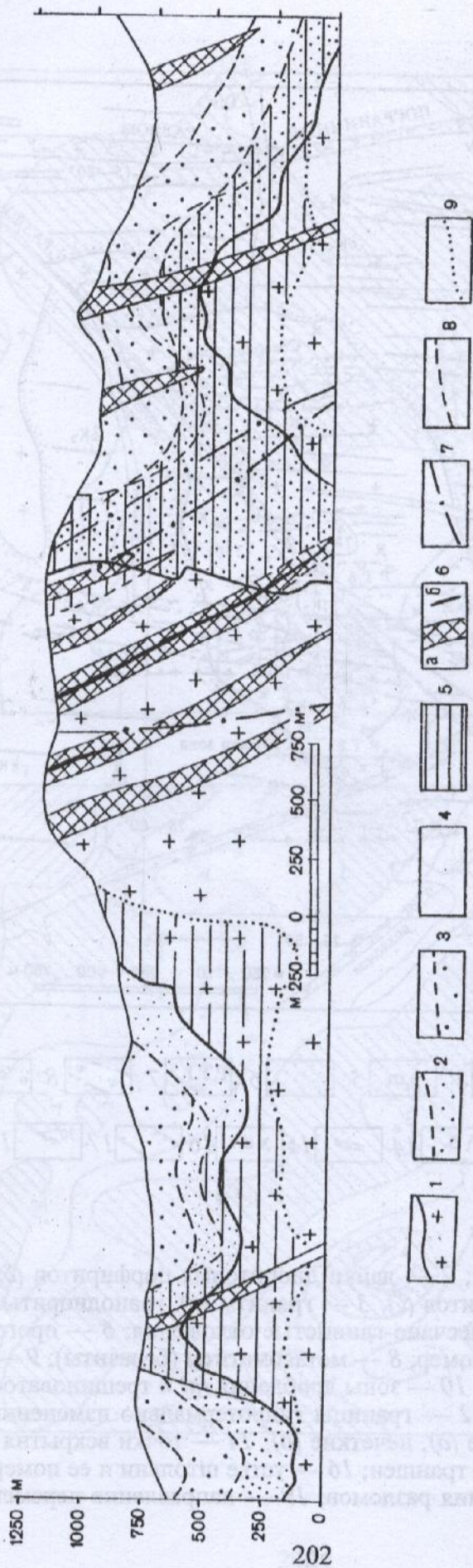


Рис. 4. Схема метаморфической и метасоматической зональности:

1 — слабо грейзенизированные и неизмененные гранитоиды Бургагинского штока; зоны прогрессивного метаморфизма в пермских терригенных отложениях; 2 — биотито-кордиеритовая, 3 — умеренно железистого биотита, 4 — высоко железистого биотита; 5 — грейзены и интенсивно грейзенизированные породы; 6 — зоны окварцевания и аргиллизации, кварц-серцитит-гидрохлоридистые метасоматы (брезиты); 7 — тектонические нарушения; 8 — границы зон метаморфизма; 9 — границы грейзенов и интенсивно грейзенизированных пород

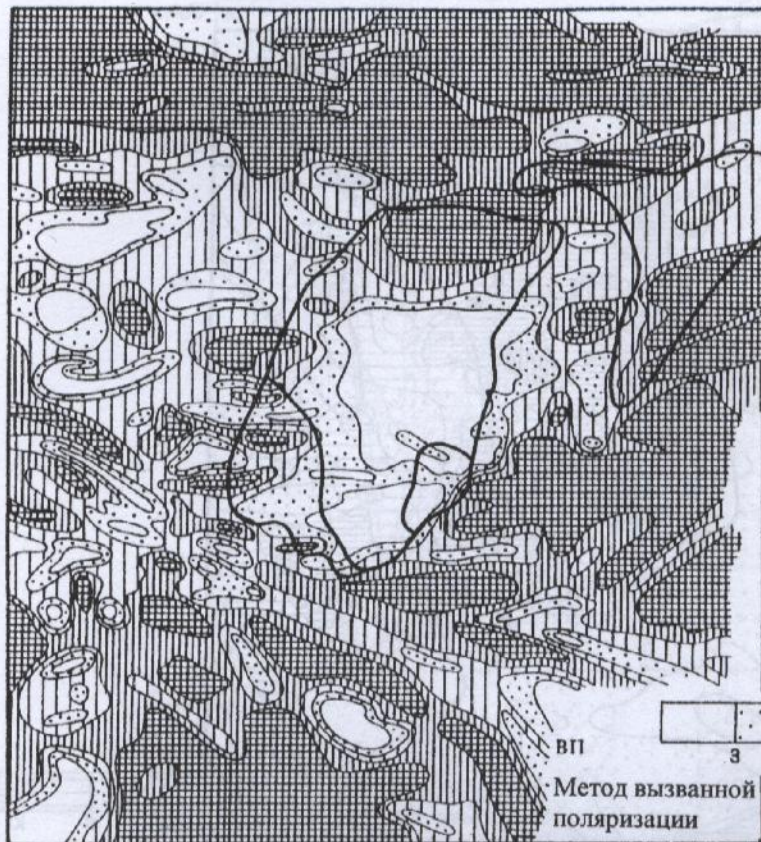
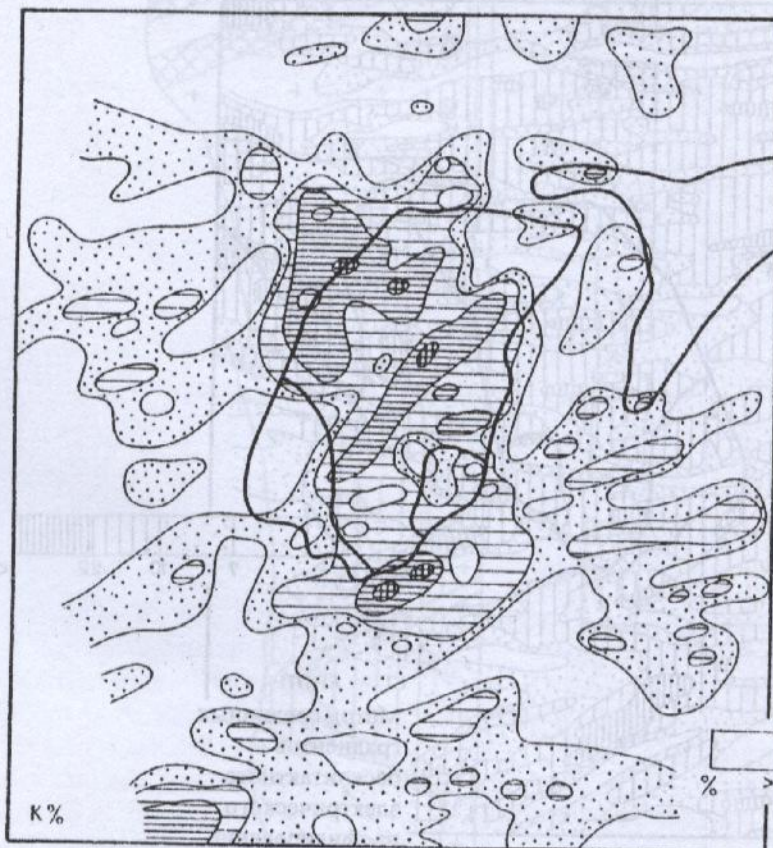
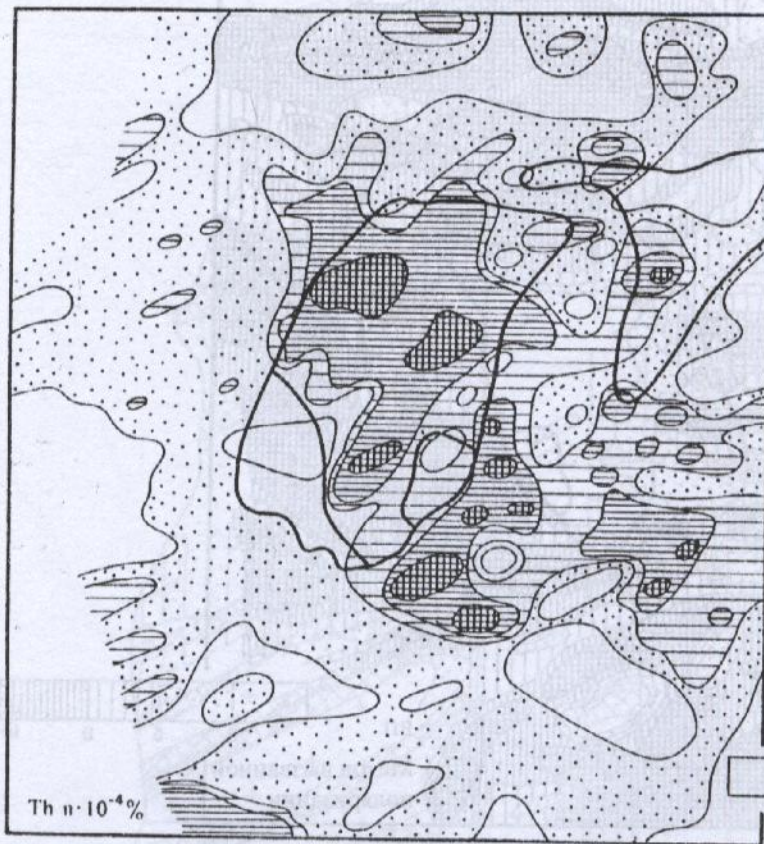


Рис. 5. Отражение рудного поля в электрофизических и радиометрических полях



Продолжение рис. 5

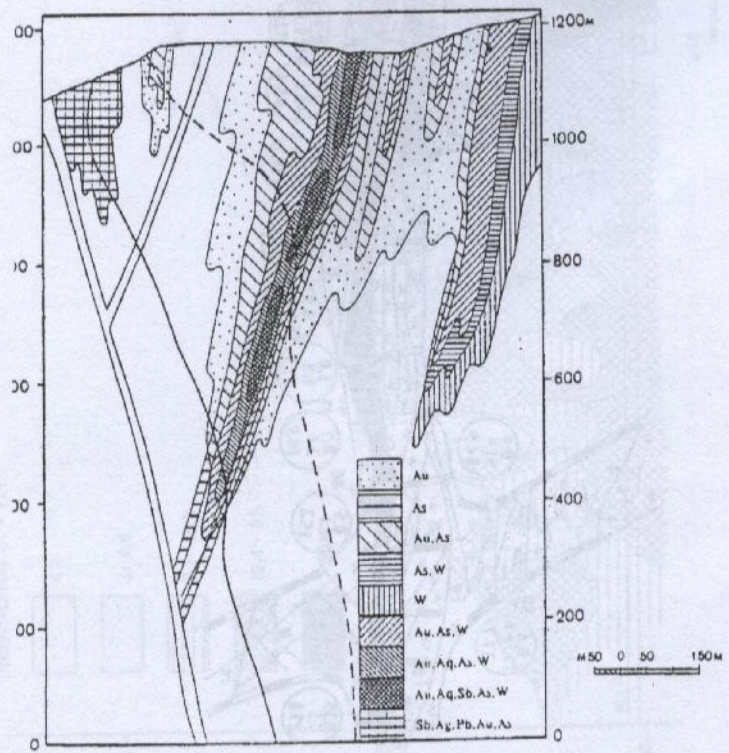
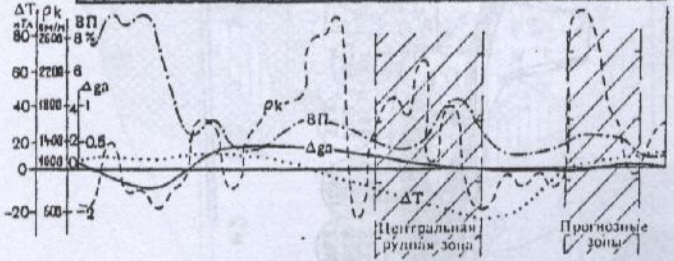
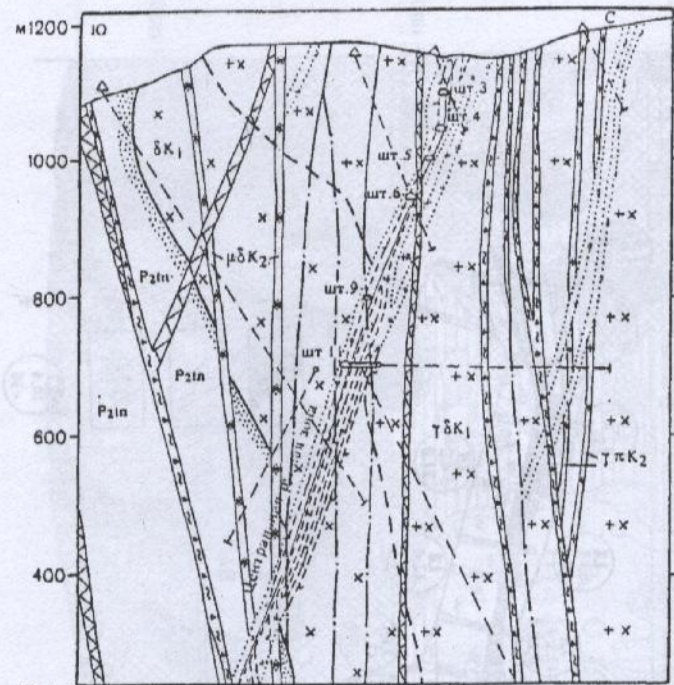


Рис. 6. Модель рудной зоны

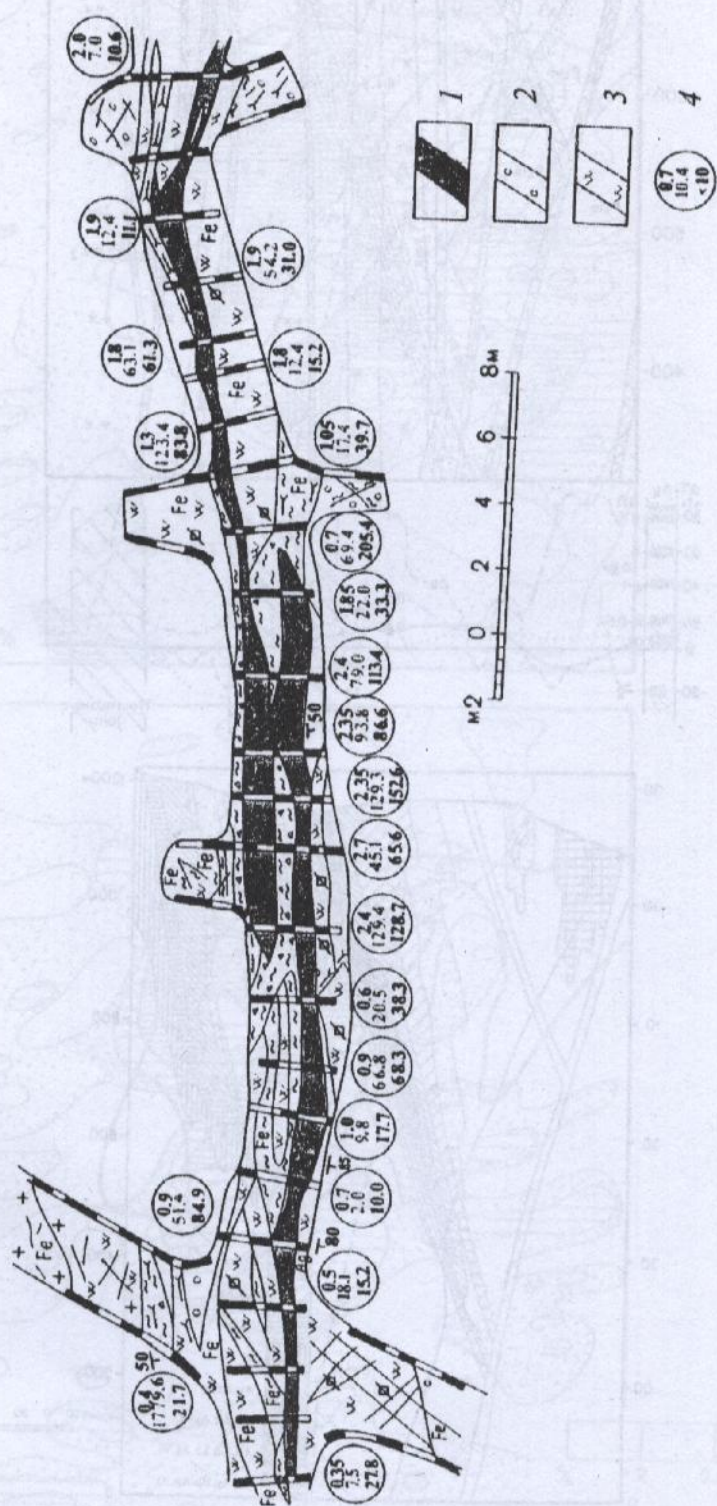


Рис. 7. Морфология рудных тел. Рудное тело № 1, Кулиса Западная:

1 — кварцевые жилы; 2 — зоны окварцевания; 3 — березиты 4 — параметры рудных тел: мощность, содержание золота и серебра (г/т)

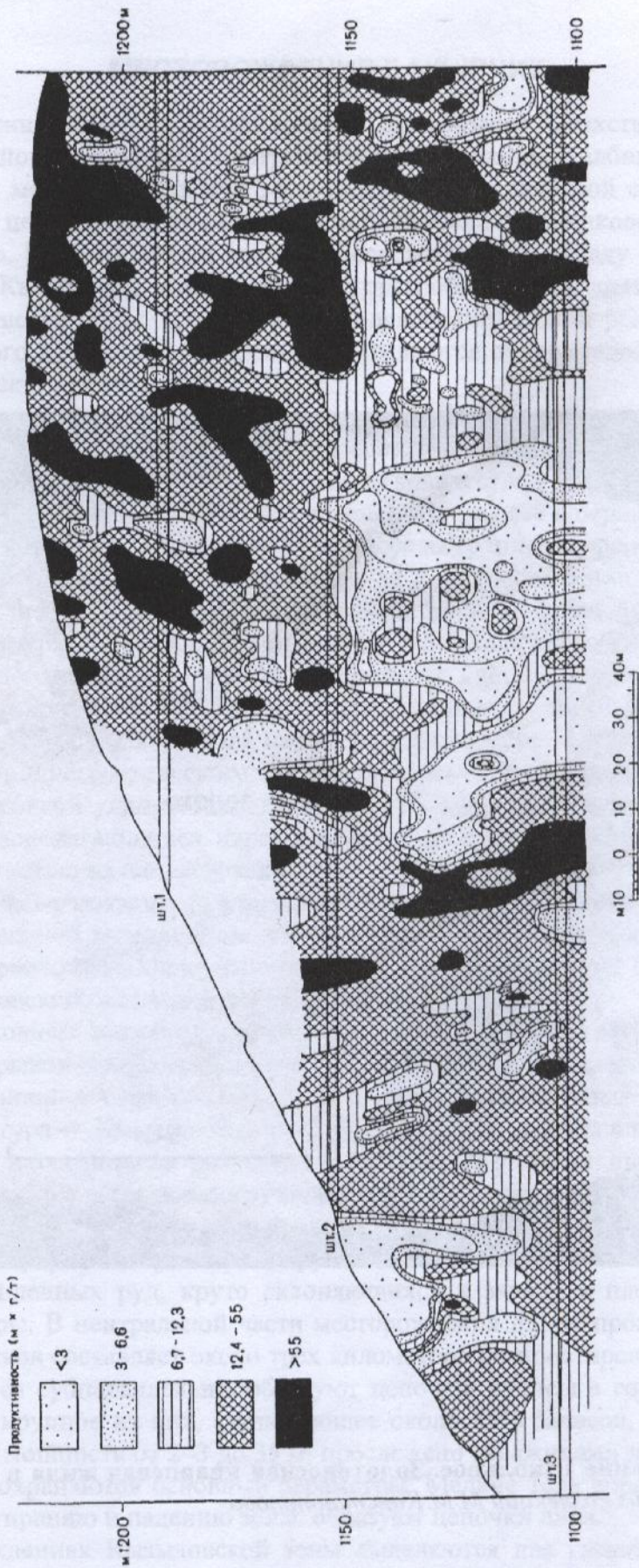


Рис. 8. Распределение продуктивности золота в плоскости рудного тела



Рис. 9. Месторождение Школьное. Золотоносная кварцевая жила в березитизированных гранитах, из коллекции М.М.Константинова

МЕСТОРОЖДЕНИЕ БАКЫРЧИК

Месторождение Бакырчик расположено в Центральном Казахстане. Бакырчикский золоторудный район приурочен к центральной части Западно-Калбинской структурно-формационной и металлогенической зоны Зайсанской складчатой системы герцинид. Зона, имеющая в целом синклинорное строение, сложена песчаниково-алевролитовыми толщами карбона. В своей осевой части, непосредственно к западу от Бакырчикского района, Западно-Калбинская зона осложнена горстообразным поднятием Чарской подзоны, где обнажаются более древние (силуро-девонские) толщи раннегеосинклинального офиолитового комплекса, которыми подстилаются рудовмещающие терригенные толщи Бакырчикского района.

Интрузивные образования рудного поля и прилегающего к нему района представлены дорудными дайками преимущественно основного и среднего состава (от габбро-диабазов до диорит-порфиров) и в подчиненном количестве — умеренно кислыми гранитоидами (гранодиорит-плагιοгранит-порфиры). Кроме даек в периферических частях рудного узла встречаются единичные мелкие массивы гранит-порфиров и габброидов.

Рудоносная гравелит-конгломератовая пачка пород мощностью 40–50 м сложена гравелитами с углистым цементом, содержащими многочисленные прослой мелкообломочных конгломератов, осадочных брекчий, в том числе своеобразных «мусорных» брекчий крайне неоднородного гранулометрического состава. Нередки прослой углистых аргиллитов и алевролитов, встречаются маломощные (до 20 см) пропластки каменного угля. В обломочных породах наблюдаются своеобразные текстуры, связанные с проявлением синдиagenетического расщепления. Они выражены четкой параллельной ориентировкой удлиненных обломков в гравелитах, конгломератах и осадочных брекчиях, располагающихся параллельно плоскости Кызыловского надвига под косым углом к плоскостям напластования.

Структура Бакырчикского рудного поля определяется строением Кызыловского грабена и одноименной рудной зоны, которая объединяет серию промышленных рудных участков с прожилково-вкрапленным оруденением, сменяющих друг друга по простиранию Кызыловского надвига и рудовмещающей толщи.

Система основных тектонических элементов, осложняющих грабен, представляет собой каркас разрывов северо-западной и субширотных систем надвигового и сдвигово-взбросового типов и ограниченных ими параллелепипедальных блоков. Крупная надвиговая структура — Кызыловская зона разрывов — протянута в широтном направлении на 11 км и ограничена на западе и востоке разломами продольной северо-западной системы. Зона разрывов погружена к северу под углом 40–50°.

В Кызыловской зоне насчитывается около двух десятков рудных тел линзовидной и более сложных форм, которые группируются в несколько залежей вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд, круто склоняющихся к западу в плоскости рудовмещающей структуры. В центральной части месторождения длина промышленных и забалансовых участков составляет около трех километров по простиранию зоны. Рудные тела располагаются субпараллельно, образуют цепочки, кулисы в горизонтальном сечении. Наиболее крупное из них, заключающее около 85% запасов, имеет протяженность около 1 км, мощность от 2–3 до 35 м, прослежено скважинами на 400 м по вертикали. При этом сохраняются основные параметры. Мелкие тела вкрапленных руд разобщены по простиранию и падению зоны, образуют цепочки линз.

На месторождениях Кызыловской зоны выделяются два главных морфологических типа рудных тел: 1) крупные столбообразные рудные тела, имеющие в горизонтальном сечении форму коротких линз с апофизами; 2) сравнительно выдержанные по

мощности, протяженные, уплощенные рудные тела. По падению и простиранию рудной зоны отмечаются переходы одного типа в другой. Кроме двух главных морфологических типов рудных тел, составляющих промышленную основу месторождения, выделяются сульфидно-кварцевые жилы, узкие зоны линейных штокверков и прожилково-вкрапленные руды в дайках.

Распределение золотосодержащих сульфидов в контурах промышленных руд прожилково-вкрапленного типа неравномерное, наряду с полосами высоких концентраций в различных частях рудного тела обнаруживаются участки с убогой вкрапленностью, слабо золотосодержащие. Руды различаются по соотношению вкрапленных пирита и арсенопирита, по распространенности тонких кварцево-карбонатных прожилков, по насыщенности и характеру распределения сульфидной вкрапленности, по размеру зерен, кристаллографическим формам сульфидов, типу их сростаний и другим признакам. Установлено четыре типа руд: вкрапленные и прожилково-вкрапленные в терригенных осадочных породах (более 90%); вкрапленные в березитизированных дайках кислого состава; кварцево-жильные; вкрапленные в карбонатных породах. Вещественный состав руд очень беден, основными минералами являются пирит, арсенопирит, кварц и карбонаты, углеродистое вещество. Сульфиды (кроме пирита и арсенопирита) распространены незначительно.

Рудообразование происходило в четыре стадии: дорудную, приведшую к общему окварцеванию, карбонатизации, серицитизации и графитизации пород; раннюю рудную — выделение кварца, серицита, арсенопирита, пирита; полиметаллическую и кварцево-антимонитовую. Главная пирит-арсенопиритовая продуктивная ассоциация представлена мелкозернистым пиритом и арсенопиритом, содержащими тонкодисперсное, реже субмикроскопическое золото, сингенетичное этим сульфидам.

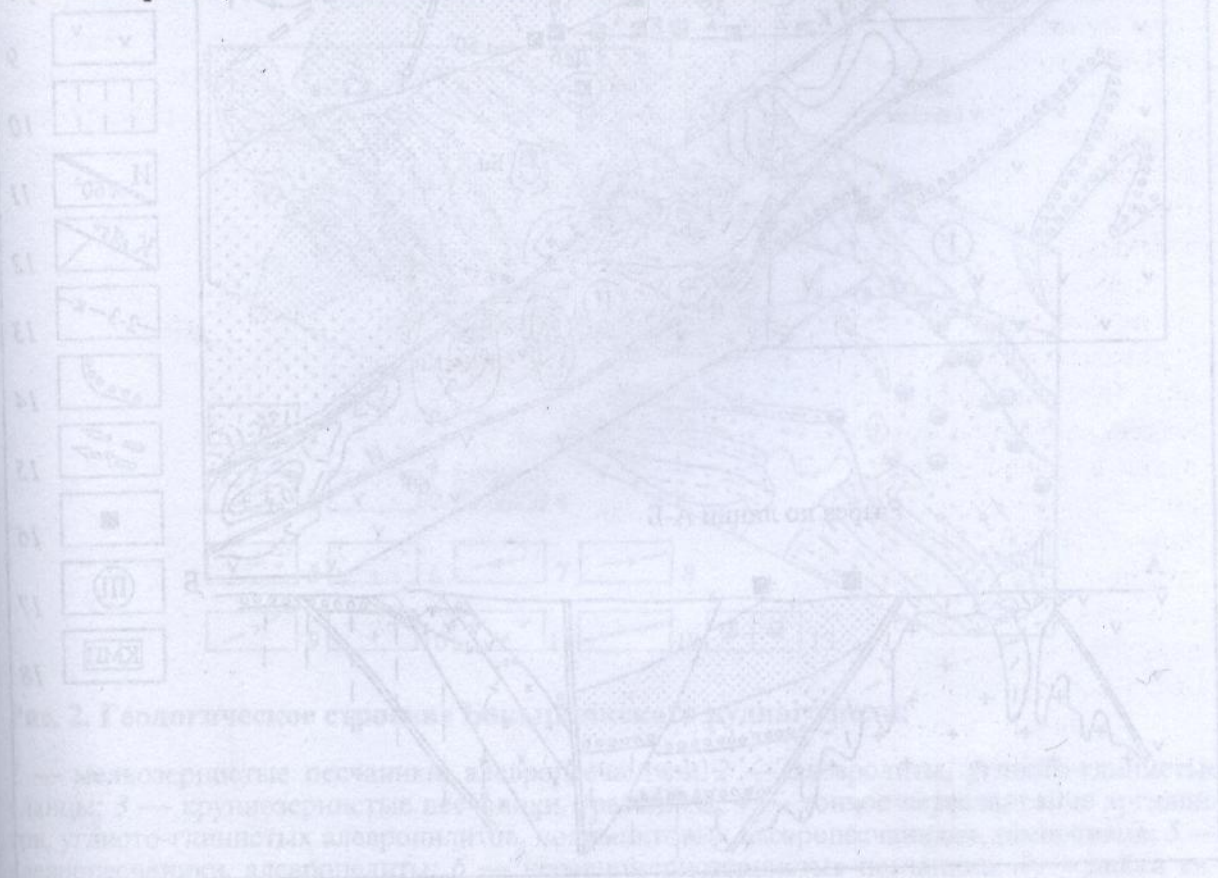
Арсенопирит представлен тонкоигольчатыми и призматическими кристаллами размером 5–6 мм, двойниками, звездчатыми сростаниями, имеет тонкое зональное строение. Содержание тонкодисперсного золота достигает нескольких сотен грамм на тонну. Тесные связи золота с арсенопиритом подтверждаются корреляцией золота и мышьяка.

Выделения золота в минералах-носителях на рудном поле Бакырчик имеет размеры до тысячных долей миллиметра. Формы включений — удлиненные, изометричные, угловатые, с неровными или округлыми краями. Субмикроскопические выделения золота (десятые доли микрометра) образуют густую сыпь в сульфидах. Проба золота в микровключениях размером 3–5 мкм — 900. Наряду с рассеянным распределением золотин в минерале-хозяине отмечаются концентрации в параллельных зонах, в межзерновых промежутках, по границам мозаичных блоков. Различаются формы включений золота: а) округлой и неправильной формы, имеющие четкие прямые и извилистые границы с сульфидами, б) изометричные и удлиненные сгустковые скопления зерен размером 0,5–1,5 мкм, в) дендритовые выделения размером 1–1,5 мкм, г) округлые каплевидные выделения размером десятые-сотые доли микрометра, равномерно рассеянные в сульфиде либо образующие сгустки.

Главными элементами-примесями в рудах являются мышьяк, сурьма, галлий, серебро. Средние содержания этих элементов в рудах составляют: мышьяк — 0,9%, галлий — 0,0014%, сурьма — 0,002%, величина $Au:Ag = 1:0,01$.

Исходя из набора наиболее контрастно проявленных концентраций элементов в изученном вертикальном диапазоне оруденения выделяются следующие зоны: верхняя — сурьма-золото-мышьяковая; первая промежуточная — золото-мышьяк-сурьмяная с вольфрамом или без него; вторая промежуточная — золото-мышьяковая с вольфрамом, кобальтом, ванадием, фосфором, медью, молибденом; нижняя — золото-вольфрам-мышьяковая с медью и молибденом.

1. *Зенкова В.И.* Условия образования пород и руд месторождения Бакырчик // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата, КазИМС, 1975, вып.5, с.104–113.
2. *Гаврилов А.М.* О сингенетичном с сульфидами характере тонкодисперсного золота на золоторудном месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) / Тр.ЦНИГРИ, 1971, вып.96, ч.1, с.159–166.
3. *Многофакторные поисковые модели золоторудных месторождений.* – Л.: Недра, 1989.
4. *Нарсеев В.А., Гостев Ю.В., Захаров А.В.* и др. Бакырчик (геология, геохимия, оруденение). – М. 2001, 174 с.
5. *Нарсеев В.А., Фогельман Н.А., Яновский В.М., Старова М.М.* Бакырчикское рудное поле // Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии, М. 1986, с.96–117.
6. *Полторыкин Г.И.* Минералого-петрохимическая характеристика золоторудных минерализованных зон Калбы и некоторые вопросы их рудогенеза // Изв.ВУЗ. Геология и разведка, 1972, №6, с.79–86.
7. *Сорокин В.Н.* О хемогенной и гидротермальной золотоносности на месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) // Тр.ЦНИГРИ, 1971, вып.96, ч.1, с.148–158.



1 — гранитные интрузии калбинского комплекса P₁: а — выходы на поверхность, б — изолинии глубин залегания поверхности контакта (в км); 2 — гранитоиды кунушского комплекса С₂-P₁: а — выходы на поверхность, б — изолинии глубин залегания поверхности контакта (в км); 3 — области развития контактовых роговиков; 4 — области развития вулканитов основного-среднего состава (по данным магниторазведки и гравиметрии) в изолиниях глубин залегания (в км); 5 — интрузивы среднего-основного состава в изолиниях глубин залегания (в км); 6 — область развития пород терригенного комплекса; 7 — то же, повышенной намагниченности (250–500)×10⁻⁶ сгсм; 8 — то же, повышенной намагниченности, более 500×10⁻⁶ сгсм; 9 — область развития пород вулканогенных и терригенно-вулканогенных комплексов Чарской зоны; 10 — комплекс пород каледонского фундамента; 11 — крупные разломы и элементы их залегания: Т — Терентьевский, С — Сейсмический, КС — Кызылсуйский, ЗК — Западно-Калбинский, И — Игоревский, М — Миялинский; 12 — прочие разломы и элементы их залегания: КУ-1 — Караузский первый, КУ-2 — Караузский второй, КУ-3 — Караузский третий, СЗ — Северо-Западный, С — Северный, Ш — Широтный, ЦП — Центральный Параллельный, К — Кызыловский; 13 — изолинии глубин залегания поверхности каледонского фундамента (в км); 14 — границы структурных этажей; 15 — направление (по восстанию) линии сочленения (пересечения) плоскостей разломов; 16 — месторождения и их номера: 1 — Бакырчик, 2 — Большевик, 3 — Глубокий Лог, 4 — Промежуточное, 5 — Загадка, 6 — Сарбас, 7 — Кармен, 8 — Дальний-III, 9 — Дальний-II, 10 — Дальний, 11 — Дальний-I, 12 — Костобе, 13 — Миялы, 14 — Западные Куелы, 15 — Лесть, 16 — Бижан, 17 — Жанаул, 18 — Карачоко; 17 — блок и его номер (описание в тексте); 18 — Караузская магматическая (вулканоплутоническая) постройка

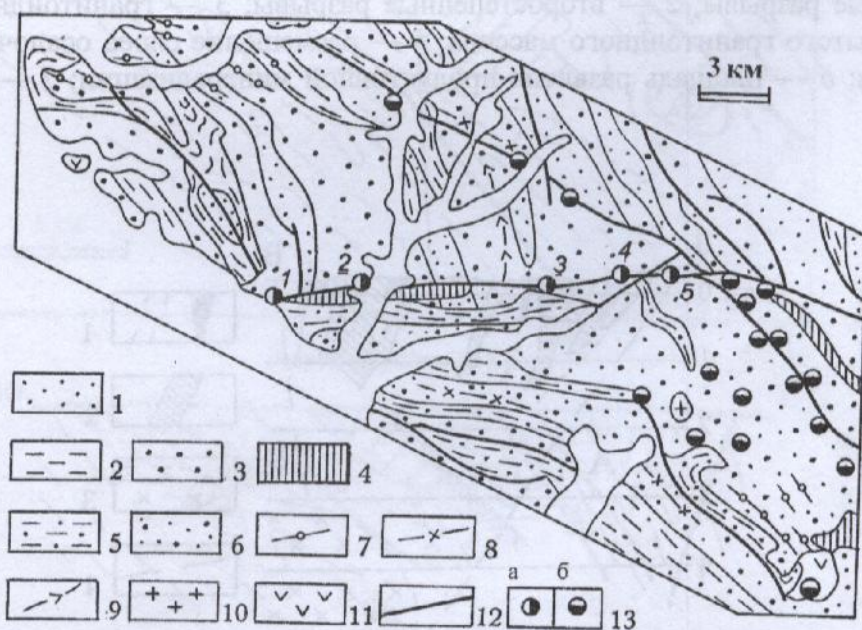


Рис. 2. Геологическое строение Бакырчикского рудного поля:

1 — мелкозернистые песчаники, алевропесчаники; 2 — алевролиты, углисто-глинистые сланцы; 3 — крупнозернистые песчаники, гравелиты; 4 — тонкое переслаивание аргиллитов, углисто-глинистых алевропилитов, полимиктовых алевропесчаников, песчаников; 5 — алевропесчаники, алевропелиты; 6 — неравномернозернистые песчаники; 7 — дайки кислого состава; 8 — дайки среднего состава; 9 — дайки основного состава; 10 — гранитоиды; 11 — андезитовые вулканиты; 12 — разрывы; 13 — золоторудные месторождения прожилково-вкрапленного типа (а), рудопроявления жильного типа (б). Цифрами обозначены месторождения: 1 — Большевик, 2 — Загадка, 3 — Бакырчик, 4 — Промежуточное, 5 — Глубокий Лог

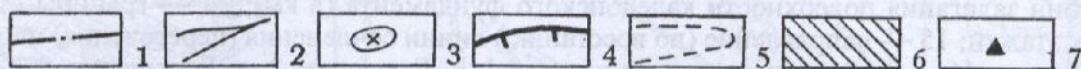
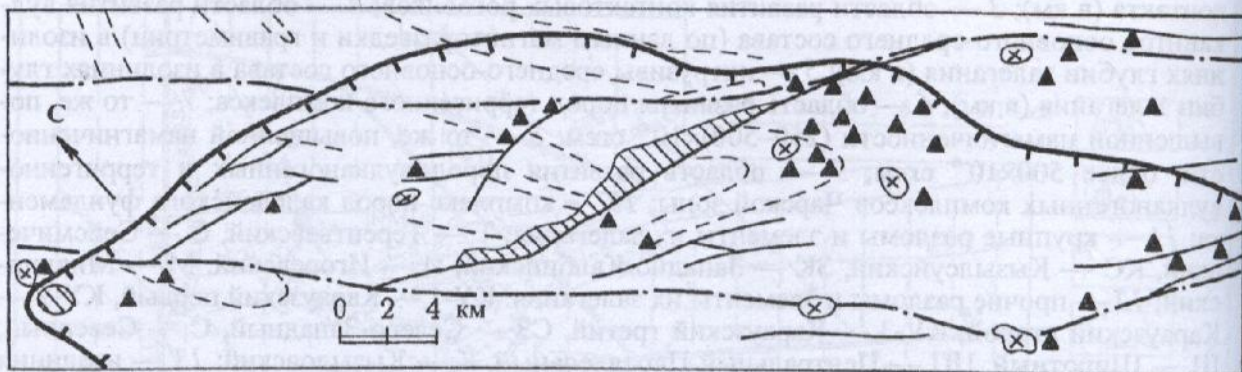


Рис. 3. Структурная схема размещения месторождений в рудном поле, В.А.Нарсеев и др., 1986:

1 — главные разрывы; 2 — второстепенные разрывы; 3 — гранитоидные тела; 4 — контур скрытого гранитоидного массива; 5 — размещение слоев осадочной палеозойской толщи; 6 — площадь развития продуктивной минерализации; 7 — рудопроявления золота

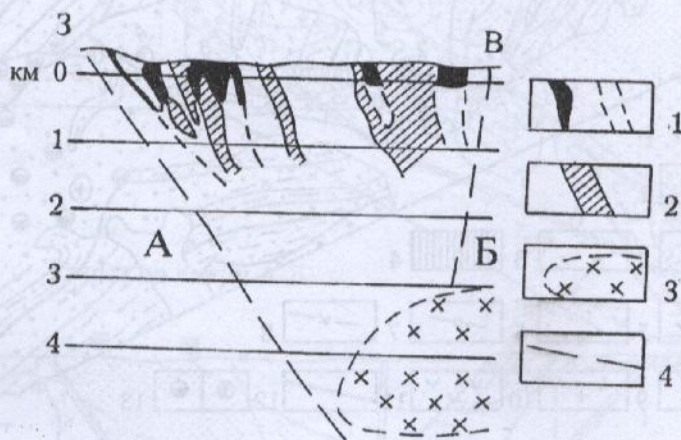
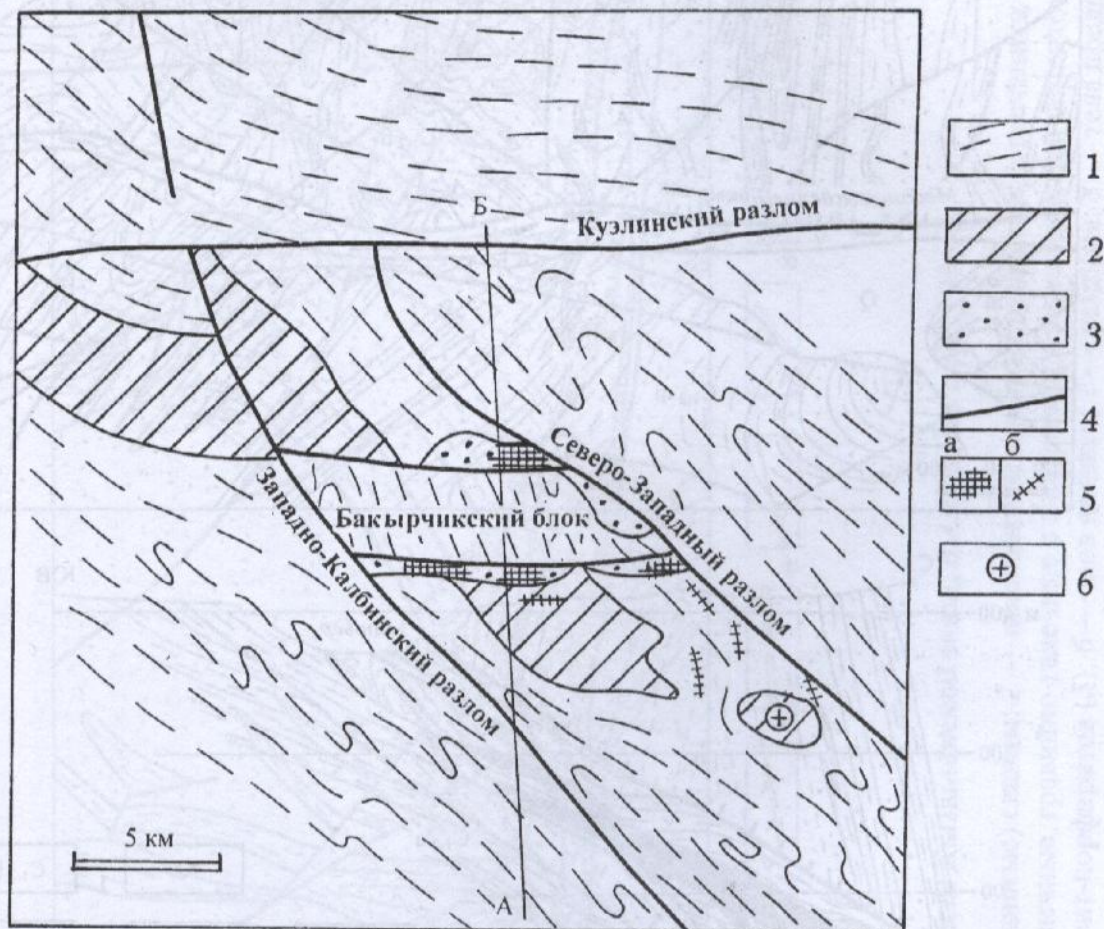


Рис. 4. Схематический глубинный разрез Бакырчикского рудного поля в плоскости рудовмещающей структуры, В.А.Нарсеев и др., 1986:

1 — положение разведанных и предполагаемых рудных залежей; 2 — положение предрудных даек; 3 — скрытый гранитоидный массив; 4 — линии сопряжения Кызыловской зоны с разломами северо-западной системы: А — с Западно-Калбинским, Б — с Северо-Западным



Разрез по линии А-Б



Рис. 5. Особенности локализации золото-сульфидной и кварцево-жильной минерализации на Бакырчикском рудном поле (составлено с использованием материалов Ю.В.Чудинова, Н.А.Фогельман и В.Е.Павловой, 1983), В.А.Нарсеев и др., 1986:

1 — флишеидные толщи калбинской свиты, C_1 ; 2 — молассоидно-флишеидные отложения буконьской свиты, C_{2-3} ; 3 — угленосная моласса бакырчикской толщи, C_3 ; 4 — разрывные нарушения; 5 — проявления золото-сульфидной вкрапленной (а) и кварцево-жильной (б) минерализации; б — штоки гранитоидов кунушского комплекса, P_1

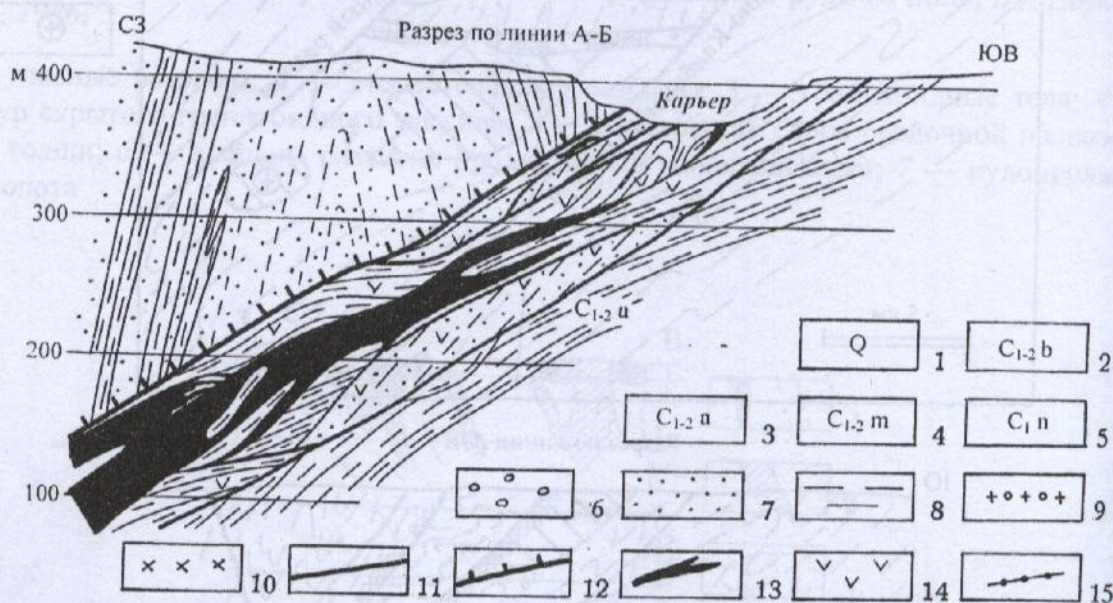
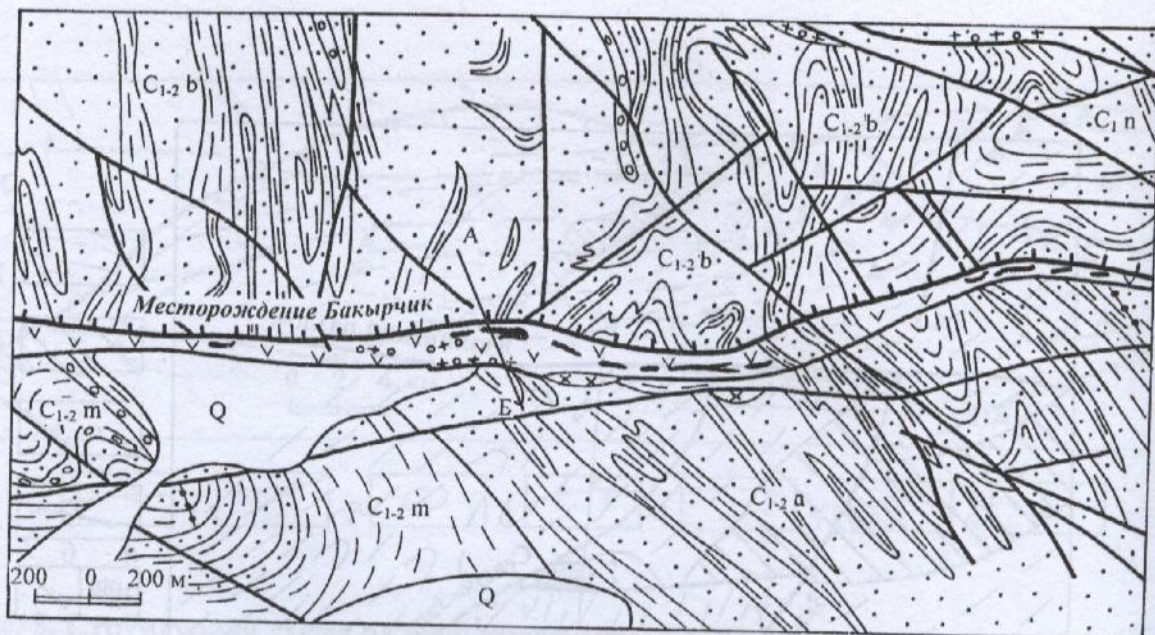


Рис. 6. Схема размещения рудных тел Бақырчикского месторождения и разрез через Центральное рудное тело (с использованием материалов Казап-Чункурской ГРП, В.М.Яновского, Ю.В.Чудинова), В.А.Нарсеев и др., 1986:

1 — четвертичные отложения; 2 — отложения бақырчикской свиты ранне-средне-каменноугольного возраста; 3 — отложения алайгырской свиты; 4 — отложения мукумбайской свиты; 5 — намюрские отложения; 6 — гравелиты и мелкогалечные конгломераты; 7 — песчаники; 8 — углистые алевролиты и глинистые сланцы; 9 — дайки кислого состава; 10 — дайки среднего состава; 11 — разломы; 12 — надвиги; 13 — рудные тела прожилковидно-окварцованные породы с вкрапленностью пирита и арсенопирита; 14 — участки гидротермально измененных пород с рассеянной вкрапленностью сульфидов, преимущественно пирита; 15 — золотосодержащая кварцевая жила

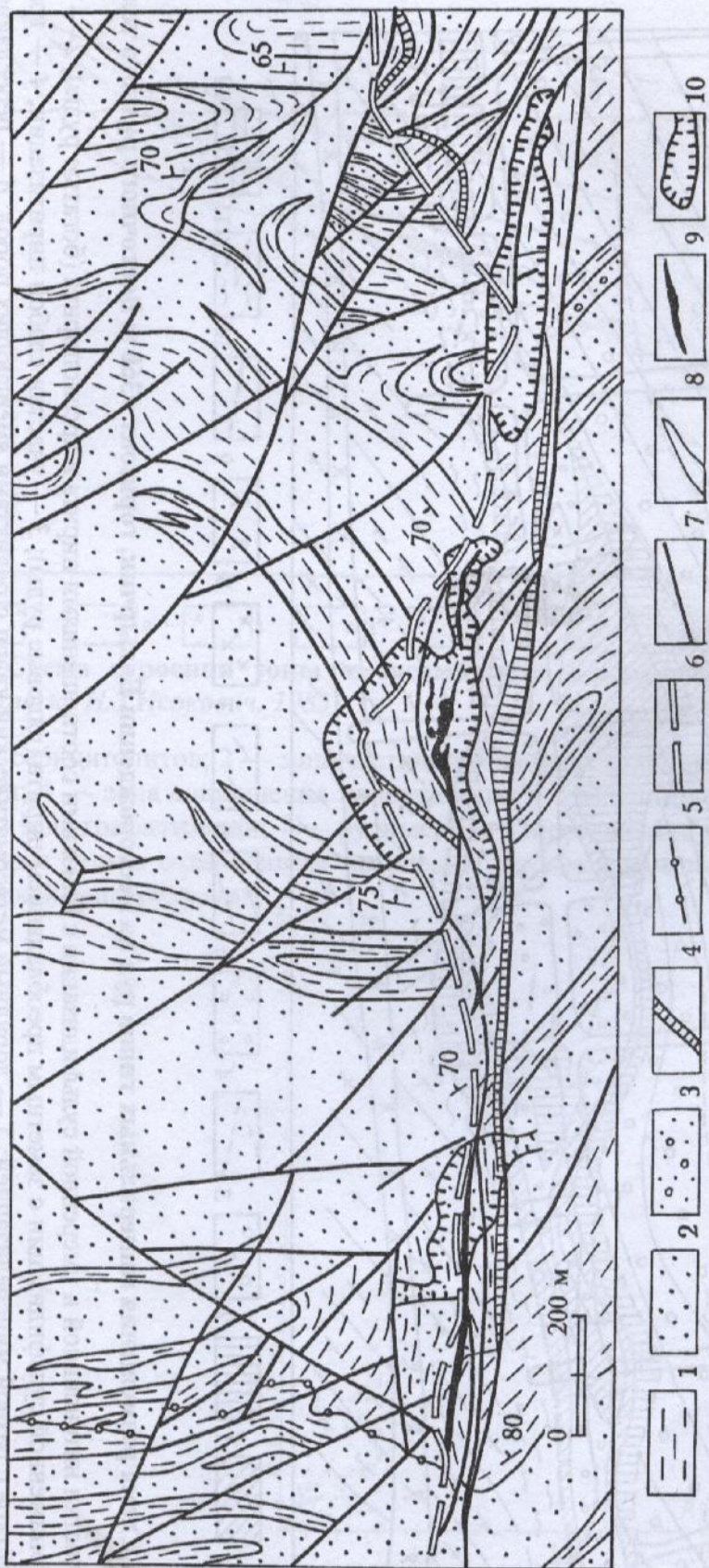


Рис. 7. Геолого-структурный план рудовмещающей Кызылзовской зоны, В.А.Нарсеев и др., 1986:

1 — алевриты, аргиллиты, глинистые (гидролюбистые) сланцы; 2 — полимиктовые и вулканомиктовые песчаники с обломками терригенных пород; 3 — конгломераты валунно-галечные, гравийно-галечные с алевритовым и песчаным цементом; 4, 5 — дай-ки: пироксен-плагиоклазовых порфиритов (4), диорит-порфиритов (5); 6 — шов надвига; 7 — разрывы; 8 — тела предрудного метасоматического кварца; 9 — рудные тела; 10 — контуры карьеров

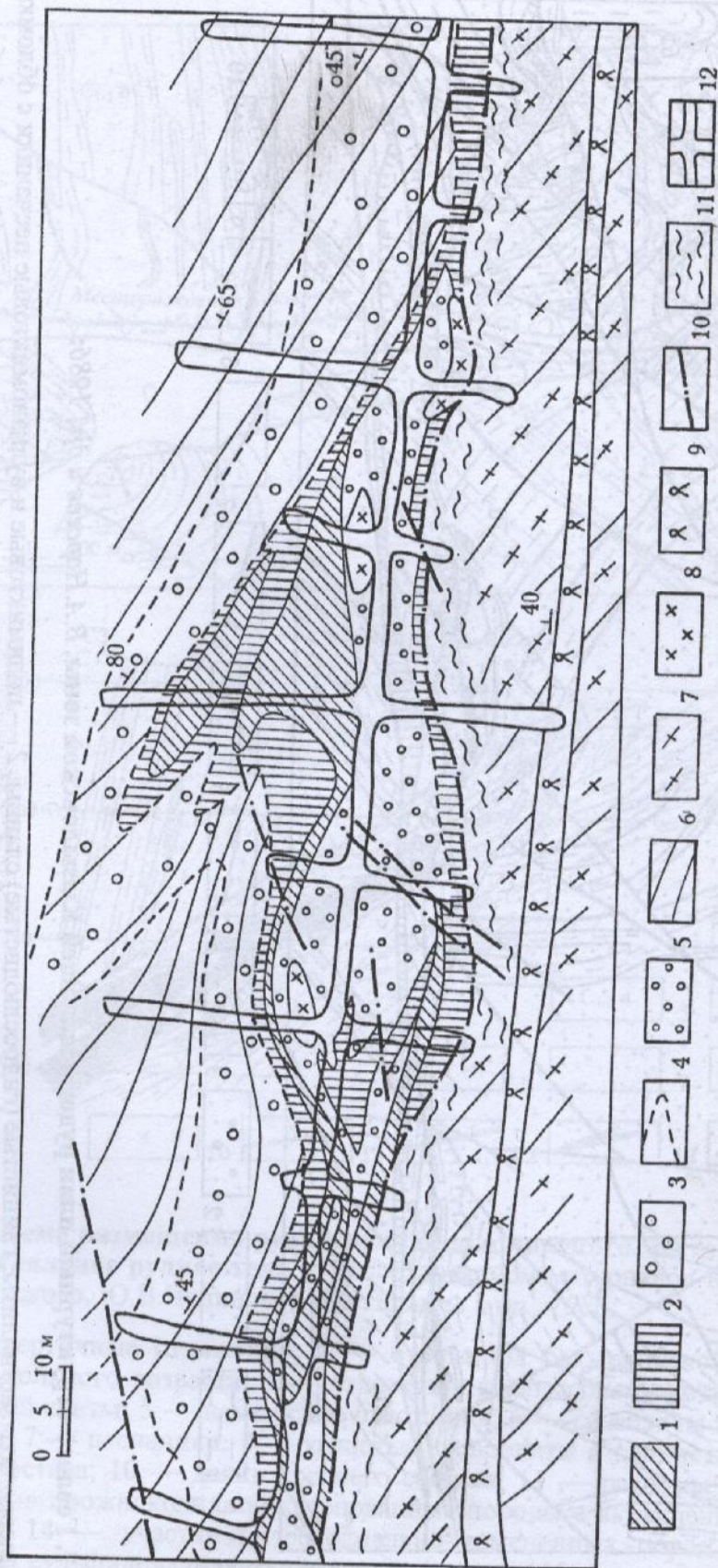


Рис. 3. Схема размещения минеральных типов руд на месторождении Бакырчик, горизонт +360 м Восточного рудного тела:
 1 — участки интенсивной и умеренной сульфидизации с близкими соотношениями пирита и арсенопирита (богатые руды); 2 — участки пониженной сульфидизации с заметным преобладанием пирита (рядовые руды); 3 — участки слабой пиритизации; 4 — границы участков с разной минерализацией; 5 — дорудный метасоматический кварц с реликтами вмещающих пород; 6 — переслаивание песчаников, углистых алевролитов и гидрослюдистых сланцев; 7 — углистые гидрослюдистые сланцы; 8 — дайки альбитизированных кислых пород; 9 — дайки альбитизированных порфиритов; 10 — разрывные нарушения; 11 — зона расщепления и графитизации; 12 — горные выработки

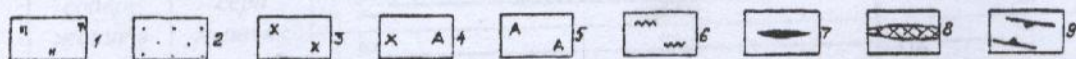
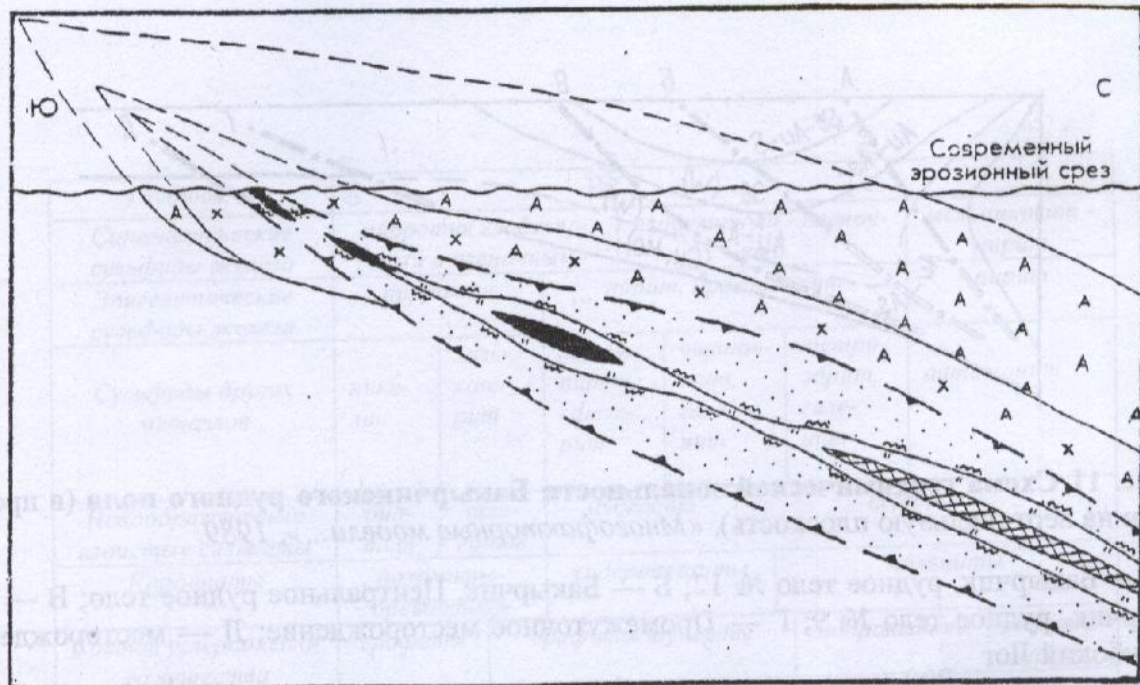


Рис. 9. Схема строения зоны метасоматитов Бақырчыкского месторождения, В.Б.Чекваидзе, И.З.Исакович, 1985:

1 — зона серицитолитов; 2 — зона частично серицитизированных пород; 3 — зона хлоритизации; 4 — зона совмещения хлоритизации и альбитизации; 5 — зона альбитизации; 6 — зона графитизации; 7 — рудные тела с интенсивным кварцевым штокверком; 8 — рудные тела с ослабленным кварцевым штокверком или без него; 9 — контур Кызыловской зоны разломов

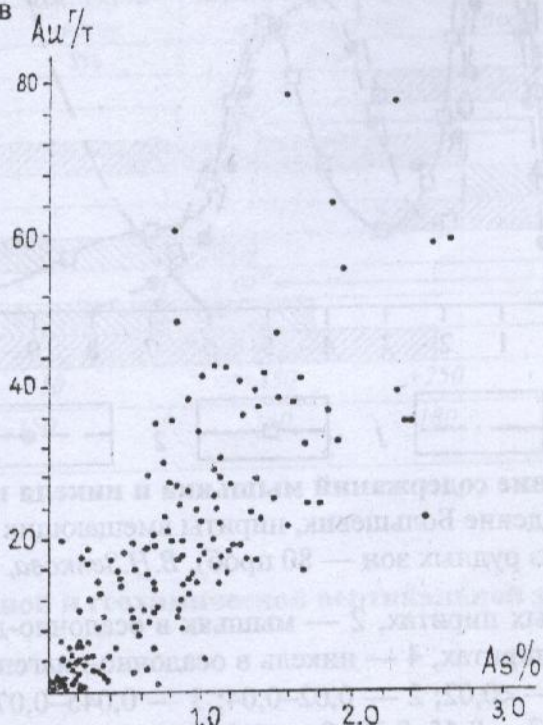


Рис. 10. Соотношения золота и мышьяка в первичных рудах месторождения Бақырчык, В.А.Нарсеев и др., 1986

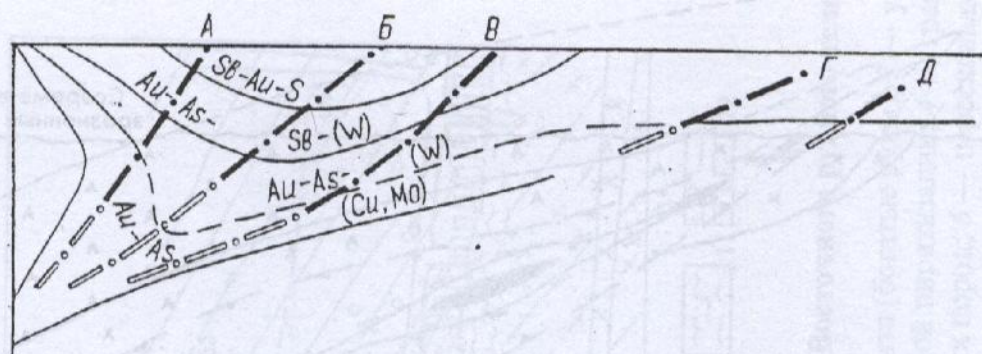


Рис. 11 Схема геохимической зональности Бакырчикского рудного поля (в проекции на вертикальную плоскость), «Многофакторные модели...», 1989:

А — Бакырчик, рудное тело № 12; Б — Бакырчик, Центральное рудное тело; В — Бакырчик, рудное тело № 9; Г — Промежуточное месторождение; Д — месторождение Глубокий Лог

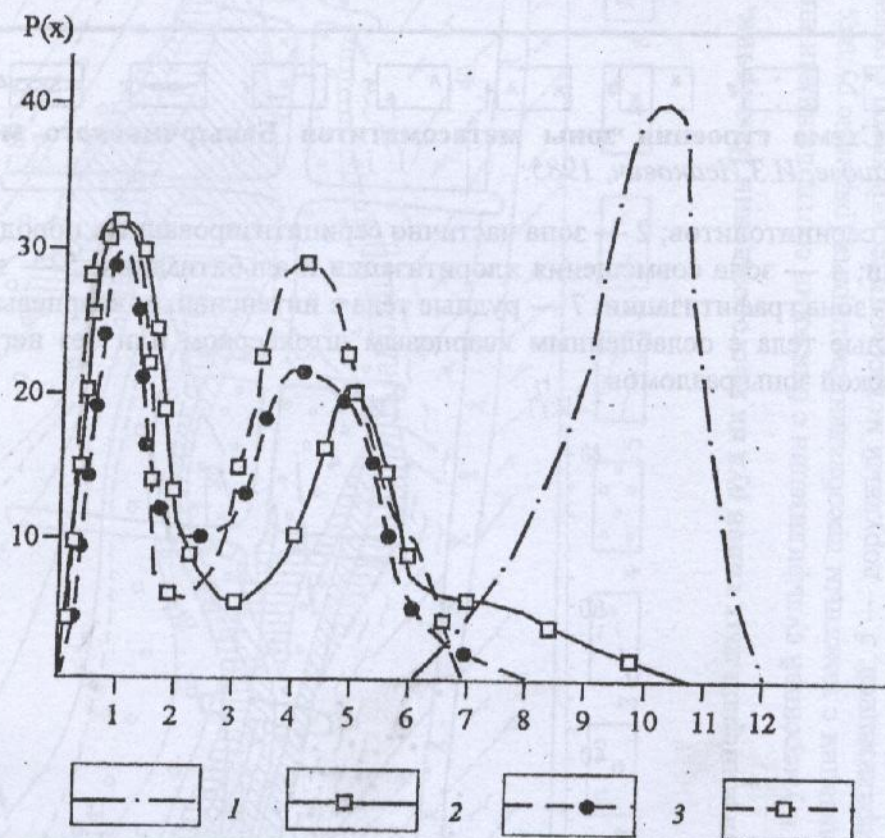


Рис. 12. Распределение содержаний мышьяка и никеля в пиритах вмещающих пород и руд (месторождение Большевик, пириты вмещающих пород — овоиды, стяжения — 70 проб, пириты из рудных зон — 80 проб), В.Н.Зенкова, 1975:

1 — мышьяк в рудных пиритах, 2 — мышьяк в осадочно-диагенетических пиритах, 3 — никель в рудных пиритах, 4 — никель в осадочно-диагенетических пиритах. Классы содержаний (г/т): 1 — <0,02; 2 — 0,02–0,04; 3 — 0,045–0,07; 4 — 0,08–0,14; 5 — 0,15–0,25; 6 — 0,26–0,44; 7 — 0,45–0,79; 8 — 0,8–1,41; 9 — 1,42–2,51; 10 — 2,52–4,46; 11 — 4,47–7,95; 12 — 7,96–14,1

Глубины, м		1500	1000	500 м			
Сингенетические сульфиды железа		пирротин глобулярный и пленочный		глобулярный - пленочный		мельниковит - пирит	
Эпигенетические сульфиды железа		пирротин		пирит, арсенопирит		пирит	
Сульфиды других металлов		никелин	халькопирит	халькопирит, сфалерит	теннантит, галенит	тетраэдрит, галенит	антимонит
Новообразованные слоистые силикаты		биотит	флогопит	мусковит		серциты	
Карбонаты		доломиты-брейнериты		сидероплезиты		кальциты	
Состав углеродистого вещества		графиты		графиты, шунгиты		антракслиты	кериты мальта
содержание в руде, %	сера мышьяк	1,1 ————— 3,5					
		2,5 ————— 1,5					
Морфология золотин		кристаллическое, комковидное в карбонате, кварце, пирите		амебовидное в арсенопирите 0,01 мм		пылевидное - 0,001 мм в пирите и арсенопирите	
Морфология арсенопирита		игольчатые		тонкопризматические		призматические	столбчатые
Морфология пирита		сложнокубические		пентагондодэкаэдры, кубооктаэдры		пентагондодэкаэдры	кубы, глобули
Примеси в пирите	мышьяк	8%		5%		2%	1-1,5%
	сурьма						до 1%
	ртуть	$n 10^{-6}$ ————— $n 10^{-1}$					
	селен						
	теллур						
Примеси в арсенопирите	сурьма						до 1%
	молибден						
	ртуть	$n 10^{-6}$ ————— $n 10^{-1}$					
	висмут						
	селен						
ТЭДС, мкв/град	пирит	+410		+350		+250	+100
	арсенопирит	-150		-150		-180	-250

Рис. 13. Схема минеральной и геохимической вертикальной зональности Бакырчикского рудного поля



Рис. 14. Брекчиевые руды месторождения Бакырчик, из коллекции В.Н.Сорокина

МЕСТОРОЖДЕНИЕ ОЛИМПИАДИНСКОЕ

Олимпиадинское месторождение расположено в северо-западной части складчатой области Енисейского кряжа, в пределах Северо-Енисейского рудного района, ограниченного глубинными продольными и поперечными разломами, и характеризующегося миогеосинклинальным типом развития.

Золоторудные месторождения и проявления рудного района, в том числе Олимпиадинское, приурочены к сравнительно узкому стратиграфическому интервалу вендского сланцевого комплекса, охватывающего углеродисто-терригенные образования верхов кординской, удерейской, горбилюкской и сухопитской свит, заключающих рассеянное, графитизированное органическое вещество и линзы пирита. Формирование месторождений укладывается в интервал 850–600 млн. лет.

Блок рудного поля, окруженный гранитоидами Татарско-Аяхтинского комплекса (850 млн. лет), слагается довольно однообразной по составу толщей кварц-слюдистых (биотит-кварцевых, гранат-биотит-кварцевых, мусковит-биотит-кварцевых) сланцев кординской свиты. В этой толще выделяется рудовмещающий горизонт углеродисто-терригенно-карбонатных пород, к которому приурочены практически все золото-вольфрамовые, золото-сурьмяные и сурьмяно-вольфрам-золотые проявления и месторождения рудного поля, представляющие собой различные минеральные типы оруденения золото-мышьяковисто-сульфидной формации.

Олимпиадинское месторождение располагается в замке и прилегающих участках крыльев Медвежинской антиклинали, являющейся частью гармоневидной пликативной структуры, в ядре которой выходят породы нижней пачки кварц-слюдистых сланцев, а крылья сложены пестрыми по составу и неоднородными по физико-механическим свойствам, часто переслаивающимися породами рудовмещающего горизонта.

Основная пликативная структура месторождения, рудовмещающая Медвежинская антиклиналь имеет восток-северо-восточное простирание с крутым ($50-80^\circ$) погружением шарнира в восточном направлении.

Промышленные золотые руды месторождения (как и рудного поля в целом) образуют подчиненные складкам стратифицированные залежи. Границы промышленных руд и отдельных их сортов определяются на основе опробования. Золоторудные залежи приурочены главным образом к замковым частям складчатых структур разного возраста и имеют седловидную форму с максимальной мощностью в области замыкания и с постепенным выклиниванием на крыльях. Основное рудное тело, в котором сосредоточено около 90% запасов золотых руд, расположено в восточной части месторождения, в замке Медвежинской антиклинали и согласно с ним круто под углами $60-80^\circ$ погружается к востоку. Общая протяженность рудного тела на поверхности в северном крыле складки составляет около 800 м, в южном — 600 м, мощность тела в замке складки достигает 400 м. Рудное тело прослежено скважинами на глубину 600–700 м, нижняя граница его не установлена.

Первичные руды представляют собой метасоматически измененные породы, неравномерно минерализованные сульфидами, среднее содержание которых составляет 2–5%. Преобладающие текстуры руд вкрапленные и вкрапленно-полосчатые, слабо проявлены текстуры прожилковые, брекчиевые и пересечения; структуры руд в основном тонкозернистые (метакристаллические).

По составу рудной минерализации преобладают пирротин-арсенопиритовые руды, обычно с незначительной примесью пирита; достаточно широко распространены также руды существенно сурьмяного (бертьерит-антимонитового) и смешанного типов.

Наиболее распространенные рудные минералы представлены пирротином и арсенипитом, количественные соотношения которых в рудах сильно и не закономерно варьируют. В рядовых и особенно бедных рудах пирротин заметно преобладает.

Арсенипит является основным золотосодержащим минералом, содержание его в рудах варьирует от первых десятых до 5% (в среднем 0,5–0,7%). Он образует преимущественно тонкую и мелкую вкрапленность метакристаллов, размером от тысячных до десятых долей миллиметров, значительно реже пирротина концентрируется в полоски. Среди морфологически разнообразных выделений арсенипита можно выделить четыре основные разновидности: 1) тонкоигольчатую, 2) мелко- и среднекристаллическую изометричного, короткопризматического и удлиненно-призматического габитуса, 3) грубопризматическую (более 2,5 мм в поперечнике), 4) тонкокристаллическую агрегатную, образующую обычно псевдоморфозы по пирротину. За исключением третьей, грубопризматической разновидности, обнаруживающей определенную (но не постоянную) связь с жилками и прожилками раннего крупнокристаллического кварца, все остальные разновидности арсенипита встречаются, как правило, совместно. Устанавливается связь повышенных содержаний золота с участками преимущественного развития наиболее тонкокристаллических, особенно тонкоигольчатых форм, которые в менее золотоносных участках сменяются более грубозернистыми образованиями второй разновидности.

Самородное золото заключено в сульфидах и обнаруживается под микроскопом в виде единичных и кучных выделений, размером от 1 до 10 мкм в поперечнике; макроскопически видимое золото устанавливается относительно редко. Наиболее часто выделения золота отмечаются в арсенипите, в т.ч. на контакте с породой или с включениями пирротина. Характерны также парагенезисы золота с сурьмяными минералами: антимонитом, бертьеритом, гусмундитом, блеклой рудой, ауристибитом.

Самородное золото является в большинстве случаев (более 90%) высокопробным и весьма высокопробным (910–997) с повышенным и высоким содержанием ртути (от 0,2 до 5,3%).

Золотоносные линейные коры выветривания мел-палеогенового возраста приурочены к дислоцированным зонам контактов рудоносных терригенных и терригенно-карбонатных толщ месторождения. Наибольшего развития они достигают на его восточном фланге, проникая вдоль зоны Главного разлома на глубину 300–400 м. Корообразование характеризуется гидрослюдисто-каолининовым профилем выветривания с преимущественным распространением зон дезинтеграции и начальных глинистых (гидрослюдистых) изменений, сопровождающихся выносом легкорастворимых карбонатов и снижением в этой связи объемной массы пород в 1,5 раза.

Окисленные руды представляют собой глинисто-алевритовые, с редкими (3–12%) менее выветрелыми обломками, пестроцветные буро-коричневые, желто-коричневые, малиново-красные и голубовато-серые пористые рыхлые образования, почти всегда сохраняющие текстурный рисунок исходных пород. Нижняя граница кор выветривания в большинстве случаев резкая. Иногда отмечается переходная зона мощностью в первые метры.

Золото в окисленных рудах в отличие от первичных свободное, легко извлекаемое. Основная часть его (88%) сосредоточена в классе -0.04 мм, где преобладают частицы размером 1–10 мкм, а более крупные выделения размером 250–500 мкм и единичные частицы 1–1,5 мкм составляют 6–12%; 74% частиц имеют пробу 970–1000, 25% — 920–970, 1% — от 650 до 860. Характерно наличие в золоте примеси ртути (до 9,5%).

Выделяются два типа золота: остаточное (первичное) и вторичное (новообразованное). Остаточное золото, составляющее, по-видимому, меньшую часть, сохраняет сходство с золотом первичных руд, со следами механической деформации и частичного гипергенного преобразования. Для него характерно неоднородное распределение ртути и серебра, вариации пробы от 800 до 1000.

Вторичное золото характеризуется постоянно высокой пробой (981–1000) и отсутствием примеси ртути. По размерам его частицы не превышают 0,1–0,15 мм, концентрируясь в классе 0,01–0,001 мм, и образуют тонкогубчатые, пленочные, сгустковидные выделения пористой, агрегатной, колломорфной текстуры в ассоциации с гипергенными и глинистыми минералами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генкин А.Д., Лопатин В.А., Савельев Р.А. и др. Золотые руды Олимпиады (Енисейский край Сибири) // Геология рудных месторождений. 1974, т.36, №3.
2. Геология и металлогения Енисейского рудного пояса. – Красноярск, 1985.
3. Константинов М.М., Аристов В.В., Вакин М.Е. и др. Условия локализации и основы прогноза крупных золоторудных месторождений. – М. ЦНИГРИ, 1998 г.
4. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999, 174 с.
5. Новожилов Ю.М., Стороженко А.А., Гаврилов А.М. и др. Олимпиадинское месторождение // Золоторудные месторождения СССР, М., 1986, т.3, с.126–146.
6. Яблокова С.В., Коновалова М.С., Сандомирская С.М. Минералогия золотоносной коры выветривания на месторождениях прожилково-вкрапленных руд в терригенно-карбонатных толщах докембрия // Тр. ЦНИГРИ, 1986, вып.208, с. 10–19.

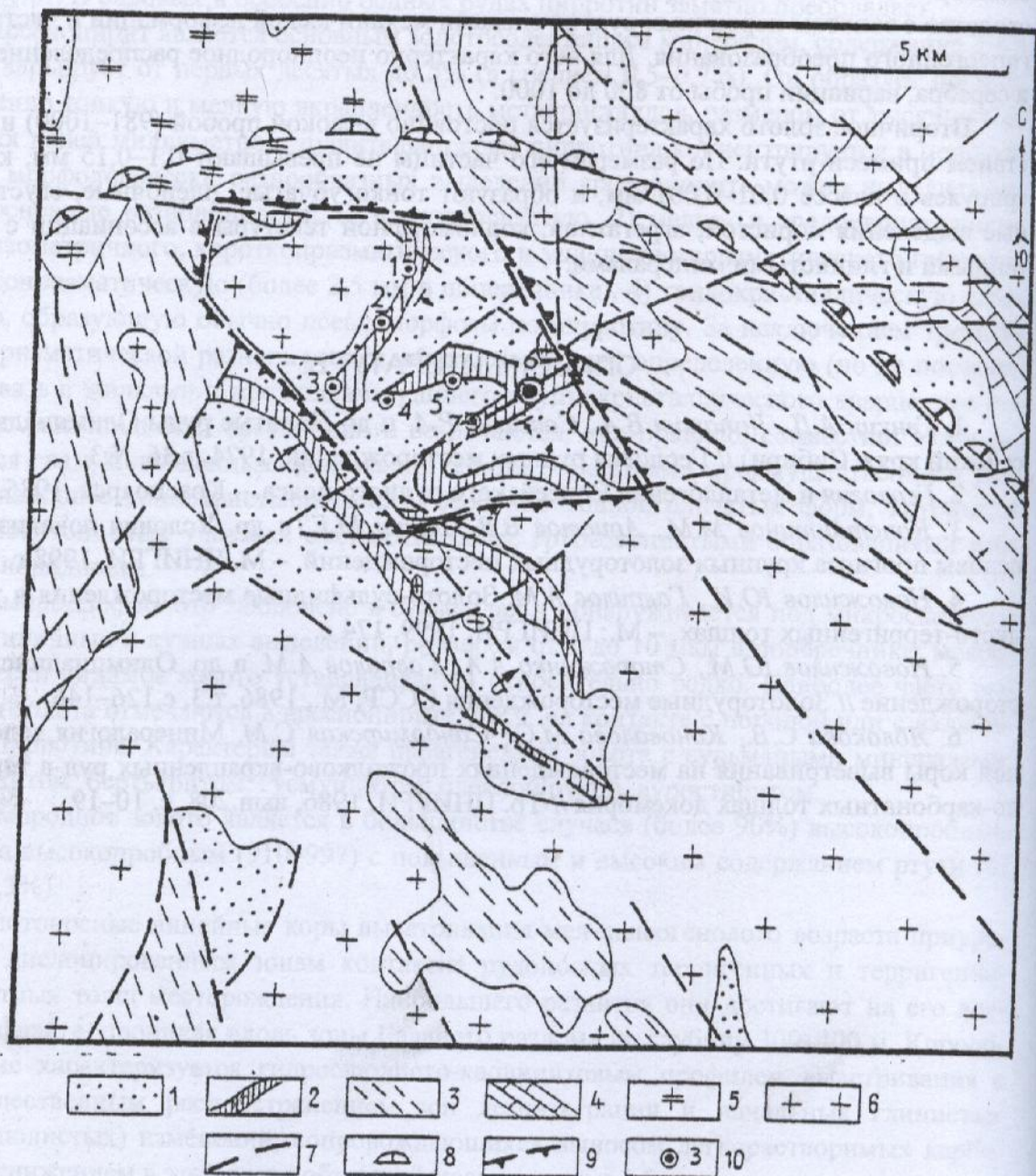


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Олимпиадинского рудного поля (использованы материалы Северной ГРЭ, 1985), Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов, 1999:

осадочно-метаморфические комплексы, кординская свита: 1 — кварц-сланцевые сланцы, 2 — рудовмещающий горизонт терригенно-карбонатных пород; 3 — толща кварц-хлоритовых, биотит-кварц-хлоритовых сланцев, горбидокская свита; 4 — карбонатные толщи, печенгинская свита; интрузивные формации: 5 — гранитных батолитов, 6 — мигматит-гнейсовая гранитная; 7 — разломы разных масштабов; 8 — границы магмогенной купольной структуры; 9 — граница рудо локализирующего блока; 10 — месторождения и рудопроявления золото-сульфидной формации: 1 — Высокое, 2 — Олень, 3 — Тырадинское, 4 — Промежуточное, 7 — Юго-Западный; участки Олимпиадинского месторождения: 5 — Западный, 6 — Восточный

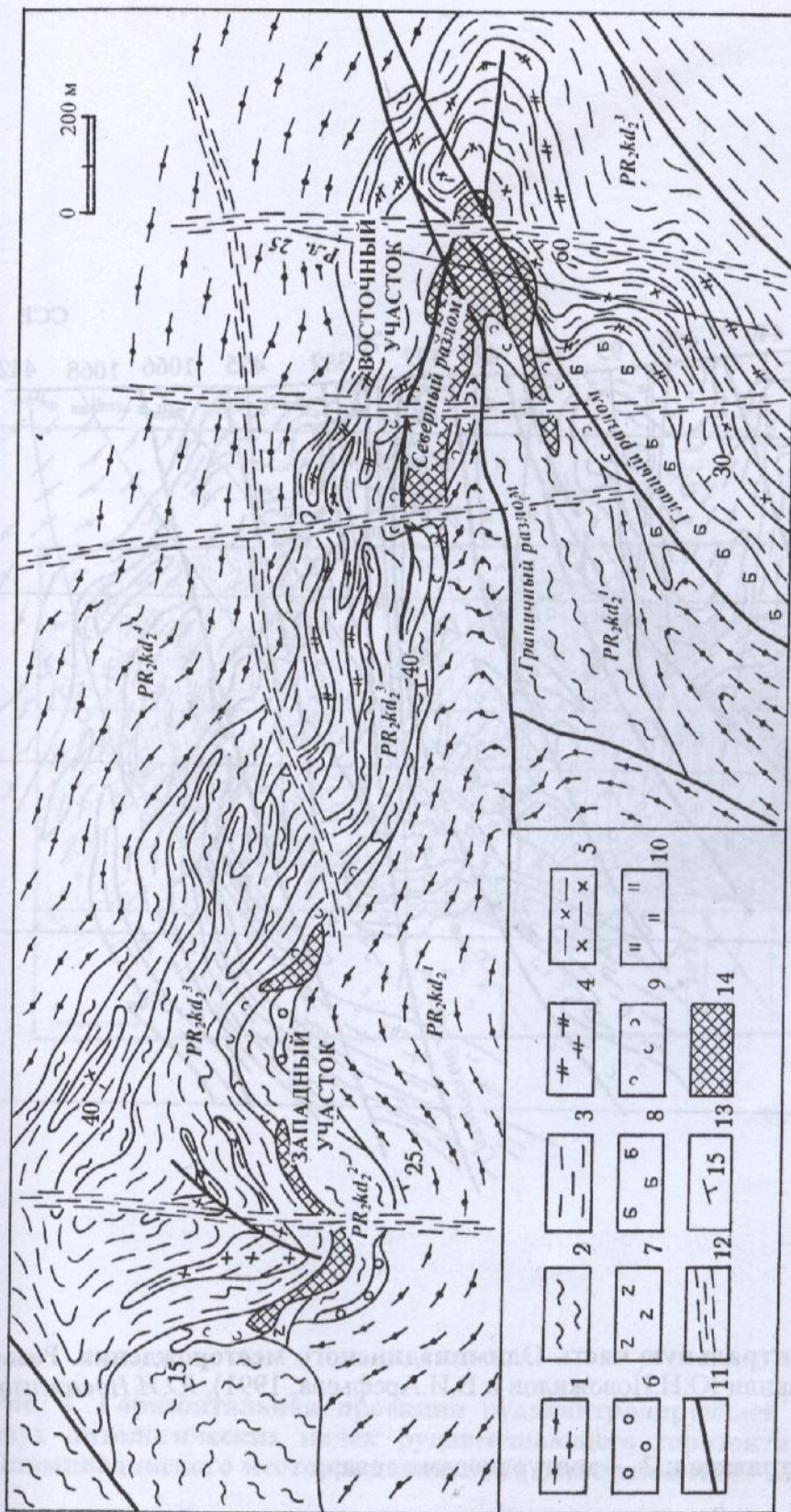


Рис. 2. Геологическая карта Олимпиадинского месторождения (составили Ю.Н.Новожилов и В.И.Арефьева, 1991), Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов, 1999.

осадочно-метаморфические и ассоциированные с ними метасоматически измененные породы кордильской свиты: 1 — толща кварц-слюдистых сланцев $PR_2 Kd_3, Kd_2^4$; 2 — рудовмещающий горизонт $PR_2 Kd_3$; 3 — карбонат-биотит-мусковит-кварцевые сланцы; 4 — углеродистые слюдистые сланцы; 5 — углеродистые мусковит-кварц-карбонатные сланцы; 6 — углеродистые мусковит-кварц-карбонатные сланцы; 7 — углеродистые слюдистые сланцы; 8 — биотит-кварц-карбонатные сланцы; 9 — гранат-пироксен-амфибол эпидиотидные сланцы; метасоматиты и метасоматически измененные породы: 10 — углеродистые сланцы; 11 — углеродистые сланцы; 12 — зоны трещиноватости, выделенные по геофизическим данным; 13 — элементы залегания слюистости; 14 — рудные тела

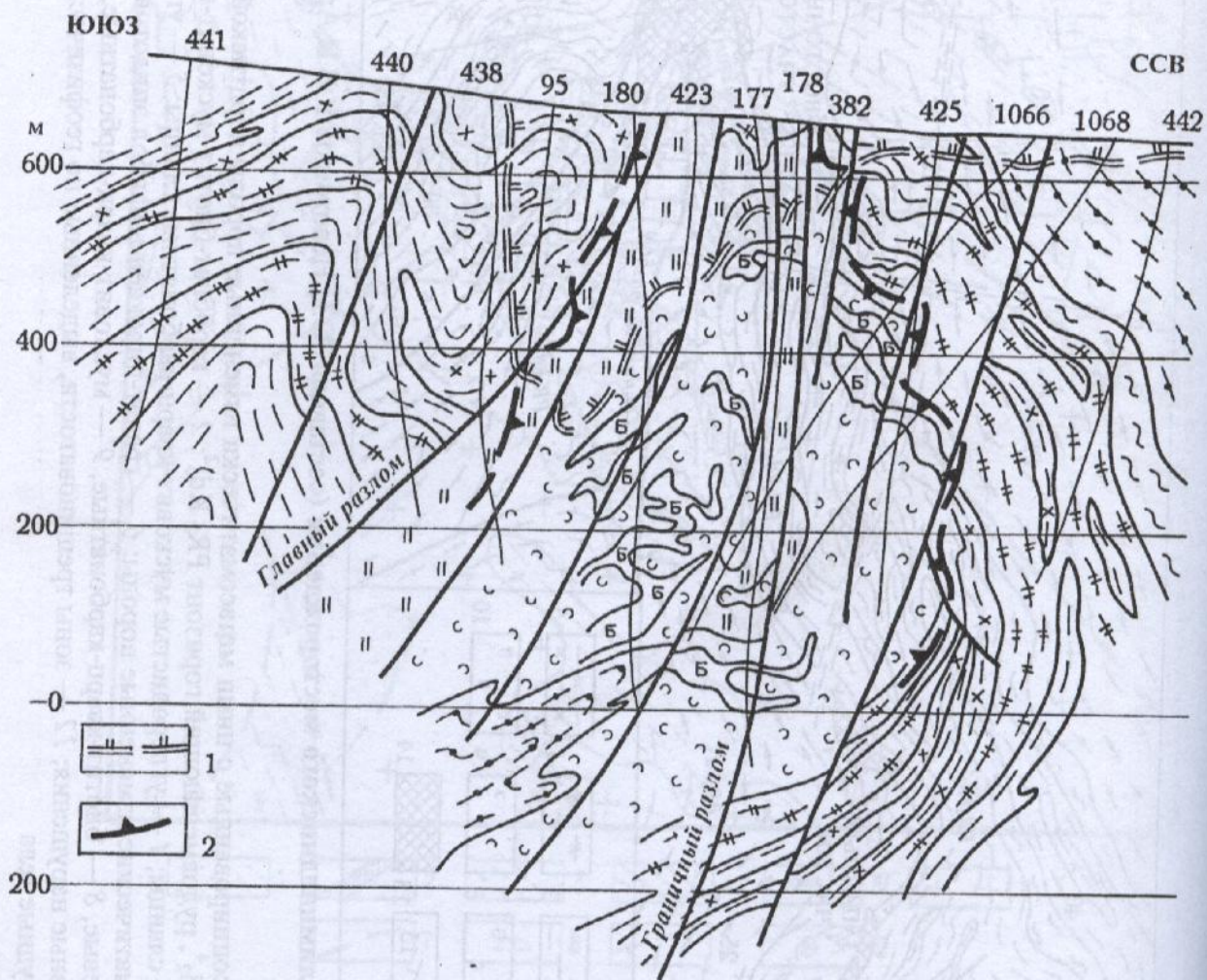


Рис. 3. Разрез через центральную часть Олимпиадинского месторождения. Разведочная линия 25 (составили Ю.Н.Новожилов и В.И.Арефьева, 1991), Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов, 1999:

1 — границы коры выветривания; 2 — контур рудного тела;

остальные усл. обозн. на рис.2

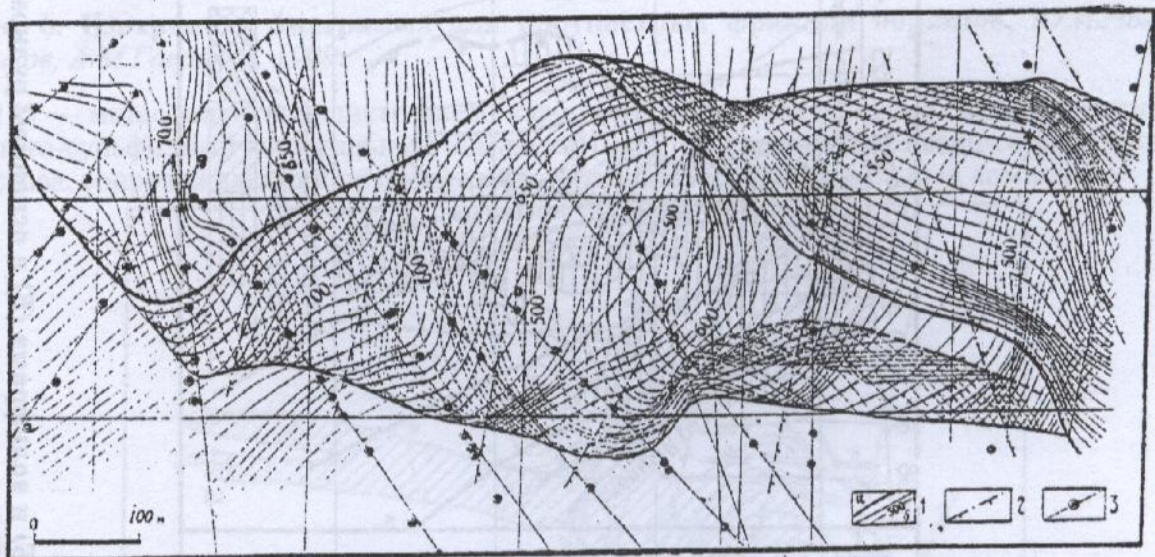


Рис. 4. Горизонтальная проекция рудоконтролирующей поверхности контакта двух литологических пачек рудовмещающего горизонта на западном участке Олимпиадинского месторождения, Ю.И.Новожиллов, А.М.Гаврилов, 1999:

1 — изолинии плоскости контакта двух литопачек: выходящей на поверхность (а), проектируемой на горизонтальную плоскость (б); 2 — направление склонения лежащих складок; 3 — разведочные линии и скважины

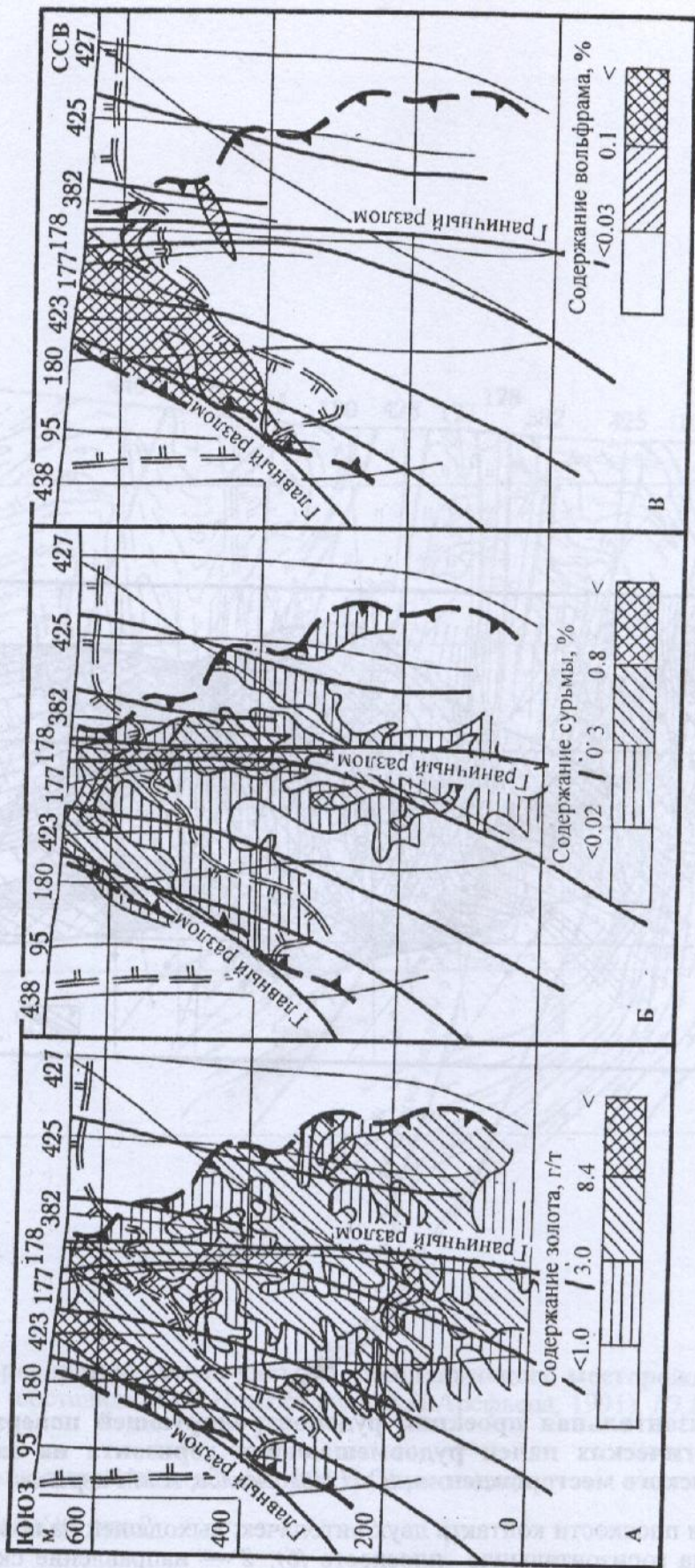


Рис. 5. Распределение золота (А), сурьмы (Б) и вольфрама (В) в основном рудном теле (разрез через центральную часть месторождения), Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов, 1999

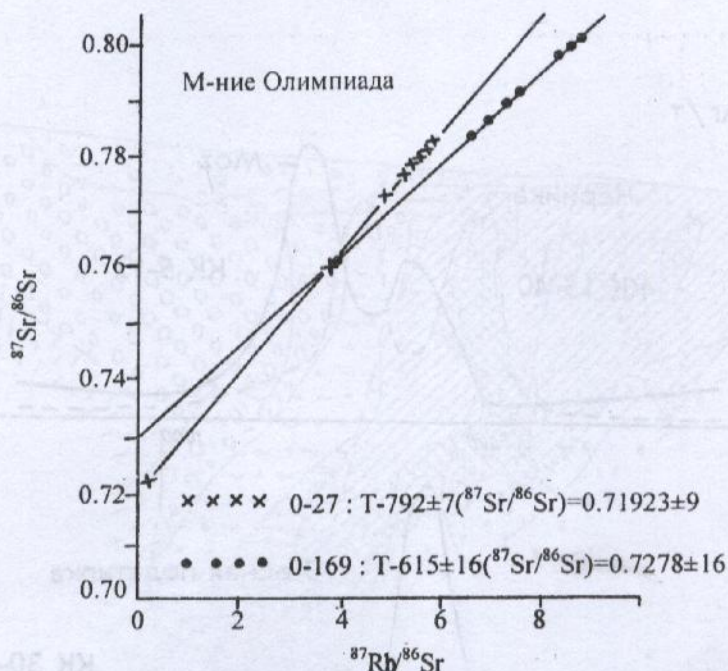


Рис. 6. Изохронная диаграмма для плотностных фракций образцов, Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов, 1999:

0-275 — метасоматит-слюдисто-кварц-карбонатного состава, сопровождающий ранний золото-сульфидный минеральный комплекс; 0-169 — метасоматит кварц-серицитового состава, сопровождающий поздний кварц-антимонитовый минеральный комплекс

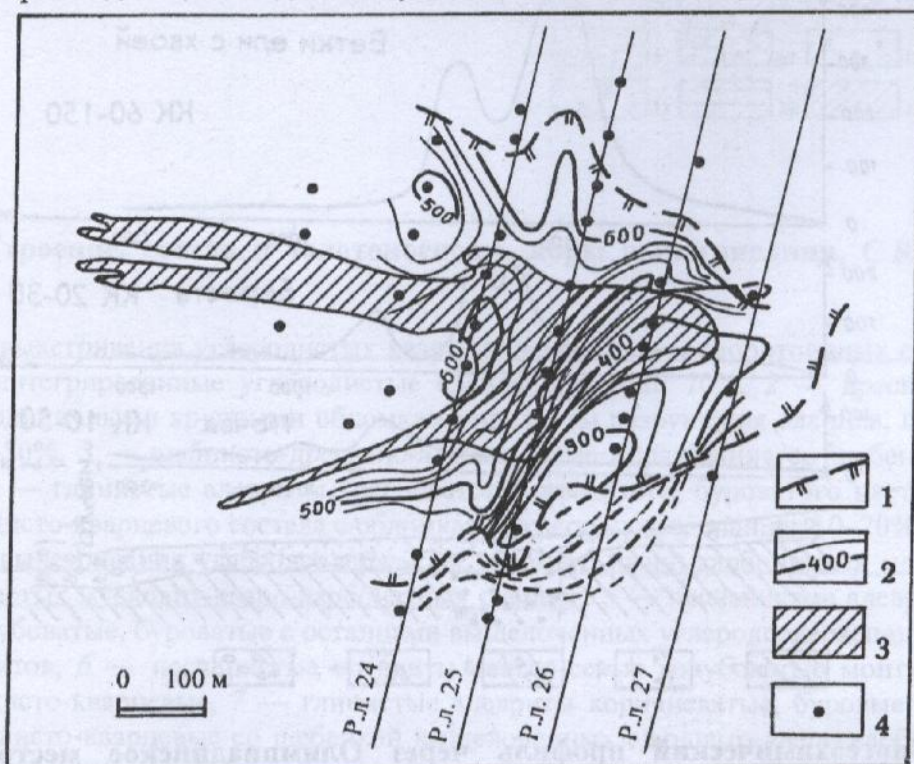


Рис. 7. Морфология коры выветривания на Восточном участке Олимпиадинского месторождения, Ю.И.Новожилов, А.М.Гаврилов, 1999:

1 — границы линейных кор выветривания на поверхности; 2 — изогипсы подошвы коры выветривания; 3 — контуры золоторудного тела на поверхности; 4 — разведочные скважины

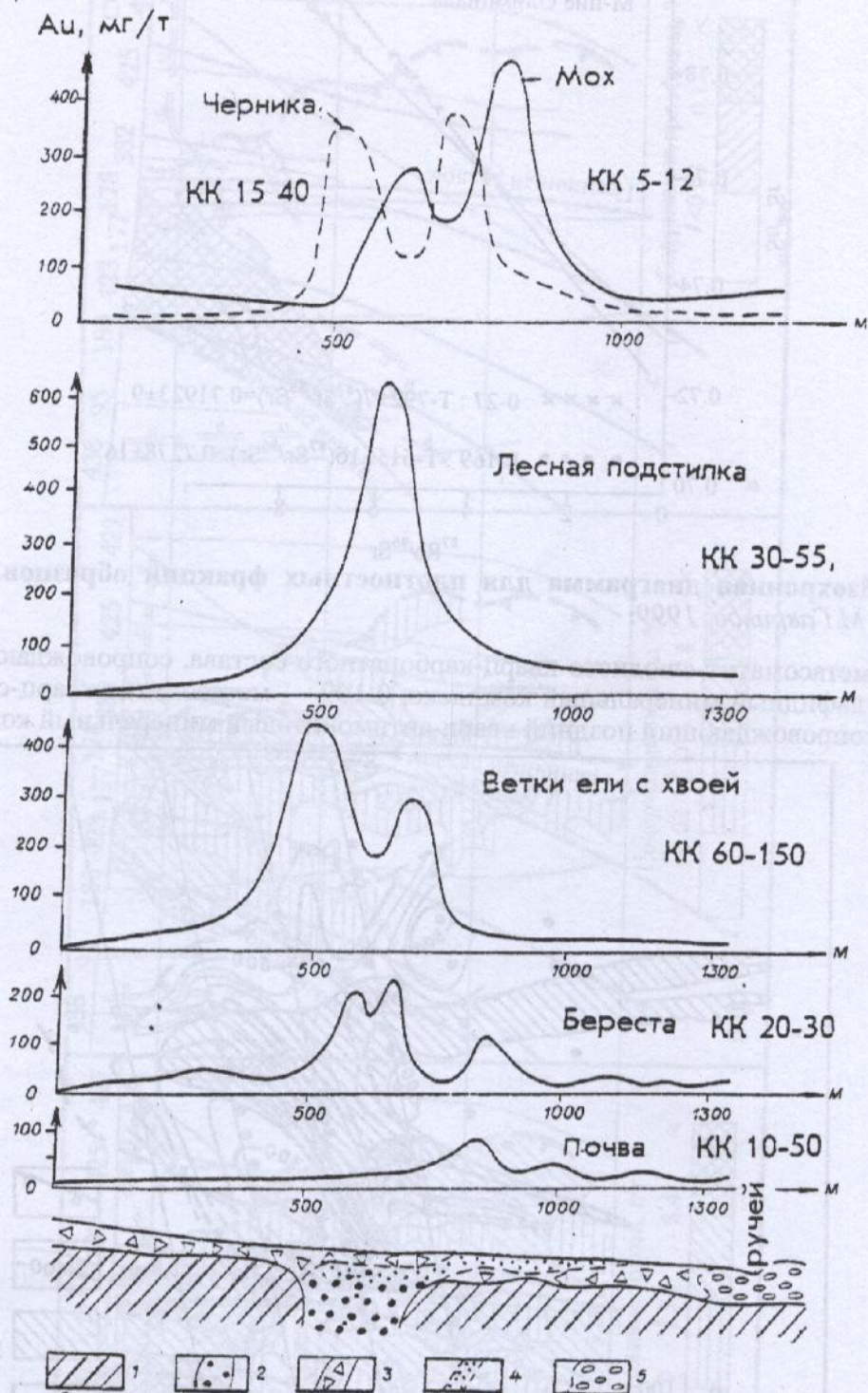


Рис. 8. Биогеохимический профиль через Олимпиадинское месторождение, В.А.Загоскин, Б.С.Зеликсон, 1985:

1 — коренные породы; 2 — золотоносная кора выветривания; 3 — делювиальные отложения; 4 — дезинтегрированная и переотложенная кора выветривания; 5 — аллювиальные отложения; КК — коэффициент концентрации (отношение содержаний в пробах к фоновым содержаниям)

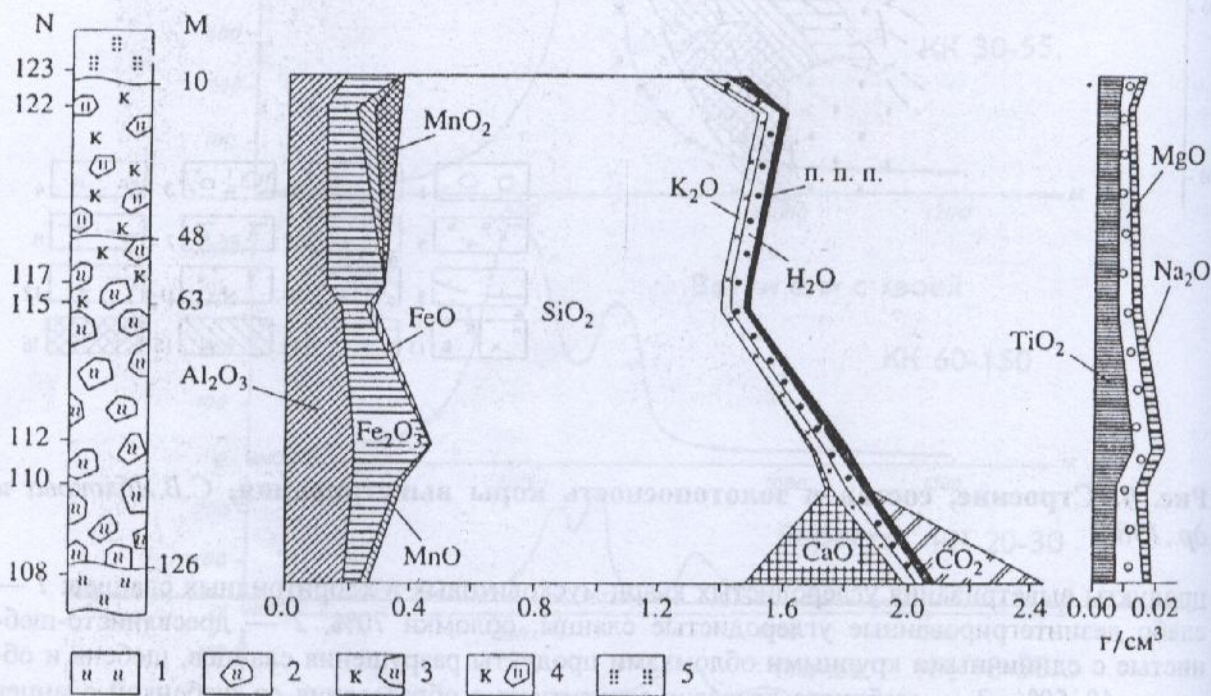


Рис. 10. Геохимическая диаграмма профиля выветривания рудоносных метасоматитов, А.Д.Генкин и др., 1994:

безуглеродистые метасоматиты и продукты их выветривания: 1 — неизмененные, 2 — гидрослюдистые, 3 — гидрослюдяно-каолининовые; продукты выветривания углеродсодержащих метасоматитов: 4 — гидрослюдяно-каолининовые, 5 — каолининовые

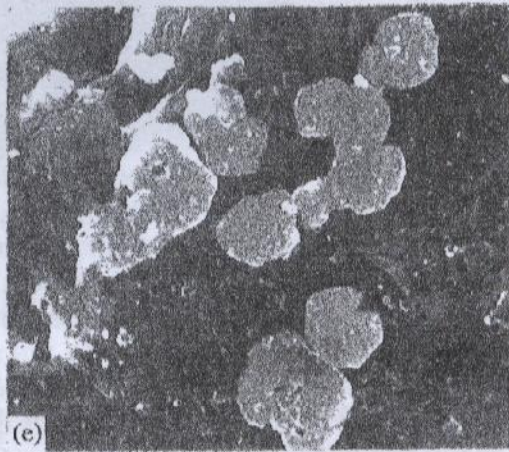
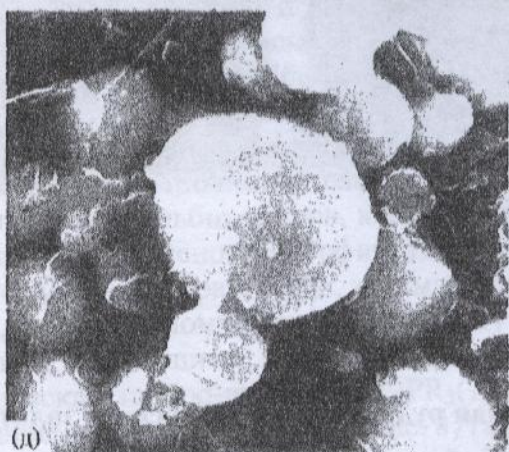
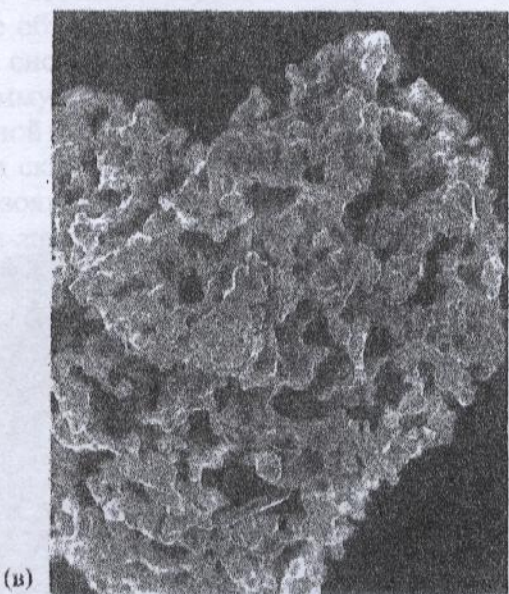
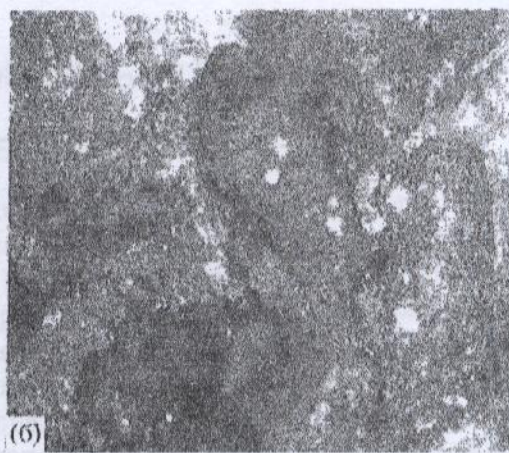


Рис. 11. Гипергенное золото, А.Д.Генкин и др., 1994:

остаточное золото: **а** — вторичное золото (белое) и псевдоморфозы гетита по арсенопириту (светло-серые) в мелкозернистой основной массе, сложенной гетитом и трипунитом (темно-серая), *полированный шлиф, без анализатора, увел. 850*; **б** — включения золота (белые) в псевдоморфозах гетита по арсенопириту, *полированный шлиф, без анализатора, увел. 900*; **в** — губчатый сросток золота, СЭМ, *увел. 750*; **г** — игольчатые кристаллы золота, СЭМ, *увел. 920*; **д** — глобулы, СЭМ, *увел. 13600*; **е** — пластинчатые кристаллы, СЭМ, *увел. 1600*



1 см

Рис. 12. Пирит-арсенопиритовая вкрапленная руда с тонкодисперсным золотом, из коллекции М.М.Константинова

5.2. С ВУЛКАНОГЕННО-КАРБОНАТНЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ КОММУНАР*

Коммунарское золоторудное поле расположено на восточном крыле антиклинария Кузнецкого Алатау, который является составной частью Алтае-Саянской складчатой области. В строении этой территории принимают участие сложно дислоцированные эффузивно-осадочные образования верхнепротерозойского-верхнекембрийского возраста, прорванные интрузивными породами различного возраста и состава.

Геологическая позиция рудных узлов и полей в Кузнецком Алатау, как это показано К.Р.Рабиновичем (1973 г.), определяется связью с протоорогенными гранитоидами пестрого состава и скрытыми глубинными разломами фундамента, причем наиболее крупные объекты (Коммунар, Центральное и др.) располагаются на пересечении трех-четырёх систем разломов.

Коммунарское рудное поле приурочено к осевой части и восточному крылу одноименной горст-антиклинали, имеющей почти меридиональное простирание; она осложнена складками более высоких порядков и сложена породами двух толщ верхнего протерозоя: нижней — белоюсской и верхней — полуденной свитами. Углы падения крыльев антиклинали колеблются от 15 до 70°. В породах полуденной свиты, слагающих крылья структуры, развиты дополнительные складки, имеющих отчетливо выраженное северо-восточное направление. Шарнир антиклинали погружается в северо-восточном направлении под углом 27°. Контакт нижней и верхней толщ на западном крыле горст-антиклинали проходит по разрыву субмеридионального простирания с падением на запад, на восточном крыле контакт согласный, вдоль контакта локализуется силлообразное тело порфиридных диоритов, многократно осложненное тектоническими нарушениями.

Нижняя толща видимой мощностью 1000 м представлена монотонными вулканидами преимущественно средне-основного состава (диабазы, диабазовыми порфиридами, спилитами, лавобрекчиями и агломератами), тяготеющими к верхам разреза, с маломощными прослоями и пачками сланцев, туфопесчаников, известняков и кислых эффузивов. Характерна насыщенность толщи субвулканическими и субинтрузивными телами диабазов, микрогаббро, микродиоритов, слагающих силлы, штоки, дайки. Повсеместно проявлен зеленокаменный метаморфизм.

В составе верхней толщи установлены мраморизованные известняки, углеродисто-кремнистые, известковистые сланцы, туфосланцы, туфоалевролиты, туффиты, туфогравелиты, туфы альбитофиров, кератофиров, порфиритов, кислых эффузивов, рогово-обанковые и пироксеновые порфириты, спилиты и спилитовые диабазы.

Интрузивные образования, занимающие в рудном поле значительные площади, по объему, вещественному составу и возрасту расчленены на ряд комплексов. Выделены комплексы, относящиеся к завершающему этапу геосинклинального развития: 1) субвулканический габбро-диабазовый, $PR_3(?)$, 2) многофазовый габбро-диоритовый, PR_3-C_1 (древние габброиды); и орогенные: 3) габбро-плагиогранитный, C_2-C_3 (т.н. додевонские гранитоиды), 4) габбро-сиенитовый, S_2-D_1 , распространенный в основном восточнее площади рудного поля.

Золоторудные тела относятся к трем основным морфологическим типам: жильному, штокверковому, линзовидному.

Среди жил выделяются: секущие одиночные плитообразные золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые жилы в порфиридных диоритах, согласные сложные

* По материалам Т.Н.Косовец и др.(1998)

жилы, сопровождаемые кварцевым прожилкованием; золото-сульфидно-кварцевые и золото-кварцевые линзообразные жилы в контактах пород и тектонических швах.

Штокверки представлены линейным и лестничным типами. Линейные штокверки развиты в силлах порфиридных диоритов (золото-, золото-актинолит-, золото-сульфидно-, золото-карбонат-кварцевые); в андезито-базальтовых порфиритах, скарнах, скарнированных и окварцованных породах Солгонской интрузии локализуются штокверки с золото-кварцевым составом прожилков. Лестничные штоки развиты в дайках различного состава и возраста.

Сульфидные линзы и участки гнездово-прожилково-вкрапленной сульфидизации в виде согласных залежей развиты в контактах порфиридных диоритов и андезито-базальтовых порфиритов и секущих тел — в диорит-порфиритах, известняках.

Для золото-кварцевых жил характерна плитообразная форма, небольшая мощность (0,2–0,5 м), длина по простиранию от 20–50 м до 140–165 м, средние значения содержаний золота; по падению они выклиниваются на глубине 50–60 м.

Минеральный состав руд — золото-кварцевый, с небольшим количеством сульфидов (пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит). Золото свободное, ассоциирует с кварцем, распределение его неравномерное.

Из жильных минералов в рудах отмечаются: кварц, актинолит, карбонат, хлорит, эпидот, мусковит, реже альбит, из рудных присутствуют золото, ильменит, магнетит, пирит, халькопирит, пирротин, арсенопирит, висмутин, теллуровисмутит, гематит, сфалерит и другие.

Выделяются два структурно обособленных и лишь локально совмещенных минеральных комплекса, соответствующих двум этапам минераобразования. В I этап — промышленного оруденения — формируется ранний минеральный комплекс, золото-(сульфидно)-альбит-актинолит-кварцевый, слагающий жилы, штокверки и наложенный на магнетитовые скарны. Он включает золото-(альбит)-актинолит-кварцевую, золото-кварцевую, золото-сульфидно-кварцевую и золото-хлорит-кальцит-кварцевую минеральные ассоциации. Во II этап — непромышленного оруденения — вдоль тектонических нарушений северо-восточного простирания и по дайкам, секущим золоторудные тела, развивается серебро-галенит-сфалерит-кварцевый слабо золотоносный минеральный комплекс, представленный минеральными ассоциациями: золото-шеелит-кварцевой, галенит-сфалерит-кварцевой с низкими содержаниями золота и повышенными концентрациями серебра. При наложении на руды I этапа эта минерализация попадает в контур промышленного оруденения.

Пострудные ассоциации третьего этапа представлены кварц-карбонатными и кварц-карбонат-пренитовыми парагенезисами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас морфоструктур рудных полей* / Под ред. П.Ф.Иванкина. — Л.: Недра, 1973.
2. *Косовец Т.Н., Варгунина Н.П., Мачильский В.А. и др. Месторождение Коммунар в Кузнецком Алатау — геология и перспективы после столетней отработки // Руды и металлы, 1998, № 4.*
3. *Методические рекомендации по поискам и оценке месторождений благородных металлов в районах с недостаточно обеспеченной сырьевой базой. — М.: ЦНИГРИ, 1991.*
4. *Фогельман Н.А., Шабаловский А.Е. Условия локализации штокверковых месторождений в пределах Коммунарского рудного поля на восточном склоне Кузнецкого Алатау // Тр. Института Нигризолото, 1956, вып.21.*

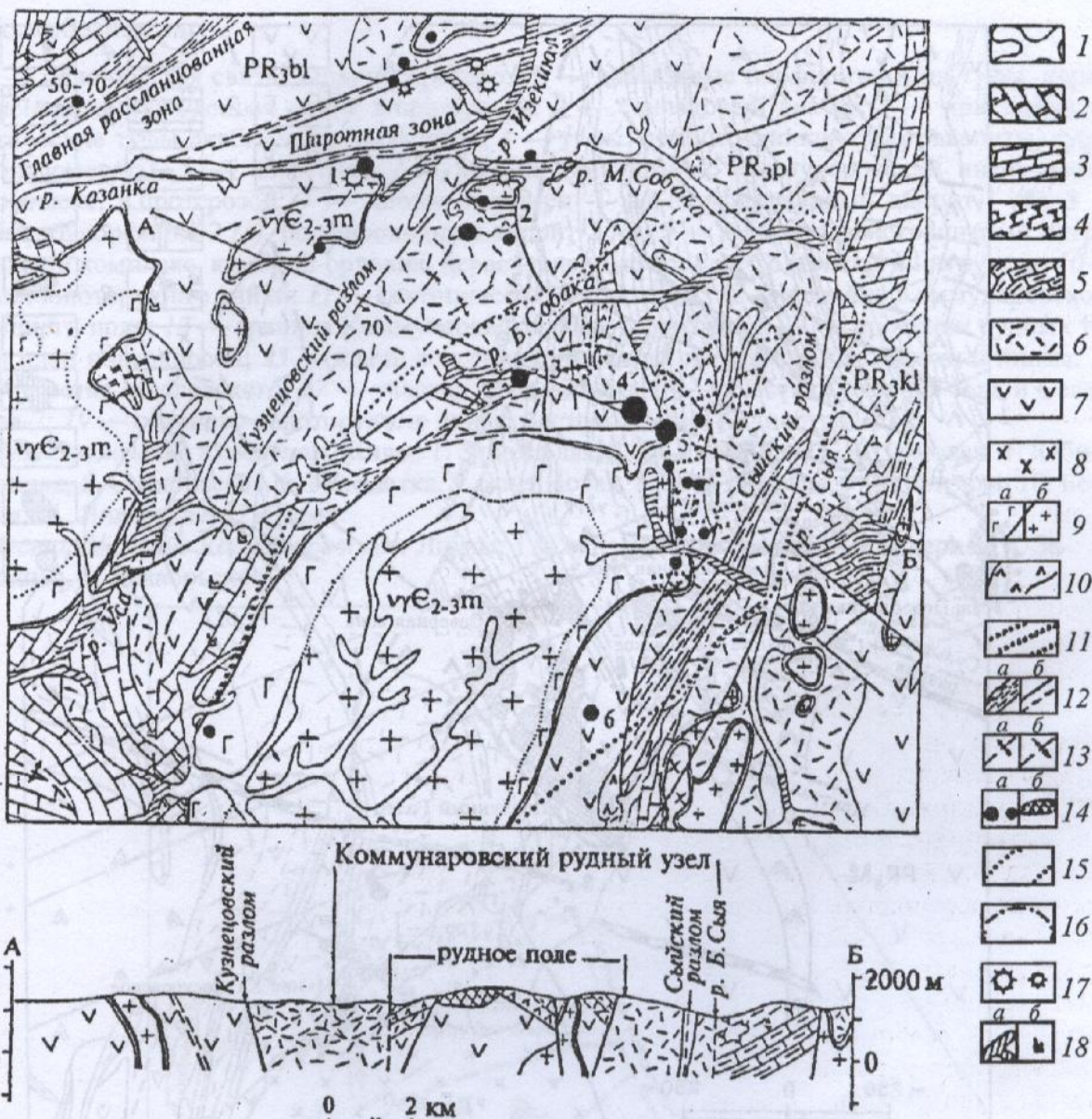


Рис. 1. Геолого-структурная позиция Коммунарковского рудного поля

1 — аллювиальные четвертичные отложения; 2 — мраморы, глинистые, кремнистые сланцы, песчаники, конгломерато-брекчии усинской свиты (C_{1us}); верхнепротерозойские отложения: 3 — доломиты мартюхинской свиты (mr); 4 — основные эффузивы и их туфы, известняки, песчаники кульбюрстюгской свиты (kl); 5 — антраксолитовые известняки, основные эффузивы и их туфы тюримской свиты (tr); 6 — мраморизованные известняки, сланцы, туфопесчаники, андезитовые порфиры, фельзиты полуденной свиты (pl); 7 — зеленокаменные основные и средние эффузивы и их туфы, прослои известняков, сланцев, песчаников белоюосской свиты (bl); 8 — дайки и мелкие штоки габбро, сиенитов, адамеллитов саганахольского габбро-сиенитового комплекса (vsS_2-D_1sg); 9 — мартайгинский габбро-плагиигранитный комплекс (vyE_{2-3m}): а — габбро, диориты, кварцевые диориты, б — гранодиориты, монцониты, сиенито-диориты; 10 — малые интрузии и дайки габбро-диоритов, диорит-порфиритов коммунарковского зеленокаменного комплекса (vdR_3-E_2km); 11 — дайки кварцевых диорит-порфиритов, сиенито-диоритов, лампрофиров; 12 — тектонические нарушения: зоны смятия и расланцевания (а), установленные и предполагаемые разрывы (б); 13 — осевые линии складок: антиклинальных (а), синклиналиных (б); 14 — золоторудные месторождения: а — 1. Спасское, 2. Кузнецовское, 3. Таисыинское, 4. Коммунар, 5. Калиостровское, 6. Баданское, б — месторождение Коммунар на разрезе; 15 — границы Коммунарковского рудного узла; 16 — границы Коммунарковского рудного поля; 17 — вольфрамовые месторождения и проявления; 18 — проявления золота: россыпи (а), свалы золотоносного кварца (б)

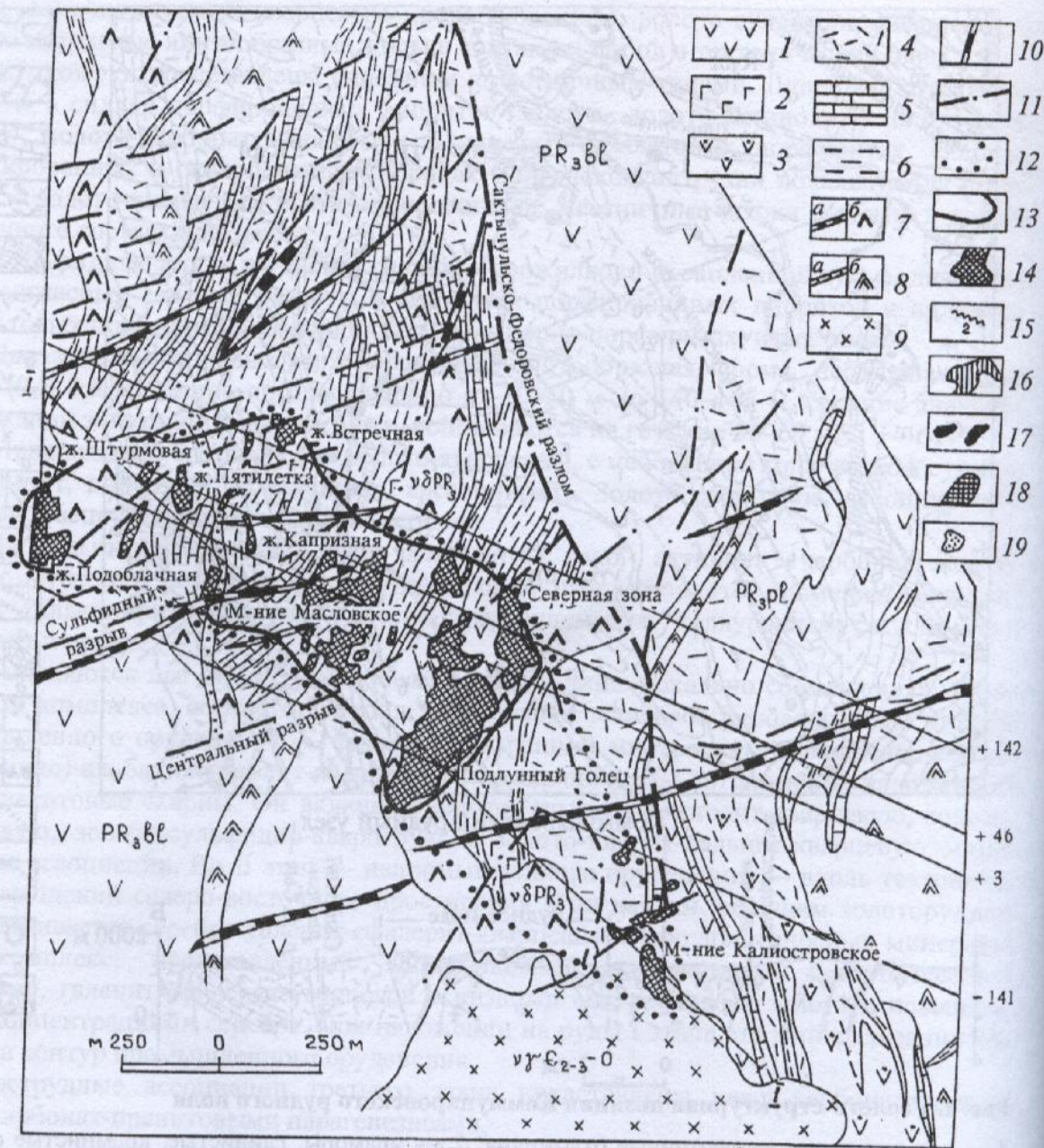


Рис. 2. Геолого-структурная карта Коммунарского рудного поля

Усл. обозн. к рис. 2:

1 — белоиюсская свита, верхний протерозой — диабазовые порфириды и их туфы, нерасчлененные; полуденная свита, в. протерозой: 2 — спилитовый диабаз, 3 — кристаллокластические туфы диабазового порфирита, 4 — туфы, туфопесчаники, туфогравелиты, туфоконгломераты, 5 — известняк, 6 — кремнистый сланец; коммунаровский интрузивный комплекс, в. протерозой; 7 — диорит-порфирит-1 (а), порфиридный диорит-1 (б), 8 — диорит-порфирит-2 (а), порфиридный диорит-2 (б); 9 — габбро-плагиогранитный интрузивный комплекс, кембрий-ордовик, нерасчлененные породы Солгонского интрузива; 10 — постзолоторудные дайки: 11 — тектонические нарушения; 12 — граница Коммунарского рудного поля; 13 — граница Коммунарского месторождения; 14 — проекции рудных тел на план поверхности; 15 — кварц-золоторудные жилы, на разрезе; штокверки и линзы: 16 — участка Масловского, 17 — участка Апрельского, 18 — участка Северная зона и Северная-2; 19 — скарново-золоторудные линзы месторождения Калиостровское

Месторождение Коммунар. Жилы: 1. Запоздалая, 2. Подоблачная, 3. Штурмовая, 4. Юбилейная, 5. Октябрьская, 6. Пятилетка, 7. Зона Новая, 8. Зона Пологая, 9. Капризная, 10. Белая, 11. Январская, 12. Серая

Месторождение Калиостровское. Линзы: 1. Южная, 2. Центральная, 3. Северная, 4. Западная, 5. Декабрьское

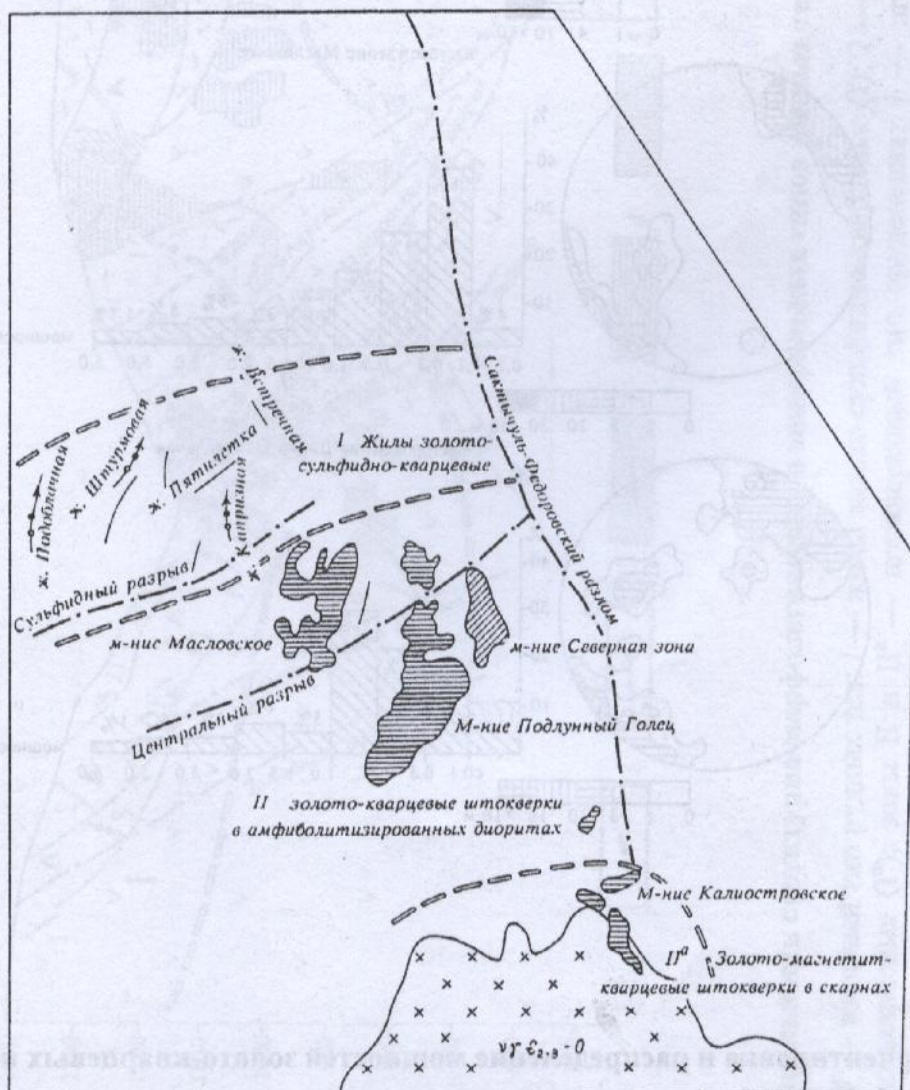


Рис. 3. Латеральная зональность структурно-морфологических и минеральных типов рудных тел

Ориентировка
золото-кварцевых прожилков

Распределение мощностей прожилков

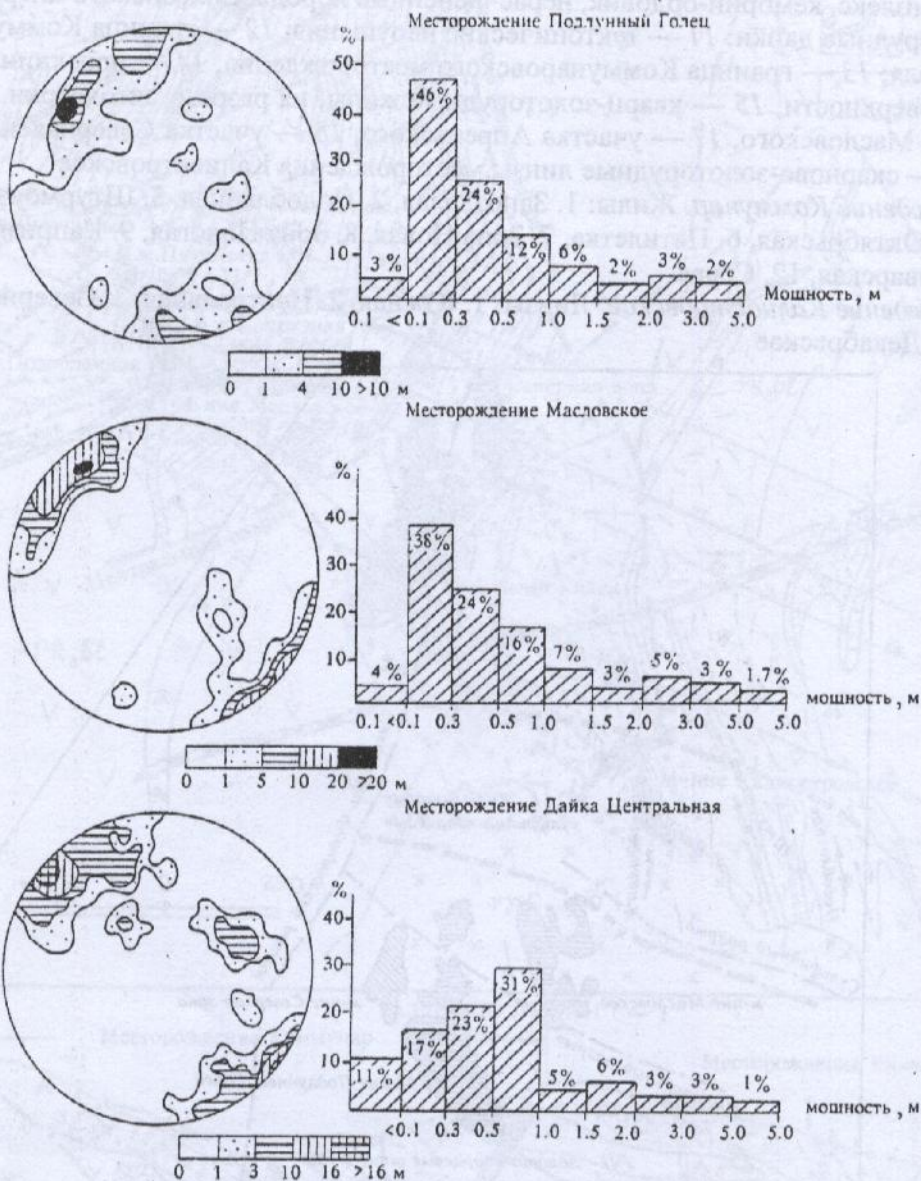


Рис. 4. Ориентировка и распределение мощностей золото-кварцевых прожилков в рудных штокверках

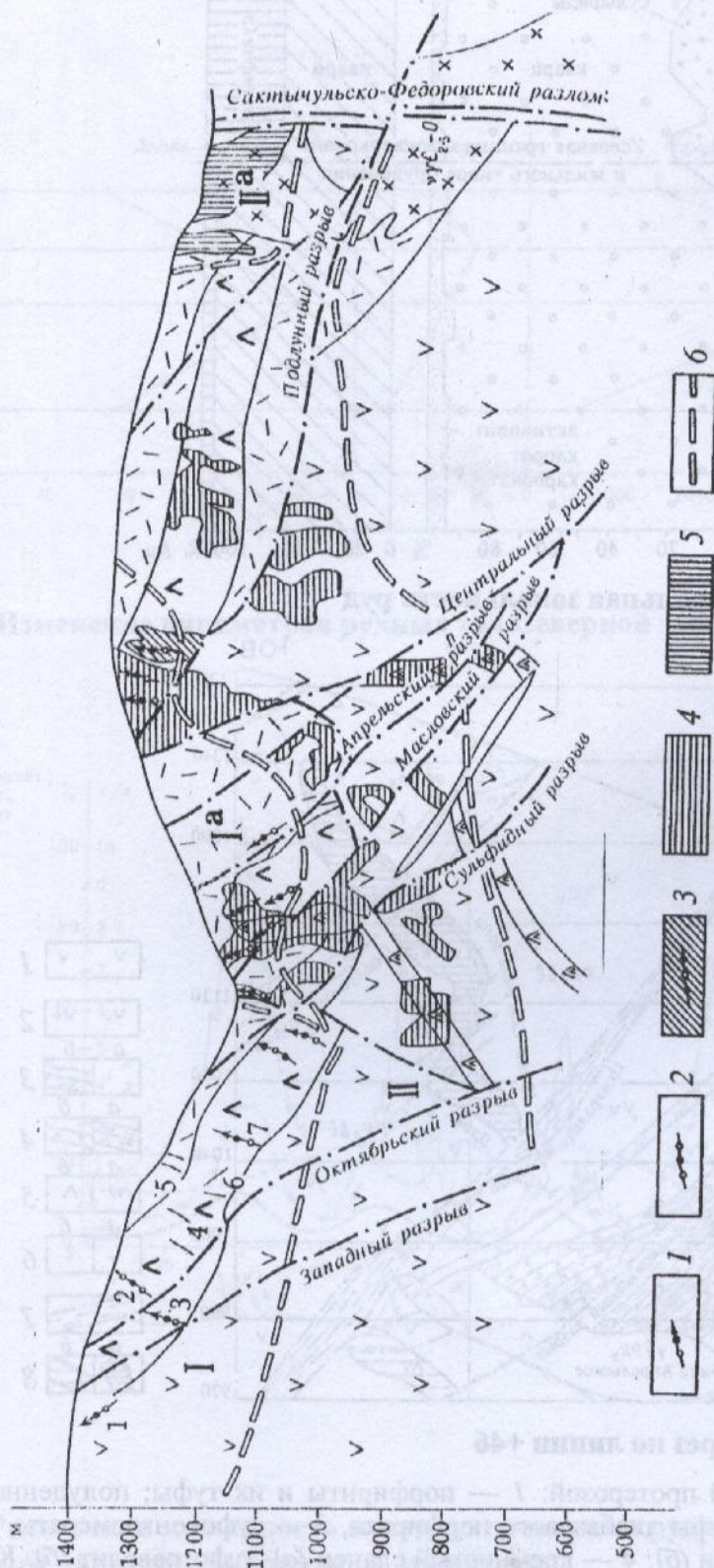


Рис. 5. Зональность структурно-морфологических и минеральных типов рудных тел в вертикальном разрезе

зоны I и I^a — жилый тип рудных тел: I — жилы золото-сульфидно-кварцевые (I); 2 — жилы золото-кварцевые; 3 — жилы золото-сульфидно-кварцевые (I^a); зоны II и II^a — штокверковый тип оруденения: 4 — штокверки с золото-кварцевым прожилково-вкрапленным оруденением (II); 5 — штокверки с золото-магнетит-кварцевым прожилково-вкрапленным оруденением (II^a); 6 — графитовые жилы с различным структурно-морфологическими типами оруденения; жилы: 1. Подоблачная, 2. Юбилейная, 3. Штурмовая, 4. Октябрьская, 5. Новая, 6. Встречная, 7. Капризная

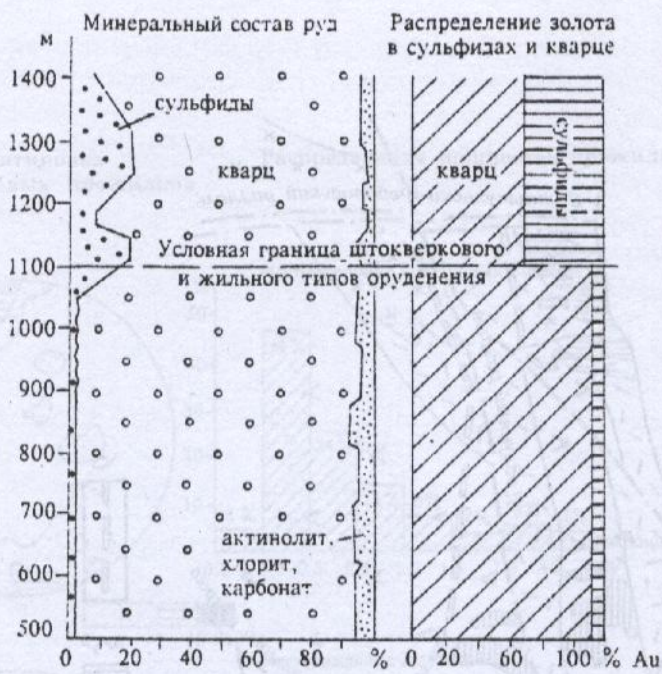


Рис. 6. Вертикальная минеральная зональность руд

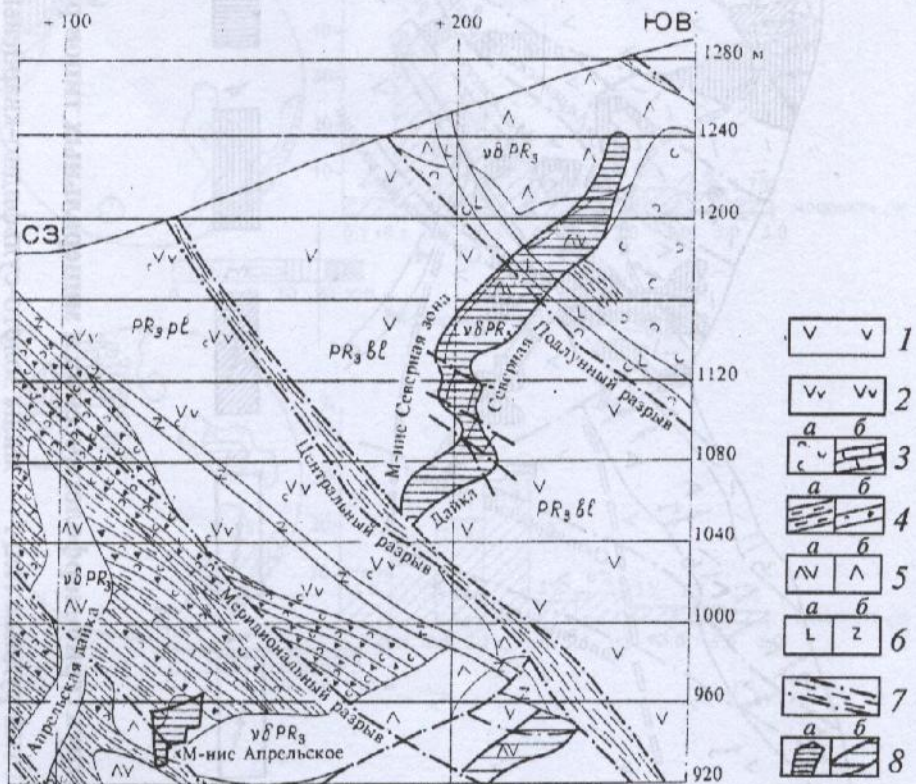


Рис. 7. Геологический разрез по линии +46

белоюсская свита, верхний протерозой: 1 — порфириты и их туфы; полуденная свита, верхний протерозой: 2 — туфы диабазового порфирита, 3 — туфоконгломераты, гравелиты, песчаники (а), известняки (б); 4 — кремнистый сланец (а), туфогравелит (б); Коммунарковский интрузивный комплекс: 5 — диорит-порфирит (а), порфиroidный диорит (б); 6 — постзолоторудные дайки малхита (а), долерита (б); 7 — тектонические разрывы; 8 — рудные тела отработанные (а) и неотработанные (б)

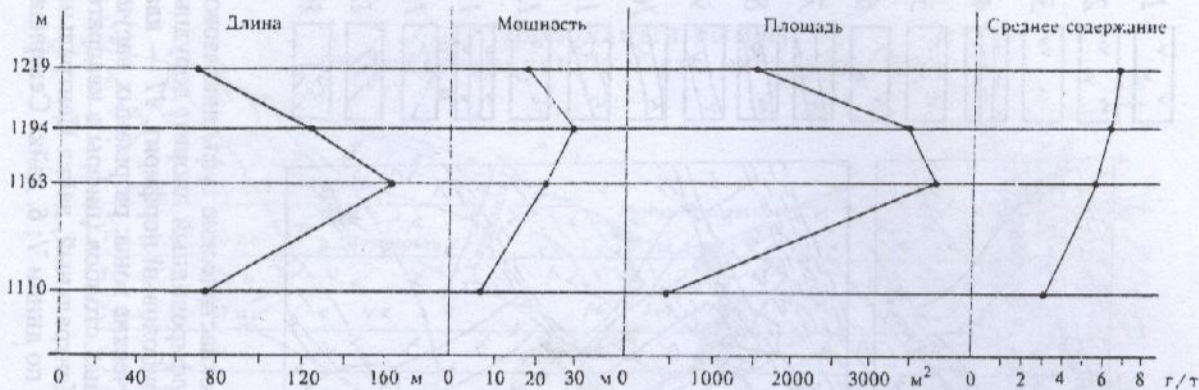


Рис. 8. Изменение параметров рудных тел Северной зоны

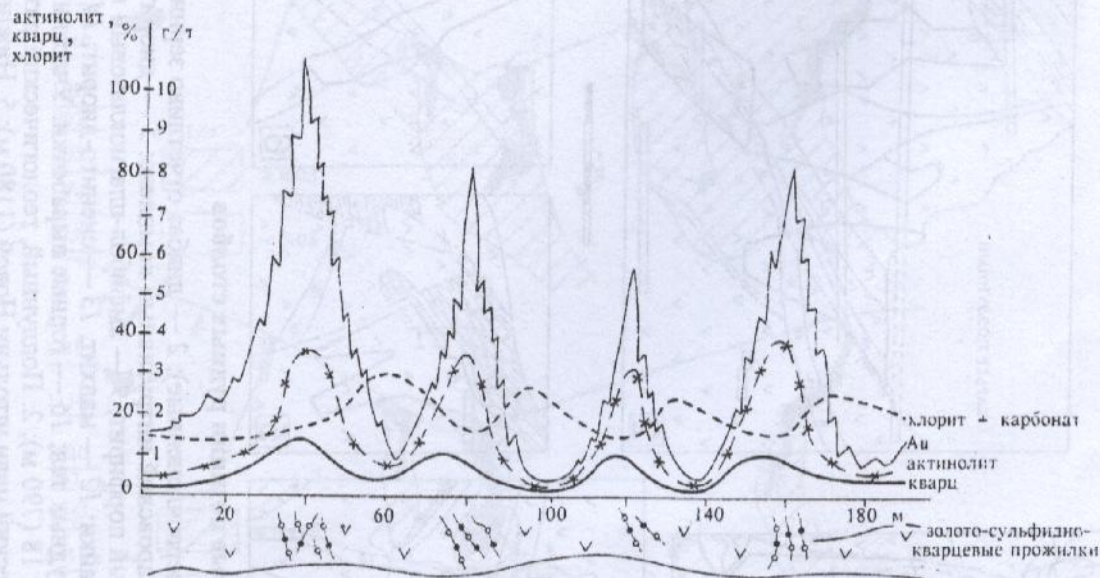


Рис. 9. Ритмичная зональность метасоматических и рудных образований в рудовещающей дайке порфиридных диоритов

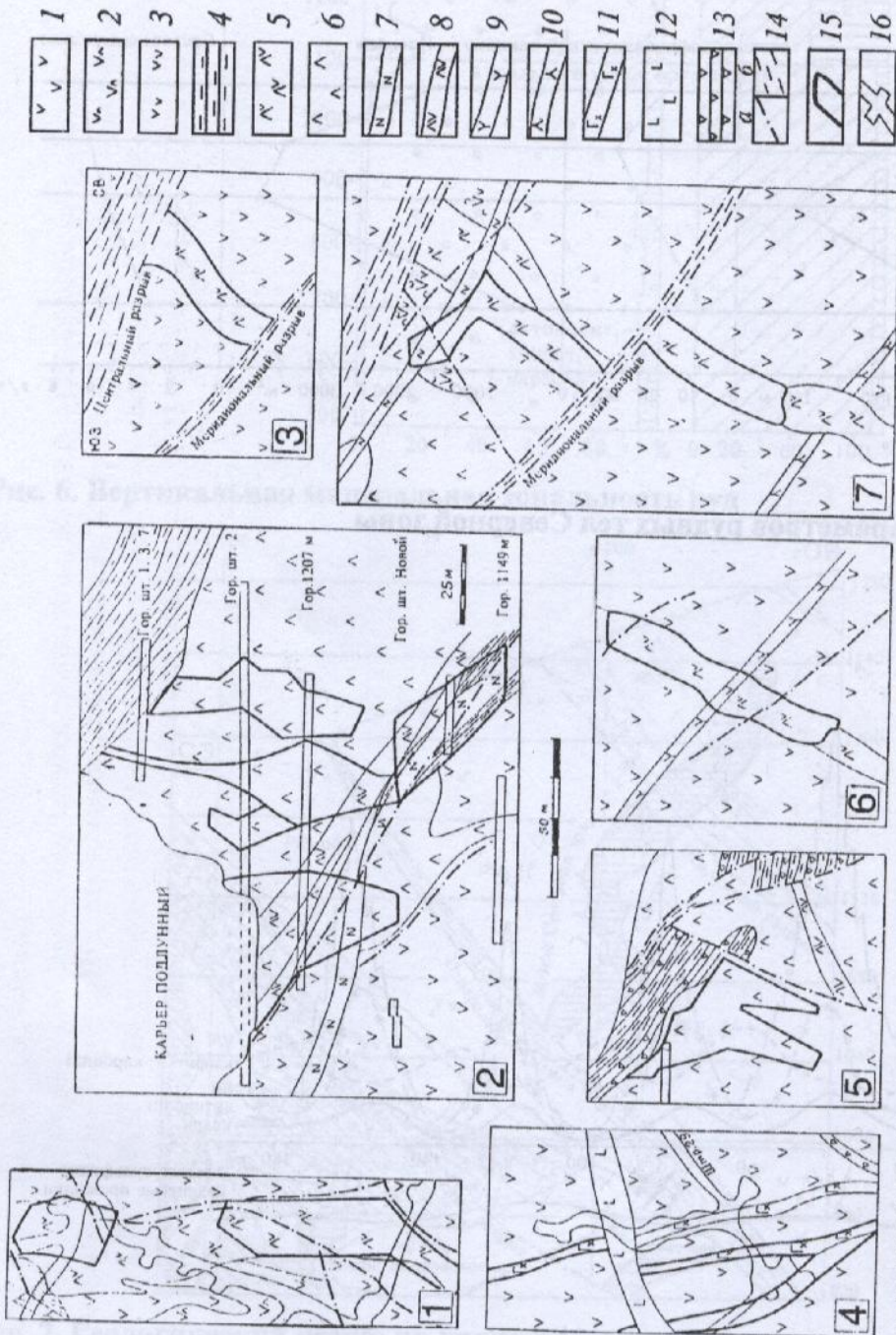


Рис. 10. Типовые структурные позиции рудных столбов

1 — порфиры и их туфы (нерасчлененные); 2 — диабаз отчетливо зернистый; 3 — кристаллокластические туфы диабазового порфира; 4 — кремнистые сланцы; Коммунарковский интрузивный комплекс; 5 — диорит-порфирит, 6 — порфировидный диорит; дорудные дайки; 7 — микродиорит, 8 — плагиоклазовый порфирит, 9 — амфибол-плагиоклазовый порфирит, 10 — амфиболовый порфирит, 11 — кварцевый монзонит-порфир; постзолоторудные дайки: 12 — малхит, 13 — сиенито-диорит; 14 — мощные тектонические зоны: разрывных нарушений (а); расланцевания (б); 15 — контуры рудных тел; 16 — горные выработки. Части распределения рудных столбов (цифры в квадрате): 1. Центральная, геологический план штольни Новой (1180 м); 2. Подлунный, геологический разрез по линии 8; 3. Центральная, план штольни Новой (1180 м); 5. Нижне-Подлунный, разрез по линии V; 6. Дайка Северная-2, разрез по линии +6

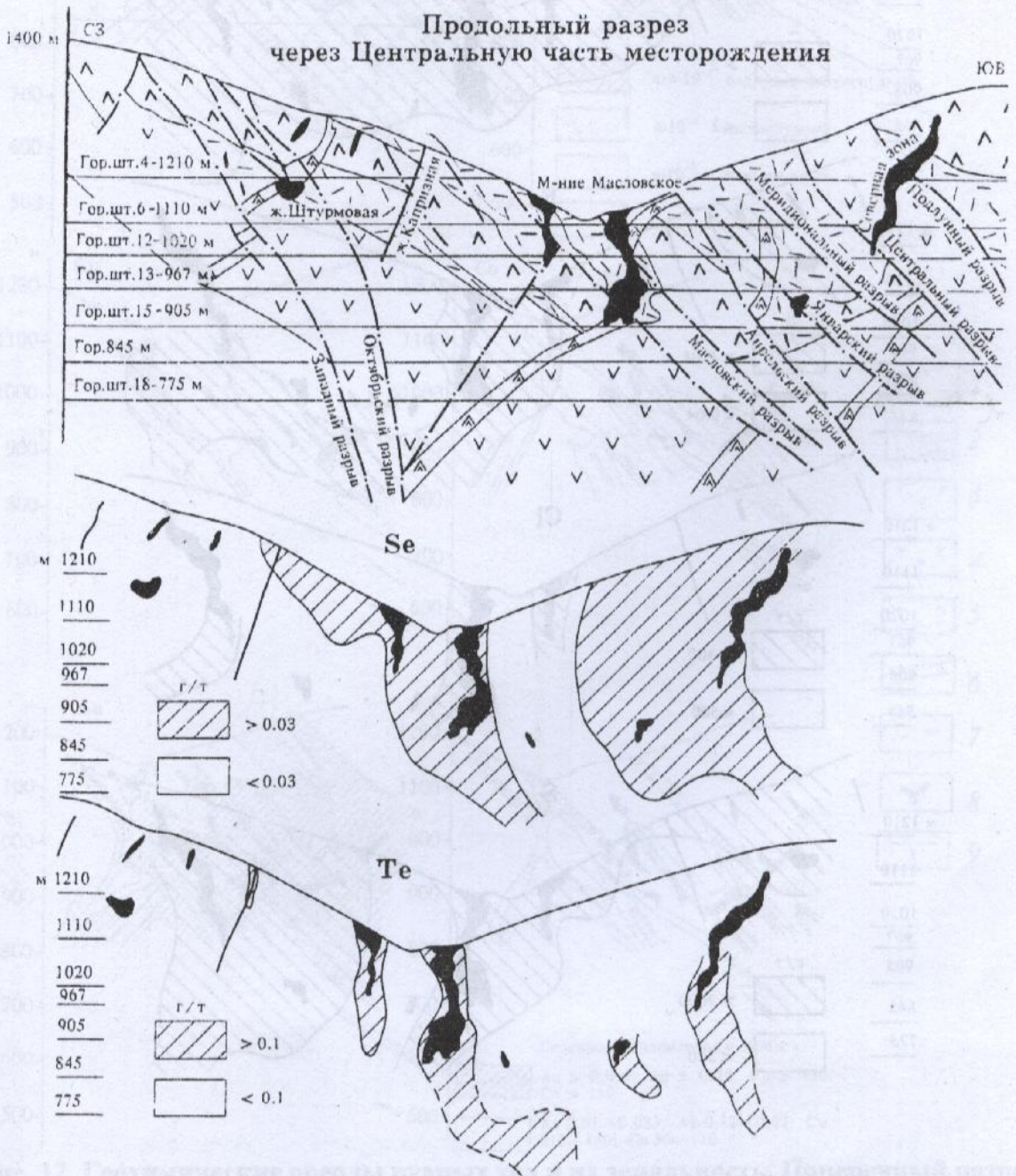
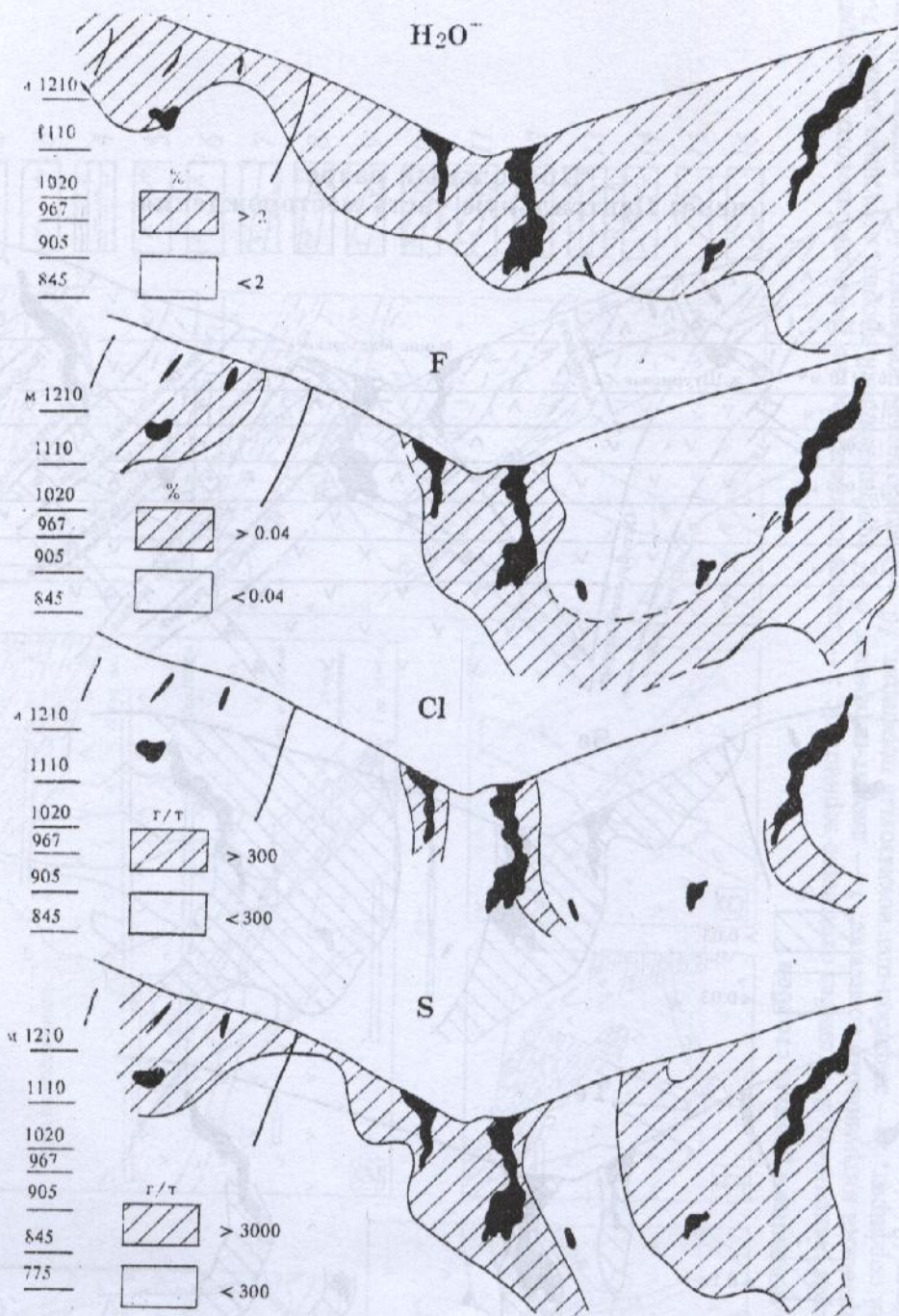


Рис. 11. Геохимические ореолы месторождения и их зональность



Продолжение рис. 11

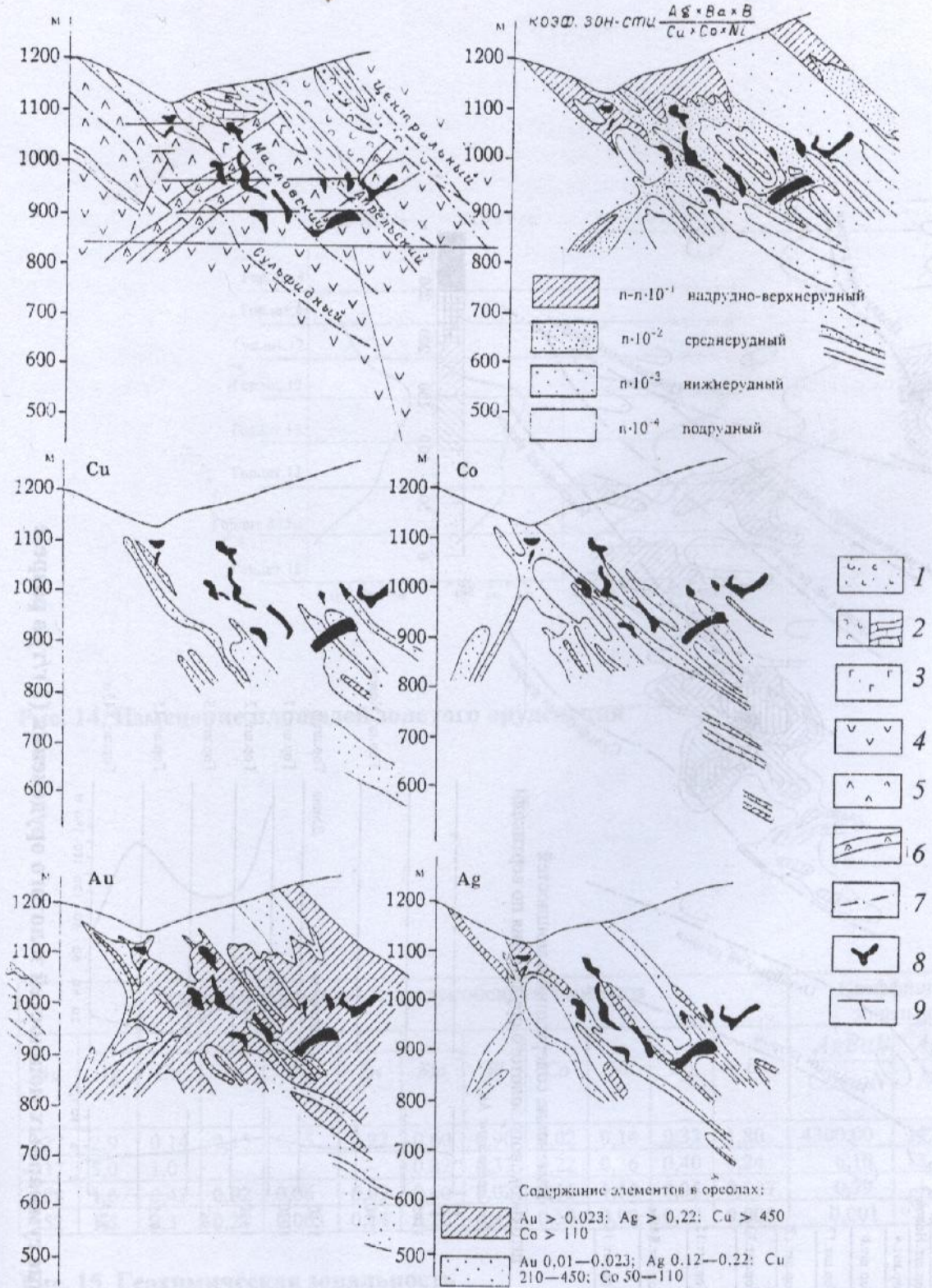
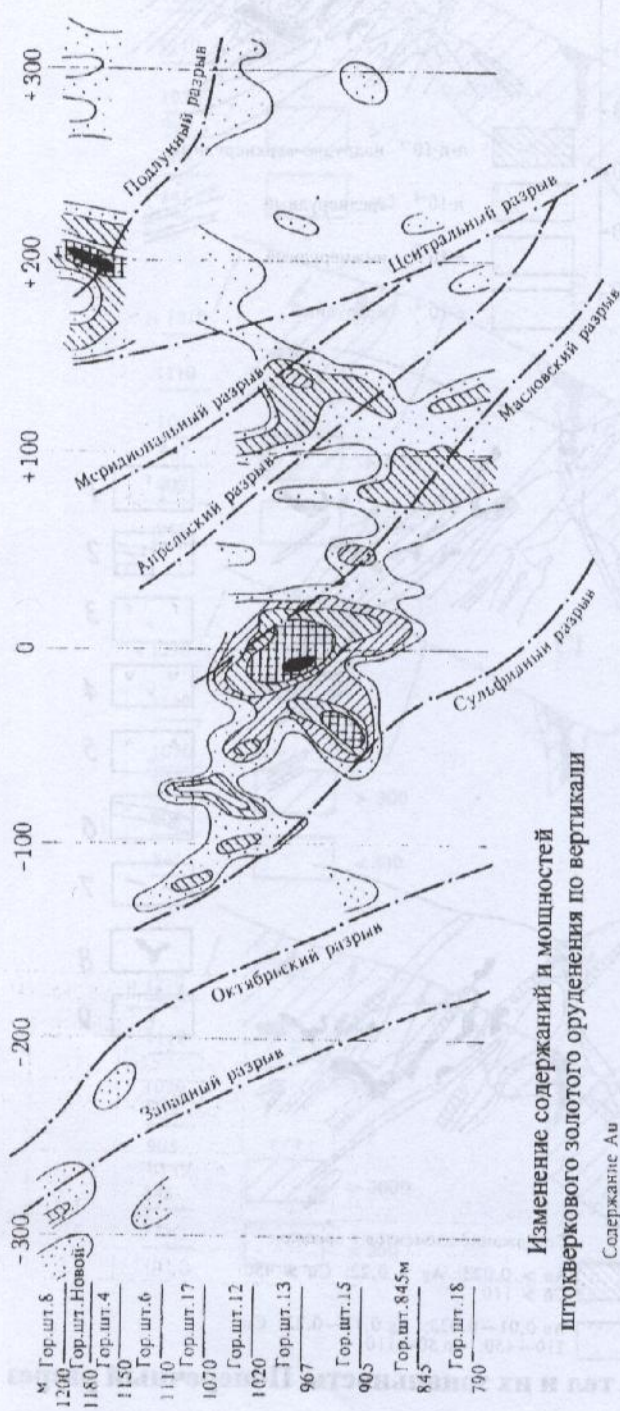


Рис. 12. Геохимические ореолы рудных тел и их зональность. Поперечный разрез по линии +3:

полуденная свита PR_{зр1}: 1 — кристаллокластические туфы диабазовых порфиритов; 2 — нерасчлененные породы: туфо-конгломераты, гравелиты, сланцы, песчаники (а), известняки (б); 3 — спилитовый диабаз; 4 — белоюсская свита PR_{зр1}, нерасчлененные порфириты и туфы; субвулканические и интрузивные образования: 5 — порфиroidный диорит, 6 — дорудные дайки порфиroidного диорита-2; 7 — разрывные нарушения; 8 — рудные тела; 9 — опробованные выработки



- м Гор. шт. 8 1200
- Гор. шт. Новой 1180
- Гор. шт. 4 1150
- Гор. шт. 6 1110
- Гор. шт. 17 1070
- Гор. шт. 12 1020
- Гор. шт. 13 967
- Гор. шт. 15 905
- Гор. шт. 845м 845
- Гор. шт. 18 790

Изменение содержания и мощностей штокервального золотого оруденения по вертикали

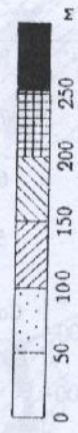
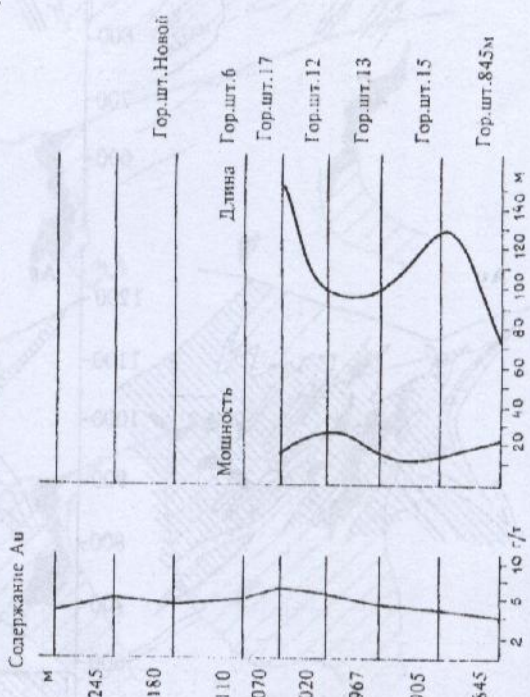


Рис. 13. Распределение суммарных мощностей золотого оруденения (1 г/т) в разрезе

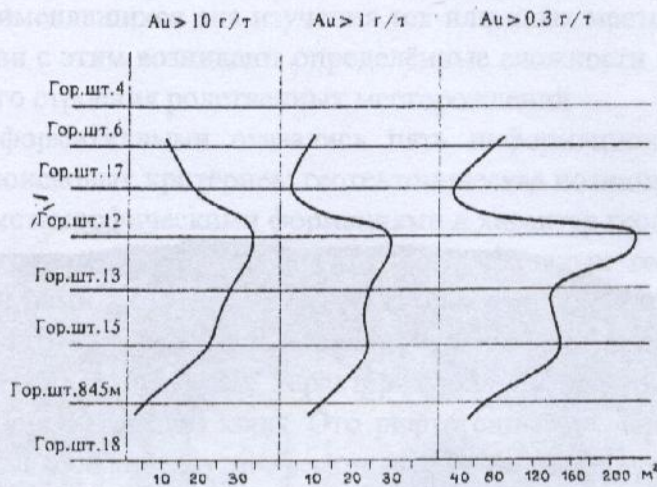


Рис. 14. Изменение площадей золотого оруденения

Удельные нормативные продуктивности элементов												Коэффициенты зональности		
<i>Au</i>	<i>Ag</i>	<i>Cu</i>	<i>As</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Mo</i>	<i>W</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Ba</i>	<i>B</i>	$\frac{AgBaB}{CuCoN}$	$\frac{Ag}{Ni}$	$\frac{Ba}{Co}$
127	2,9	0,14	0,15	0,15	0,27	0,60	0,90	0,02	0,14	0,33	1,80	4300,00	21,0	16,5
737	5,0	1,0	—	—	—	0,82	0,33	0,22	0,36	0,40	0,24	6,10	13,9	1,80
288	1,6	0,42	0,02	0,06	0,03	0,60	0,02	0,15	1,50	0,05	0,007	0,79	1,1	0,33
52	1,5	2,3	0,21	0,003	0,14	0,20	0,45	0,50	0,90	0,20	0,005	0,001	1,7	0,40

Рис. 15. Геохимическая зональность

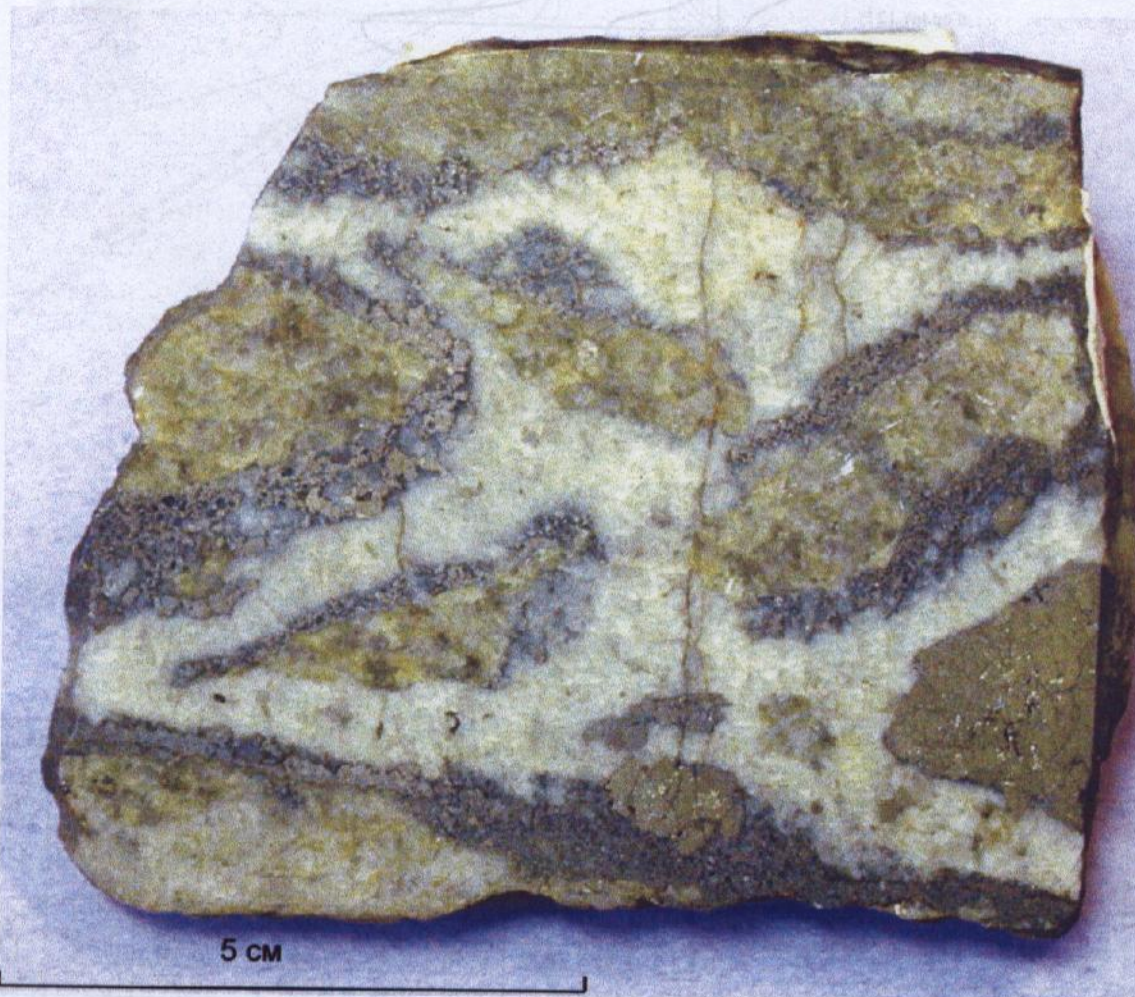


Рис. 16. Золото-кварц-арсенопиритовая жила брекчиевой текстуры. Обломки безрезитизированных пород обрастают золотоносным арсенопиритом, из коллекции *М.М.Константинова*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанию геологического строения золоторудных месторождений мира посвящено немало отечественных и зарубежных публикаций. Описания эти различаются полнотой и подходом авторов, акцентирующих внимание на различных особенностях геологического строения месторождений, кажущихся авторам наиболее важными. Комплекс методов, применявшихся для изучения тех или иных месторождений, также был неодинаков. В связи с этим возникают определённые сложности при выделении общих черт геологического строения родственных месторождений.

Наиболее информативными оказались пять информационных групп или пять групп прогнозно-поисковых критериев: геотектоническая позиция, связь с осадочными, магматическими, метаморфическими формациями и характер геофизических полей.

Крупные золоторудные месторождения всех основных геолого-промышленных типов (выделяемые нами в отдельный тип месторождения золотоносных кор выветривания стоят несколько в стороне ввиду их явной специфики) расположены в разновозрастных тектонических структурах, характеризующихся в период рудогенеза повышенной проницаемостью земной коры. Это рифтогенные, геосинклинальные структуры, континентальные вулcano-плутонические пояса, древние зеленокаменные пояса.

Осадочные формации, к которым приурочены крупные золоторудные месторождения, обычно представлены перемежающимися толщами и слоями терригенных и карбонатных пород различных фаций. Чем выше их неоднородность, тем более благоприятна обстановка для локализации крупных рудных масс.

Для рудных полей, к которым приурочены крупные золоторудные месторождения, характерно развитие магматических пород дайкового комплекса преимущественно основного и среднего, реже кислого, состава. При этом важно само наличие дайкового комплекса независимо от того имеет ли он дорудный или послерудный возраст. В других случаях важно наличие субвулканических построек, вскрытых или невскрытых гранитоидных интрузий.

Связь с метаморфическими формациями менее определена, но метаморфизм вмещающих оруденение пород (в региональном плане) как правило, принадлежит средним либо высоким фациям.

Геофизические поля несут косвенную информацию о недоступных непосредственному наблюдению частях геологического разреза. Это информация о зонах разуплотнения, связанных с невскрытыми интрузиями гранитоидов, с линейными зонами повышенной проницаемости, это зоны градиентов, подчеркивающие глубинный характер крупных разломов, характер магнитного поля, отражающий неоднородное строение глубоко залегающего субстрата. Интерпретация геофизических полей может быть неоднозначной, но сами они достаточно характерны для различных типов месторождений.

Казалось бы, информация о геохимических полях в процессе разбраковки территории должна была бы иметь первостепенное значение. Однако неравномерность геохимической изученности территорий, применение на различных площадях неодинаковых методов, наборов элементов-индикаторов, методов анализа, иногда полное отсутствие на некоторых площадях геохимических данных, не позволяют использовать эту информацию при разбраковке территорий. Следует, однако, отметить, что крупные ме-

сторождения практически всех геолого-промышленных типов сопровождаются геохимическими ореолами сурьмы, мышьяка, ртути. При анализе геологической обстановки на конкретных рекомендуемых площадях информацию о геохимических полях трудно переоценить, но и при этом она часто оказывается неполной, в большинстве случаев требуется геохимическое доизучение площадей.

Реальные поисково-прогнозные критерии для геолого-промышленных типов месторождений приведены в таблице.

На основе анализа геологического строения конкретной территории с использованием перечисленных пяти групп поисково-прогнозных критериев, независимо от наличия или отсутствия сведений о её рудоносности, она может быть разбракowana по степени перспективности на выявление крупных золоторудных месторождений конкретных геолого-промышленных типов. Такая работа проведена по территории Кемеровской области.

Соответственно для каждого типа месторождений построено по пять карт, на которых вынесены площади, где каждая из групп поисково-прогнозных критериев подтверждает их перспективы. Совмещение карт дало возможность ещё более локализовать перспективные для поисков площади. При этом площади разделились по степени достоверности прогноза: в одних случаях совпали все пять элементов, в других четыре, три.

Совмещение прогнозных карт на конкретные типы месторождений позволило создать сводную прогнозную карту Кемеровской области, на которой выделены площади перспективные на обнаружение крупных месторождений золота ведущих геолого-промышленных типов. В некоторых случаях площади, перспективные на выявление месторождений тех или иных типов, чаще частично, взаимно перекрываются. Общая площадь, рекомендуемая для постановки поисковых работ, по отношению к площади, на которой известны рудные или россыпные проявления и месторождения золота (а это все горное обрамление Кузнецкой котловины) сокращена в пять раз.

Месторождения конкретных геолого-промышленных типов характеризуются также другими геологическими характеристиками, которые образуют систему локальных поисково-прогнозных критериев, которые также приведены в таблице. К ним относятся особенности структуры рудного поля, характер рудовмещающих пород и околорудных изменений, морфология рудных тел, основные минеральные ассоциации, особенности геохимических полей. Особо при организации поисковых работ следует учитывать, является ли искомое оруденение россыпеобразующим.

Поиски золоторудных месторождений часто проводились по принципу «к золоту от золота», то есть, ищи новые месторождения золота, идя к ним от известных. В определенной мере этот принцип справедлив, но слепое следование ему не позволяло выйти на золотое оруденение не россыпеобразующих типов. С другой стороны, комплекс применяемых поисковых методов, набор элементов индикаторов при геохимических исследованиях более всего подходил для поисков традиционных для региона месторождений золото-кварцевой формации в Кузнецком Алатау, комплексных золото-полиметаллических месторождений на Салаире. В некоторых случаях при проведении геологосъемочных работ в краевых частях Кузнецкого прогиба, геохимическое изучение носило формальный характер. Эти обстоятельства позволяют говорить о недоизу-

ченности территории Кемеровской области на выявление крупных золоторудных месторождений.

При наложении на прогнозную карту регистрационной карты проявлений и месторождений золота, карт геохимических полей (ранее не учитывавшихся при построении прогнозной карты), обнаружилось, что в одних случаях проявления и месторождения легли на прогнозируемые площади, в других они попали в промежутки между ними. В последнем случае, несмотря на наличие прямых признаков оруденения, крупные месторождения не ожидаются. В третьих случаях на прогнозируемых площадях проявления и месторождения (в первую очередь рудного) золота, а также геохимические ореолы, неизвестны. Здесь рекомендуется проведение поисковых работ, направленных на выявление месторождений золота конкретных геолого-промышленных типов.

На территории Кемеровской области с наибольшей вероятностью прогнозируются месторождения золото-(мышьяковисто)-сульфидной формации карлинского типа. В зоне сочленения Кузнецкой котловины с обрамляющими её горными сооружениями в условиях сжатия сформировались разрывные структуры от крутопадающих до надвиговых, толщи контрастного существенно терригенного и существенно карбонатного состава смяты в сложно построенные линейные складки, развит дайковый магматический комплекс, возможность нахождения на глубине крупных магматических тел подчеркивается особенностями геофизических полей и т.д.

Немаловажным выводом по итогам работы стали рекомендации по поисковому доизучению ряда площадей, где оказалось недостаточно геологической, шлихо-минералогической и иной информации. Это позволило на прогнозируемых площадях рекомендовать проведение конкретных комплексов поисковых работ.

Разработанная методика несомненно должна совершенствоваться и, в первую очередь в направлении создания соответствующей компьютерной программы, но уже и сейчас она может использоваться для разбраковки практически любой территории для оценки ее перспективности.

Изучая перспективные площади и выявляемое оруденение на поисковой, поисково-оценочной стадиях важно сразу получить представление о возможном технологическом типе руд, что в свою очередь поможет определить целесообразность дальнейших инвестиционных вложений. Разнообразие технологических типов руд значительно больше, чем геолого-промышленных типов месторождений. Исходя из этого во второй книге обобщены сведения по значительно большему количеству месторождений. Собранные в ней сведения позволят на практике уже на начальных стадиях изучения проявлений и месторождений золота определять экономическую целесообразность вовлечения их в дальнейшую оценку и эксплуатацию.

Региональные и локальные поисковые критерии золоторудных месторождений

Геотектонические обстановки	Зеленокаменные поясов	Древних рифтогенных прогибов	Вулкано-плутонических поясов		В зонах активации средних массивов	Подвижных поясов	
			в комплексах основания	в вулкано-плутонических ассоциациях		с терригенно-карбонатным заполнением	с вулканогенно-карбонатным заполнением
Примеры месторождений	Хемло, Морроу Велю, Хоумстейк	Витватерсранд	Зодское Майское типа Карлин	Кубака Каульды Раунд Маунтин	Васильковское	Мурунтау, Школьное. Бакырчик, Олимпиадинское	Коммунар
<i>Региональные критерии</i>							
Позиция в региональных структурах	Региональные зоны расщепления	Межгорные впадины, рифтогенные прогибы	Сопережения и региональных разломов в сочетании с зонами надвигов	Вулкано-тектонические постройки кальдерного типа	Участки пересечений региональных разломов	Поперечные флексуры, сложная складчатость и зоны смятия	Участки пересечений региональными разломами зон скрытых разломов фундамента
Связь с осадочными формациями	Метавулканы и терригенные алевропелитовые осадки	Конгломераты, гравеллиты	Известняково-глинистые толщи, габброиды	Андезитовиды, дациты, риолиты	Полифазные гранодиоритовые интрузивы	Терригенные, терригенно-карбонатные толщи, гранитоидные интрузии	Вулканогенно-карбонатные толщи
Рудовещающие породы	Метаандезиты, дациты, филлиты	Конгломераты, галечники	Мергели, известняки, глинистые сланцы	Риолиты, андезиты, базальты, конгломераты	Гранодиориты, дайки, пестрого состава	Песчаники, глинистые сланцы	Вулканыты
Околорудные изменения	Серичитизация, сульфидизация	Нет данных	Аргиллизация, сульфидизация	Аргиллизация, пропилитизация, адуларизация	Березитизация	Калишпатизация, биогитизация, березитизация	Березитизация
Основные минеральные ассоциации	Золото-пиритовая, золото-арсенопиритовая	Золото-пиритовая, золото-уранинитовая	Золото-арсенопиритовая	Золото-акантитовая, золото-сульфосолевая, золото-теллуридная	Золото-висмут-полиметаллическая, золото-арсенопиритовая	Золото-кварцевая, золото-висмут-полиметаллическая, золото-арсенопиритовая, золото-пиритовая	Золото-арсенопиритовая, золото-полиметаллическая

Морфология рудных тел	Залежи, жильные зоны	Залежи	Залежи, жильные зоны, зоны прожилково-вкрапленной минерализации	Жилы, залежи, жильные зоны	Жилы, штокерки	Жилы, штокерки, залежи	Жилы, штокерки
Связь с магматическими формациями	Древние вулканические постройки с лавитовыми субвулканами	Древние граниты в основании прогиба, послерудные дайки базальтов	Дайки диабазов, гранитпорфиров	Риолитовые и риолитовые субвулканы	Дайковые серии габбро-гранодиоритовых комплексов	Гранитоидные интрузивы	Ареалы гранодиоритовых интрузий, полифазные дайковые комплексы
Связь с метаморфическими формациями	Зеленосланцевая до амфиболитовой фации метаморфизма	Амфиболитовая фация метаморфизма	Нет данных	Нет данных	Нет данных	До кристаллических сланцев и парагнейсов	Нет данных
Особенности геофизических полей	Нет данных	Нет данных	Градиентные ступени гравитационного поля	Осевые части зон разуплотнения, выровненное магнитное поле	Осевые части зон разуплотнения	Периферические части обломков с локальными пологими аномалиями	Периферические части обломков разуплотнения, магнитное поле сложной структуры
<i>Локальные критерии</i>							
Особенности структуры рудного поля	Палеовулканические постройки	Дельтовые постройки крайны прогиба	Интрузивно-купольные поднятия, зонные региональных разломов	Вулкано-купольные поднятия, вулканические кальдеры, вулканотектонические грабены	Очаговые структуры, представленные полифазными плутонами	Интрузивно-купольные структуры, провесы кровли плутонов, сопряжения региональных разломов	Каркасы даек на сопряжениях региональных структур
Россышеобразующий (нероссышеобразующий) тип	Да	Да	Нет или слабо россышеобразующий	Слабо россышеобразующий	Да	Да	Да
Особенности геохимических полей	Аномалии Au, As, Cu	Нет данных	Аномалии Au, Ag, As, Hg	Аномалии Au, Ag, K	Аномалии Au, Cu, Bi, As	Аномалии Au, As, W	Аномалии Au, Cu, Pb, Zl, Sb, Bi

ЛИТЕРАТУРА

- Абишев Ю.Л., Левин Г.Б., Нарсеев В.А., Самарцев И.Т.* Васильковское месторождение // Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М. 1986, с.7–21.
- Айзенштат И.А.* Рудоконтролирующие факторы золотого оруденения Чаткало-Кураминского региона в Узбекистане // Узб.геол.журнал, ФАН, 1974, № 3, с.19–23.
- Амирян Ш.О.* Золоторудные формации Армянской ССР. – Ереван: Изд.АН Арм. ССР, 1984, 303 с.
- Аполлонов В.Н., Кудрявцева Г.П., Щеглов А.Д.* Месторождение золота Хемло в Канаде // Геол.рудн.м-ний, 1992, т.34, № 6, с.80–89.
- Арапов В.А.* Вулканизм и тектоника Чаткало-Кураминского региона. – Ташкент, ФАН, 1983, 255 с.
- Арифулов Ч.Х., Ажгирей Д.Г., Светлов С.А., Блинова Т.А.* Структурные критерии прогнозирования вкрапленно-прожилкового оруденения на рудных полях Средней Азии // Тр.ЦНИГРИ, М., 1983, с.5–13.
- Атлас морфоструктур рудных полей / Под ред. П.Ф.Иванкина.* Л. Недра, 1973.
- Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Пересторонин А.Е.* Карлинский тип золотого оруденения. – Хабаровск, 2001, 160 с.
- Бельков Е.В., Зиннатуллин М.З., Толстихин Ю.В.* Золото-кварцевая формация. Месторождение Школьное // Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М., 1992.
- Бородаевская М.Б., Рожков И.С.* Месторождения золота // Рудные месторождения СССР, 1978, т.3, с.5–75.
- Брагин И.К., Касавченко Г.В., Шер С.Д., Зарембо Ю.Г.* Месторождение Мурунтау // Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии. М., 1986, с.140–159.
- Волков А.В.* Оруденение в интрузивно-купольных структурах Чукотки / Кольма, 1992, № 7.
- Волков А.В., Сидоров А.А.* Уникальный золоторудный район Чукотки. – М. Магадан, 2001, 180 с.
- Гаврилов А.М.* О сингенетичном с сульфидами характере тонкодисперсного золота на золоторудном месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) / Тр.ЦНИГРИ, 1971, вып.96, ч.1, с.159–166.
- Гаврилов А.М., Плешаков А.П.* и др. Субмикроскопическое золото в сульфидах некоторых месторождений вкрапленных руд // Сов. геология, 1982, № 8.
- Генкин А.Д., Лопатин В.А., Савельев Р.А.* и др. Золотые руды Олимпиады (Енисейский кряж Сибири) // Геология рудных месторождений. 1974, т.36, № 3.
- Геология Армянской ССР, т. VI.* Металлические полезные ископаемые. – Ереван: Изд.АН Арм. ССР, 1967, 540 с.
- Геология и металлогения Енисейского рудного пояса.* – Красноярск, 1985.
- Заури Н.М., Исламов Ф.И., Нарсеев В.А.* и др. Изотопно-геохимическая модель близповерхностного золото-серебряного месторождения // Руды и металлы. 1992, с. 46–54.
- Зарембо Ю.Г.* Основные черты стадийности рудообразования на месторождении Мурунтау (Западный Узбекистан) // Тр.ЦНИГРИ, 1968, вып.79, с.279–291.

Зенкова В.И. Условия образования пород и руд месторождения Бакырчик // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата, КазИМС, 1975, вып.5, с.104–113.

Золоторудное месторождение Мурунтау / Ред. Т.Ш.Шаякубов, Ташкент: ФАН, 1998, 540 с.

Иванов В.Н., Гречишников Д.Н., Чижова И.А. и др. Обоснование достоверности разведки Васильковского золоторудного месторождения. – М.: ЦНИГРИ, 1991.

Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. – М.: Недра, 1984, 164 с.

Константинов М.М. Золоторудные месторождения типа Карлин и критерии их выявления // Руды и металлы. 2000, № 2, с.70–76.

Константинов М.М. Провинции благородных металлов. – М.: Недра, 1991, 223 с.

Константинов М.М., Аристов В.В., Вакин М.Е. и др. Условия локализации и основы прогноза крупных золоторудных месторождений. – М.: ЦНИГРИ, 1998.

Константинов М.М., Бочек Л.К. Зодское месторождение // Золоторудные месторождения. М. ЦНИГРИ, 1984, т.1, с.206–229.

Константинов М.М., Грушин В.А. Геологическая позиция Зодско-Агдудзагского золоторудного узла в Закавказье // Сов. геол. 1969, № 11, с.125–131.

Константинов М.М., Грушин В.А. Зодско-Агдудзагский золоторудный узел // Тр. ЦНИГРИ, 1972, вып. 101, с.12–35.

Косовец Т.Н., Варгунина Н.П., Мачильский В.А. и др. Месторождение Коммунар в Кузнецком Алатау — геология и перспективы после столетней отработки // Руды и металлы, 1998, № 4.

Котов Н.В., Порицкая Л.Г. Особенности геологического строения, минеральные ассоциации метасоматитов и вопросы генезиса золоторудного месторождения Мурунтау (Центральные Кызылкумы) // Зап.Всес.минер.об-ва, 1991, № 4, с.59–69.

Кривцов А.И., Константинов М.М. и др. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов // Отеч. геол. 1995, № 3, с.11–31.

Кривцов А.И., Мигачев И.Ф. Металлогения андезитоидных вулканоплутонических поясов. – М.: ЦНИГРИ, 1997.

Кудрин В.С., Соловьев С.Г., Ставинский В.А. и др. Золото-медно-молибден-вольфрамовый рудный пояс Тянь-Шаня // ГРМ. 1990, № 4, с.13–26.

Кузнецов Ж.Н., Швецов А.Д. Геолого-структурные особенности Каульдинского рудного поля // В кн. Геологические и петролого-геохимические особенности эндогенного оруденения Тянь-Шаня. Ташкент, 1976, с.51–63.

Лайпанов Х.Х., Чмырев А.В. Минералого-петрографическая зональность околорудных пород золото-серебряного месторождения (на примере Омолонской провинции) / Тр. ЦНИГРИ, 1991, вып. 236, с.143–150.

Магакьян И.Г. Структурно-металлогенические зоны Малого Кавказа // Закономерности размещения. АН СССР, 1960, т.111, с.112–125.

Маракушев А.А., Хохлов В.А. Петрологическая модель формирования золоторудного месторождения Мурунтау (Западный Узбекистан) // Геология рудных месторождений, 1992, №1, с.38–57.

Меликян Л.С. Возраст и условия формирования верхнетретичной вулканогенно-осадочной толщи Зодского рудного поля // Изв. АН Арм. ССР, сер. Науки о Земле. 1968, т.4, с.21–26.

- Методика локального прогноза скрытых месторождений золота и серебра* // Ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. М. ЦНИГРИ, 1989, 154 с.
- Методика поисков золоторудных месторождений* // Ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев. М. ЦНИГРИ, 1990, 246 с.
- Методические рекомендации по поискам и оценке месторождений благородных металлов в районах с недостаточно обеспеченной сырьевой базой* / М.М.Константинов, В.А.Дубов, Д.Д.Дуйсенбеков и др. М. ЦНИГРИ, 1991.
- Мещанинов Е.З.* и др. О связи гидротермального процесса с верхнепалеозойским вулканизмом в Кураминском хребте // В кн. Магматизм, метаморфизм и оруденение. Фрунзе. 1978, с.270–271.
- Многофакторные прогнозно-поисковые модели золоторудных месторождений (атлас)* / Ред. М.М.Константинов, В.А.Нарсеев, М. ЦНИГРИ, 1989.
- Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России (атлас)* // Ред. М.М.Константинов, И.С.Розенблюм, М.З.Зинатуллин. М, 1992.
- Найбородин В.И., Мерзляков В.М., Сидоров А.А.* К возможности обнаружения на Северо-Востоке СССР золоторудных месторождений нового генетического типа // Колыма, 1972, № 7, с.37.
- Нарсеев В.А., Гостев Ю.В., Захаров А.В.* и др. Бакырчик (геология, геохимия, оруденение). – М. 2001, 174 с.
- Нарсеев В.А., Фогельман Н.А., Яновский В.М., Старова М.М.* Бакырчикское рудное поле // Геология золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии, М. 1986, с.96–117.
- Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра. 1988, 286 с.
- Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.* Внутриминерализационное переотложение вещества в месторождениях вкрапленных руд // ДАН. 1989, т.305, № 6.
- Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М.* Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999, 174 с.
- Новожилов Ю.М., Стороженко А.А., Гаврилов А.М.* и др. Олимпиадинское месторождение // Золоторудные месторождения СССР. 1986, т.3, с.126–146.
- Образцов А.И.* Особенности геологического строения и эксплуатации месторождения Мурунтау // Горный журнал, 1992, № 2, с.8–10.
- Ольшевский В.М.* Структурные факторы локализации золотого и золото-серебряного оруденения в рудных полях золоторудного узла Центральной Чукотки / В кн.: Закономерности локализации оруденения цветных и благородных металлов в пределах рудных районов, узлов и полей. М. ЦНИГРИ, 1981, с.43–44.
- Парк Ч.Ф., Мак-Дормид Р.А.* Рудные месторождения. – М.: Мир. 1996, 545 с.
- Полторыкин Г.И.* Минералого-петрохимическая характеристика золоторудных минерализованных зон Калбы и некоторые вопросы их рудогенеза // Изв.ВУЗ. Геология и разведка. 1972, № 6, с.79–86.
- Рахматуллаев Х.Р.* О разновозрастности золоторудных формаций рудного поля Мурунтау // Зап.Узб.фил.Всесоюз.минер.об-ва, 1998, вып.44, с.198–203.

Розенблюм И.С., Калинин А.И., Макурин В.Н. и др. Новый тип золото-серебряных месторождений на Северо-Востоке России // Сов. геол. 1992, № 4.

Роземблюм И.С., Фадеев А.П. Геологические особенности новых золоторудных месторождений Северо-Востока СССР / Колыма. Магадан. 1990, № 5.

Саркисян Г.С. О прените и процессах пренитизации на одном золоторудном поле Армянской ССР // ДАН Арм.ССР, 1965, т.41, № 3, с.117–120.

Сидоров А.А. О связи месторождений золотоносных вкрапленных сульфидных руд с вулканогенным золото-серебряным оруденением // ДАН, 1981, т.261, № 6.

Сидоров А.А., Волков А.В. Модель образования золото-сульфидных и золото-серебряных месторождений перивулканической зоны Охотско-Чукотского вулканогенного пояса / В кн.: Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск, Наука, 1985, т.2.

Сидоров А.А., Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения вкрапленных руд // ДАН, 1984, т.275, № 4.

Скрябин В.Ф., Гурьянов В.Ф., Джураев А.Д. Первичные геохимические ореолы Мурунтаусского месторождения / Геологическое изучение и использование недр. М. «Геоинформмарк». 1998, вып.6, с.11–24.

Сорокин В.Н. О хемогенной и гидротермальной золотоносности на месторождении Бакырчик (Восточный Казахстан) // Тр.ЦНИГРИ. 1971, вып.96, ч.1, с.148–158.

Степанов В.А., Моисеенко В.Г. Геология золота, серебра и ртути. – Владивосток: Дальнаука, 1993, 228 с.

Степанов В.А., Морозова Л.В., Макурин В.И. Золото-серебряная формация. Месторождение Кубака // Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М. 1992.

Степанов В.А., Шишакова Л.Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. – Владивосток: Дальнаука, 1994.

Фирсов Л.В. Золото-кварцевая формация Яно-Колымского пояса. – М.: Наука, 1985.

Фогельман Н.А., Шабаловский А.Е. Условия локализации штокверковых месторождений в пределах Коммунарковского рудного поля на восточном склоне Кузнецкого Алатау // Тр. Института Нигризолото, 1956, вып.21.

Фогельман Н.А., Константинов М.М., Курбанов Н.К. Принципы систематики золоторудных месторождений для прогноза и поисков // Отеч. геол. 1995, № 3, с.5–41

Черняев Е.В., Черняева Е.И. Структура и условия локализации оруденения Кубакинского рудного поля // Изв. Томск. Политехн. Ун-та, 2001, т.304, вып.1, с.225–243.

Шаякубов Т.Ш., Цой Р.В., Голованов И.М., Донской В.М., Яковлев В.Г. Мурунтауская сверхглубокая скважина // Сов. геол., 1991, № 10, с.10–22.

Шер С.Д. Металлогения золота. – М.: Недра, 1972.

Щеглов А.Д. О металлогении Южно-Африканской республики, генезисе золоторудных месторождений Витватерсранда и проблеме открытия их аналогов в России. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1994, 34 с.

Яблокова С.В., Коновалова М.С., Сандомирская С.М. Минералогия золотоносной коры выветривания на месторождениях прожилково-вкрапленных руд в терригенно-карбонатных толщах докембрия // Тр. ЦНИГРИ, 1986, вып.208, с.10–19.

- Barnicoat A.G., Henderson H.C., Knipe R.J.* Hydrothermal gold mineralization in the Witwatersrand basin // *Nature*. 1997. Vol.386. № 6627. P.820–824.
- Batton A.* Transvaal and Hamersley Basins-Review of Basin Development and Mineral Deposits // *Mineral. Sci. End.* 1976. Vol.8. № 4. P.14–28.
- Boden David R.* Eruptive history and structural development of the Toquima caldera complex, central Nevada // *Geol. Soc. of America Bull.* 1986. Vol.97. № 1. P.61–74.
- Christensen O.D.* Stratigraphic controls on gold mineralization Carlin Trend, Nevada // *World Gold-89. Charter* 15. P.130–135.
- Cox D.P. Singer D.A.* Eds. Mineral deposits model // *Us Geol. Surv. Bull.* 1986. №1693.
- Fllhik R.P. and Mark D.Barton.* An amagmatic Origin of Carlin-Type Gold Deposits. // *Econ. Geol.* 1987. Vol.92. P.267–310.
- Friesen Bob, Kusins Bob, Kennedy Pat and Brown Peter.* Geology of the Golden Giant // *Canadian Mining Journal.* July 1985. P.53–54.
- Gold deposits related to Greenstone belts in Brazil-deposit modelling workshop // US Geol.Surv. Bull.* 2000-A. 188 p.
- Harris D.C.* Minerals in the main Hemlo gold deposit, Ontario; in *Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper* 86–1A. 1986. P.49–54.
- Harris D.C.* The mineralogy and geochemistry of the Hemlo gold deposit, Ontario // *Geol. Econ. Rept. Surv. Can.* 1989. P.1–88.
- Hatchinson R.W.* Metallogeny of Precambrian gold deposits: Space and time relationships // *Econ. Geol.* 1978. Vol.82. № 8. P.1993–2007.
- Hatchinson R.W., Vilijoen R.P.* Re-evaluation of gold source in Witwatersrand ores // *S. Afr. Geol.* 1988. № 186-91(2). P.153–173.
- Hofstra A.H., Snee L.W., Rye R.O.* Age constraints on Jerrit Canyon and Other Carlin-Type Gold Deposits in the Western United States-Relationship to Mid-Tertiary Extension and Magmatism // *Econ. Geol.* 1999. Vol.94. № 6. P.769–803.
- Joralemon P.* The occurrence of gold at the Getchell mine, Nevada // *Econ. Geol.* 1951. Vol.46. № 3. P.269–283.
- Kühns Roger J.* Magmatism, Metamorphism and Deformation at Hemlo, Ontario, and the Timing of Au-Mo Mineralization in the Golden Giant Mine // *Econ. Geol.* 1984. Vol.89. P.720–756.
- Lin Shoufa.* Stratigraphic and Structural Setting of the Hemlo Gold Deposit, Ontario, Canada // *Econ. Geol.* 2001. Vol.96. № 3. P.477–509.
- Meier L.F.* Structure and ore trend description of the Homestake mine // *Geology Department. Homestake mine.* 1991.
- Nobbe J.A.* Ore mineralization in the Homestake gold mine, Lead, South Dakota // *Bull. Geol. Sci. Soc. Amer.* 1950. Vol.61. № 3. P.221–252.
- Pretorius D.A.* The Goldfields of the Witwatersrand basin // *Johannesburg: Geol. Soc. of S.Africa.* 1986. 493 p.
- Radtke A.S., Rye R.O. and Dickson F.W.* Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposits, Nevada // *Econ. Geol.* 1980. Vol.75. P.641–672.
- Roberts R.J., Radtke A.S. and Coats R.R.* Goldbearing deposits in northcentral Nevada and southwestern Idaho // *Econ.Geol.* 1971. Vol.66. P.14–33.
- Rogers H.* Geology of Precambrian Rocks in the Poorman anticlinorium and Homestake mine, Black Hills, South Dakota // *Geology Department. Homestake mine.* 1990.

Sander Mark V. and Einaudi Mareo T. Epithermal Deposition of Gold during Transition from Propylitic to Potassic Alteration at Round Mountain, Nevada // *Econ.Geol.* 1990. Vol.85. P.285–311.

Singer D.A. World Class Base and Precious Metal Deposits — A Quantitative Analysis // *Econ. Geol.* 1995. Vol.90. № 1. P.88–105.

Valliant Robert. The Geology of the Hemlo pyritic gold deposit in light of the Bousgnet and Doyon examples // *Canadian Mining Journal.* May 1985. P.34–47.

Vardiman David M. Geological Review of the Homestake gold deposits // *Geology Department.* Homestake mine. 1990.

Witwatersrand gold — 100 years. Johannesburg, 1986. 298 p.

М.М.Константинов, Г.Н.Шаров. Геологическое строение и поисковые признаки месторождений золота в основных геотектонических обстановках (Атлас. Книга 1). – Москва-Кемерово, 2002, 264 с., 197 илл.

Научное издание.

Редколлегия:

Кривцов А.И. (гл.ред.), **Баловнев В.П.**, **Борисов С.М.**, **Дегтярев В.П.**,
Зябкин А.В., **Малахов С.М.** (зам.гл.ред.)

Компьютерная верстка

Земскова Г.В.

Сдано в набор 09.10.2001. Подписано в печать 19.03.2002

Уч.-изд. л. 11,6. Тираж 200 экз. Цена договорная