

**ТИПЫ ГИПОГЕННОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ОРУДЕНЕНИЯ
В ДОКЕМБРИЙСКИХ ЗОЛОТОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЯХ
(ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ)**

В. А. БУРЯК, Н. П. ПОПОВ

(Институт земной коры СО АН СССР, Иркутское геологическое управление)

В пределах Патомского нагорья на основании поисково-разведочных работ, проводившихся в последнее время, в зависимости от генезиса образований и порядка нами выделяются три типа зональности:

- 1) региональная зональность,
- 2) зональность рудных полей и месторождений,
- 3) зональность отдельных рудных тел.

В геологическом строении района принимают участие метаморфизованные верхнепротерозойские песчано-глинистые и карбонатные породы кадаликанской, бодайбинской и частично баллаганахской подсерии патомской серии [4].

Центральная часть его в тектоническом отношении представляет собой крупный Бодайбинский синклиниорий, юго-западная — охватывает юго-восточное крыло Мамского синклинория.

Магматические породы развиты преимущественно в периферических частях района и представлены синорогенными гранитами и гранит-пегматитами верхнепротерозойского возраста и посторогенными палеозойскими (?) гранитоидами.

Степень метаморфизма осадочных толщ резко неравномерна и обнаруживает хорошо выраженную региональную зональность [2]. Наши наблюдения показывают, что золоторудная минерализация также обнаруживает по характеру своего проявления региональную зональность в теснейшей связи с метаморфизмом (рис. 1).

1. Региональная зональность

Региональная зональность представлена следующими разнофациальными минеральными зонами:

а) зона развития пегматитов, гранит-пегматитов и безрудных («пустых») кварцевых жил; пространственно совпадает с амфиболитовой фацией регионального метаморфизма.

б) зона незолотоносных кварцевых жил с биотитом, турмалином, очень слабо минерализованных пирротином и халькопиритом; располагается в пределах эпидот-амфиболитовой фации регионального метаморфизма.

К этому типу относятся кварцевожилные рудные источники россыпей в бассейне рч. Маракан, верховье рч. Жуи. Золотоносность их очень редко доходит до 0,2—1,0 г/т;

в) зона слабо золотоносных кварцевых жил и повышенной золото-сульфидной минерализации во вмещающих породах; развита среди отложений биотит-хлоритовой субфации зеленокаменной фации метаморфизма.

Жильные образования в пределах этой зоны представлены кварцевыми, кварц-карбонатными жилами с хлоритом, биотитом, апатитом, пирротинном, пиритом, халькопиритом и другими сульфидами. Количество рудных минералов в них крайне незначительное, золотоносность убогая, хотя отдельные пробы показывают содержание до 6—12 г/т. Сульфидная минерализация представлена пиритом и пирротинном с незначительной примесью арсенопирита, галенита, пентландита, сфалерита. Золотоносность ее более равномерная, чем кварцевых жил, хотя тоже слабая. В отдельных участках содержание золота до 10—15 г/т;

г) зона наиболее золотоносных кварцевых жил с подчиненным развитием золотосульфидной минерализации приурочена к слабо метаморфизованным (до серицит-хлоритовой субфации зеленокаменного метаморфизма) вмещающим породам. Наиболее типичными для нее являются поля развития убого-сульфидных кварцевых, кварц-карбонатных и кварц-альбитовых жил. Обычным рудным минералом в них является пирит, встречаются халькопирит, галенит и блеклые руды. Участки повышенной рудной минерализации вмещающих пород в этой зоне занимают подчиненное значение и сложены преимущественно пиритом с небольшим количеством галенита, пирротина и халькопирита. Золотоносность как жил, так и пиритизированных вмещающих пород слабая, хотя в некоторых пробах достигает несколько десятков граммов на 1 тонну.

Важно подчеркнуть, что отмеченная зависимость характера оруденения от интенсивности метаморфизма вмещающих пород совместно выражена и является строго закономерной. Все это, вероятно, указывает на тесную, возможно, генетическую связь рудообразования с процессами регионального метаморфизма.

Выявление региональной зональности в размещении золоторудной минерализации имеет большое практическое значение при перспективной оценке коренных рудопроявлений и речных долин и бассейнов на россыпную золотоносность.

2. Зональность рудных полей и месторождений

Выделяются: стадийная и фациальная зональность и зональность состава вмещающих пород.

а. Стадийная зональность проявлена наиболее полно. Она обусловлена формированием золотоносных кварцевых жил и золото-сульфидной минерализации во вмещающих породах в различные стадии минерализации [3]. Причем золотосульфидная минерализация преимущественно развита на более глубоких горизонтах по сравнению с кварцевыми золотоносными жилами, что приводит к характерной вертикальной зональности в размещении оруденения.

Наиболее полно эта закономерность изучена на месторождении «Сухой Лог».

Это месторождение приурочено к антиклинальной складке субширотного простирания, в ядре которой выходят углистые кварц-серицитовые филлитовидные сланцы, а крылья сложены известково-глинистыми сланцами, известковыми алевролитами и известняками. Осевая поверхность складки гармонично с общей складчатой структурой района запрокинута на юг. Северное крыло ее падает под углами в 25—30°, южное, подвернутое, — на север под углами в 40—70° (рис. 2, 3). В ядре складки породы интенсивно разбиты трещинами осевого кливажа, по-

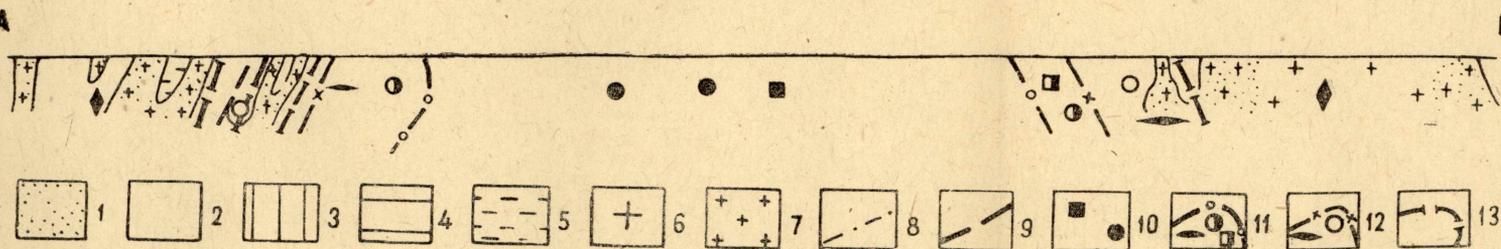
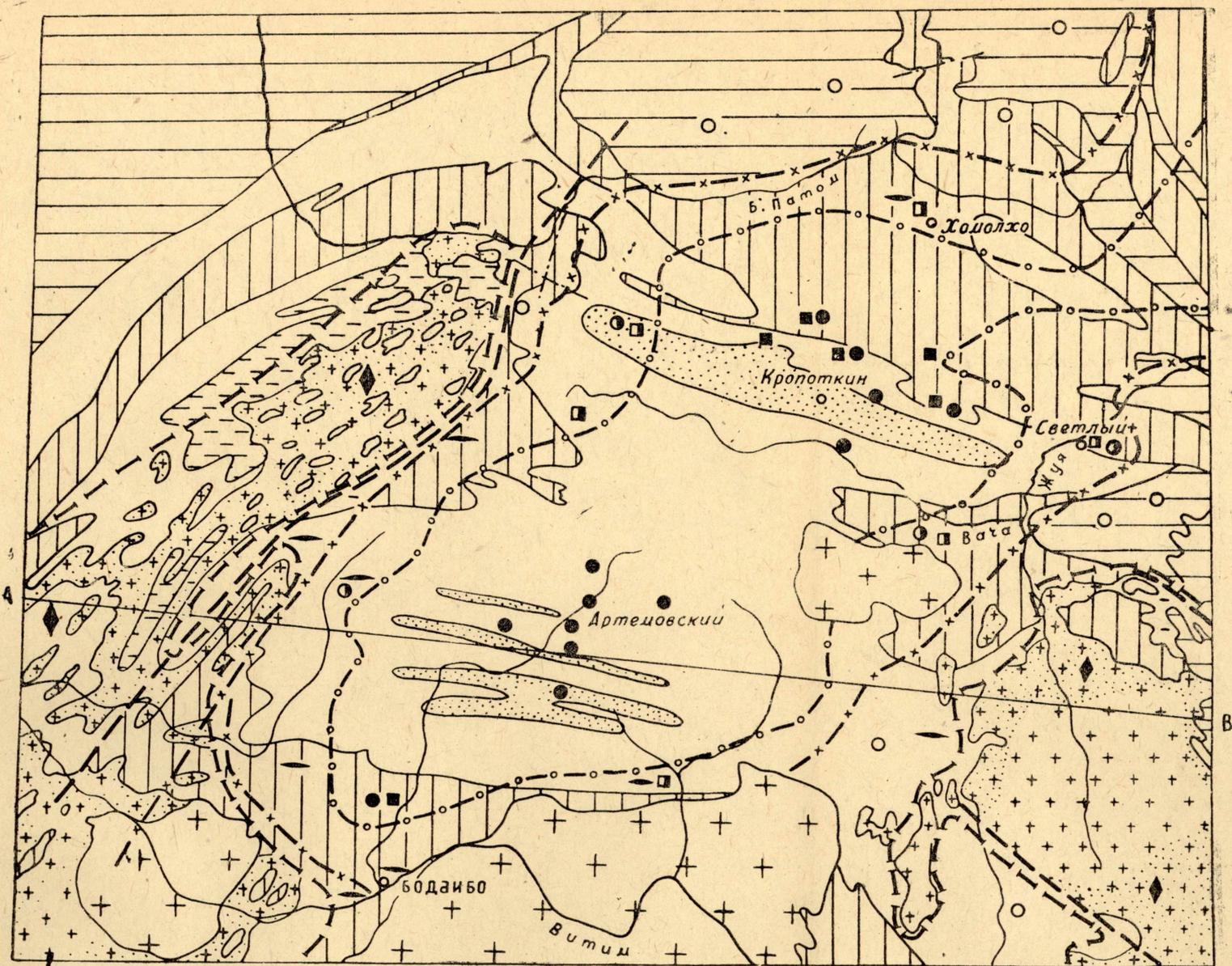


Рис. 1. 1 — илигирская свита, 2 — бодайбинская подсерия, 3 — кадаликанская подсерия, 4 — баллаганахская серия, 5 — мамская серия, 6 — Конкудеро-Мамаканский интрузивный комплекс (Pz), 7 — Мамско-Оронский интрузивный комплекс (Pt₃), 8 — тектонические нарушения, 9 — зона глубинного разлома по геолого-геофизическим данным, 10 — зона золотоносных кварцевых жил с полиметаллической минерализацией и золотоносных сульфидных (пиритовых) «минерализованных зон», 11 — зона «пустых» кварцевых жил (вещающие породы слабо минерализованы пирротином), 12 — зона слабозолотоносных кварцевых жил с пирит-пирротиновой минерализацией (вещающие породы несут пирит-пирротиновую минерализацию), 13 — зона слюдоносных пегматитов

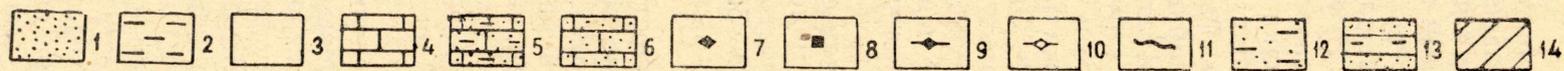
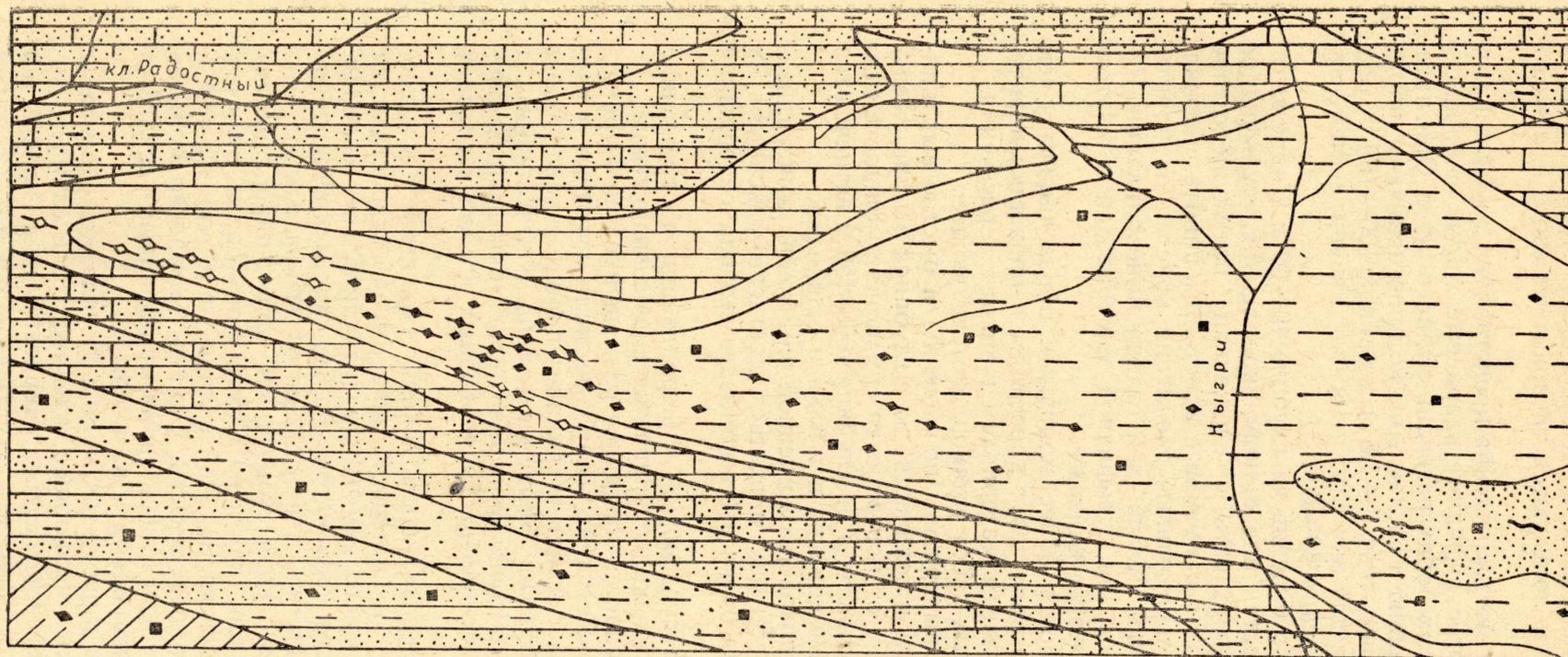


Рис. 2. 1 — серые песчаники с подчиненными прослоями углистых филлитов и алевролитов; 2 — углистые кварц-серицит-хлоритовые сланцы (филлиты) с редкими прослоями углистых алевролитов и песчаников; 3 — известково-глинистые сланцы и алевролиты; 4 — слюдяные серые известняки с редкими прослоями известковистых сланцев; 5 — серые известковистые алевролиты с прослоями сланцев; 6 — темные известковистые песчаники и песчаные известняки; 7 — карбонатная минерализация (сидерит, анкерит); 8 — пиритовая минерализация; 9 — кварцевые жилы с сидеритом и анкеритом, пиритом и золотом; 10 — кварцевые жилы с кальцитом, безрудные, редко с золотом; 11 — кварцевые жилы с редким хлоритом, серицитом и пиритом, слабозолотоносные; 12 — светло-серые кварцевые песчаники; 13 — переслаивание серых и темно-серых песчаников с темно-серыми сланцами; 14 — темно-серые кварц-серицит-хлоритовые сланцы с прослоями темно-серых углистых песчаников

верхности которых вблизи оси секут слоистость, а в крыльях — практически совпадают с элементами залегания слоистости. Помимо осевого кливажа широким развитием пользуются трещины слоевого и межслоевого кливажа.

Рудная минерализация месторождения представлена двумя типами. С поверхности развиты убогосульфидные кварцевые жилы, являвшиеся объектом изучения на первых порах разведки рудного поля. Они представлены секущими по падению и согласными по простиранию с напластованием пород телами мощностью 1—1,5 м и длиной 100—150 м, редко более. Рудовмещающими для них служит осевой кливаж с элементами залегания ССВ, угол падения 40—60°.

В процессе разведочного бурения на глубине 40—50 м в ядре антиклинальной складки вскрыта прожилково-вкрапленная сульфидная зона, не выходящая на поверхность и сложенная преимущественно пиритом (рис. 3). Различаются рассеянные кристаллы пирита, прожилки, прожилкоподобные и неправильные скопления кристаллов пирита, явившиеся результатом единой сульфидной стадии минерализации. Рудовмещающими структурами для сульфидной минерализации служат трещины слоевого и межслоевого кливажа.

Кварцевые жилы являются более молодыми образованиями, чем зона пиритизации. Они отчетливо секут кристаллы и прожилки пирита, заметно обогащаясь сульфидным материалом в местах пересечения.

В результате разведочных работ установлено следующее:

1. Кварцевые жилы не выдержаны по падению и быстро выклиниваются. Суммарная мощность и количество их с глубиной быстро уменьшаются. Так, на глубине 50 м от поверхности суммарная мощность их в три раза менее, чем с поверхности, а на глубине 100—150 м встречаются лишь единичные маломощные кварцевые жилки и прожилки.

2. Интенсивность прожилково-вкрапленной пиритовой минерализации с глубины 40—50 м постепенно нарастает, достигая максимума на глубине 100—150 м, здесь же отмечаются наиболее высокие содержания золота.

3. Золотоносность зоны сульфидной минерализации по сравнению с полями развития кварцевых жил оценивается значительно выше.

Благодаря этому, наблюдается зональное размещение в пространстве минерализаций различных стадий: кварцевые жилы тяготеют к сводовой части антиклинальной складки к границе пород с различными физико-механическими свойствами (углистые сланцы и известняки), а прожилково-вкрапленная пиритовая минерализация локализуется значительно глубже среди интенсивно расщепленных углистых сланцев (рис. 3).

Описанная вертикальная зональность находит отражение и в плане: количество кварцевых жил и их мощность закономерно возрастают на запад в сторону периклинального замыкания антиклинальной складки.

Аналогичная зональность отмечается на других месторождениях района (голец «Высочайший», кл. Вербый, Догалдынская жила). Так, на гольце Высочайшем интенсивная сульфидная (пирит-пиротиновая) золотоносная зона, залегающая, как и на Сухом Логе, среди углистых филитов в пологом крыле антиклинальной складки, вскрыта эрозией и выходит непосредственно на поверхность. Однако кварцево-жилльная минерализация представлена здесь лишь тремя маломощными жилками (до 30 см), быстро выклинивающимися на глубину.

В долине кл. Верного в ядре антиклинальной складки, сложенной переслаиванием слабоуглистых песчаников, алевролитов и сланцев, поверхностные выработки вскрывают серию кварцевых жил, количество которых на глубине, по данным бурения, заметно уменьшается. В то же время интенсивность сульфидной (пиритовой) прожилково-вкраплен-

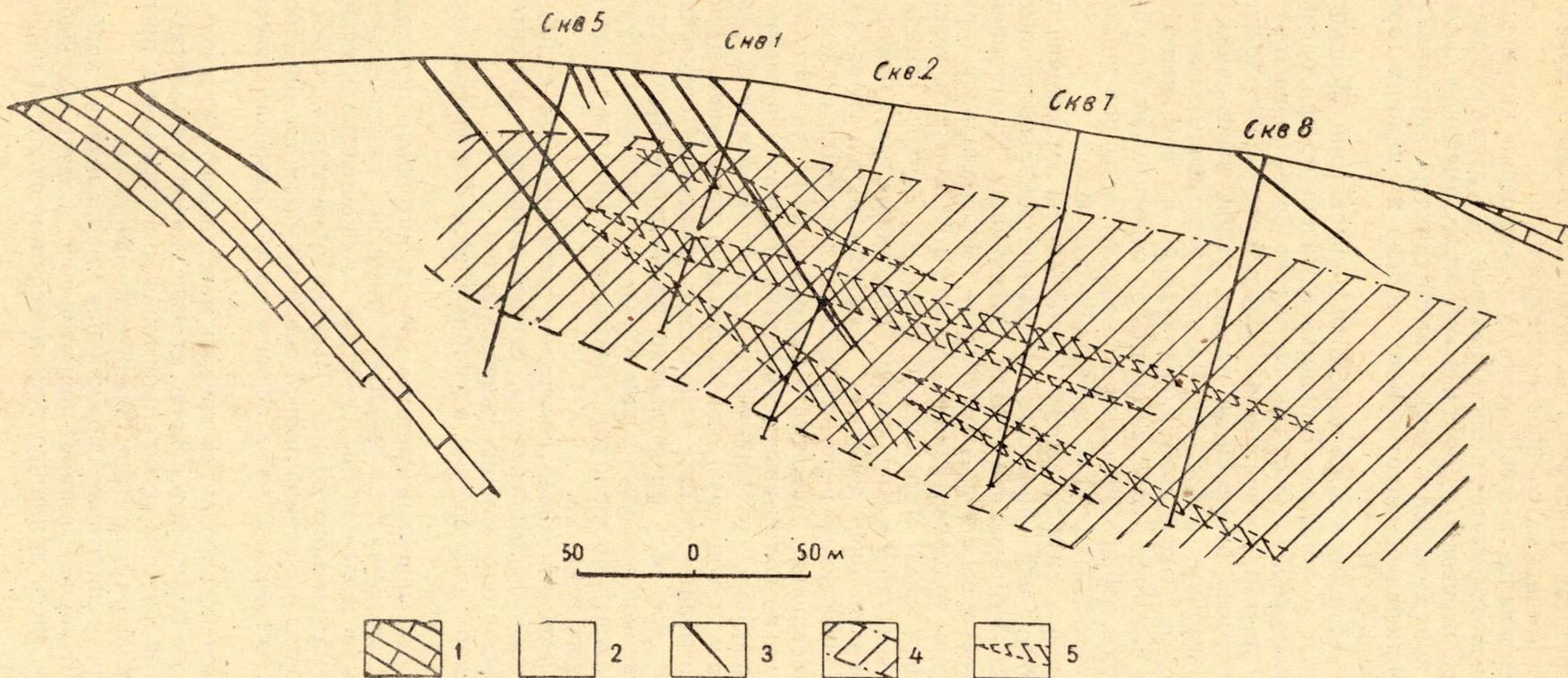


Рис. 3. 1 — переслаивание известковистых алевролитов, известково-глинистых сланцев и известняков; 2 — углистые кварц-серицитовые сланцы (филлиты); 3 — кварцевые жилы; 4 — зона пиритовой прожилково-вкрапленной минерализации; 5 — участки обогащенных золотых руд; 6 — скважины колонкового бурения

ной минерализации, слабо проявленной на поверхности, наоборот, резко увеличивается, достигая максимума на интервале тонкого переслаивания углистых филитовидных сланцев и алевролитов.

Аналогичная вертикальная зональность в размещении кварцевых жил и сульфидных зон отмечается в бассейнах рек Бужуихты и Бодайбо. Так, по наиболее изученной Догалдынской жиле, имеющей седловидный характер и приуроченной к замку антиклинали, интенсивная золотосульфидная минерализация отмечается только на нижних горизонтах — на глубине 100—150 м.

Таким образом, стадийная зональность рудопроявлений Ленского района развита довольно широко. Важность изучения ее при оценке рудопроявлений исключительна, так как позволяет более целенаправленно вести поиски скрытого оруденения и с большей степенью надежности оценивать на глубину перспективы рудных узлов, выявленных в процессе геологоразведочных работ. Знание пространственных взаимоотношений кварцевой и сульфидной минерализаций в вертикальном разрезе позволяет в некоторых случаях судить об относительной глубине эрозии рудных узлов, что крайне важно при оценке россыпной золотоносности регионов, отдельных речных долин и бассейнов.

б) Фациальная зональность (зональность отложения по В. И. Смирнову, 1960). Ярким примером проявления зональности отложения может служить месторождение голец Высочайший, представленное зоной сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации, приуроченной к интенсивно-рассланцованным углистым филлитам в северном пологозалегающем крыле антиклинали (рис. 4). В ядре складки выходят массивные известняки с прослоями известковистых алевролитов. Выше по разрезу они довольно резко сменяются углистыми филлитами, которые постепенно переходят в серые песчаники и алевролиты. Филлиты и алевролиты, зажатые между породами, значительно более прочными и менее податливыми (известняки снизу и песчаники сверху, рис. 4), интенсивно раздроблены послойным и межслоевым кливажем. На границе между ними отмечается зона повышенного рассланцевания, обусловленная резким отличием в физико-механических свойствах пород. Рудное тело представлено прожилково-вкрапленной зоной пирит-пирротиновой минерализации в углистых филлитах. Рудовмещающими и рудоконтролирующими структурами являются трещины межслоевого и слоевого кливажа.

Все морфологические и минералогические разновидности сульфидов имеют постепенные взаимопереходы, единый комплекс элементов примесей и отлагались в одну стадию минерализации.

В пространственном размещении их наблюдается следующая вертикальная зональность (рис. 4).

1. В нижней части минерализованной зоны в интервале перехода известняков к углистым филлитам развита пиритовая вкрапленность в виде отдельных кристаллов и «пылевидных» тонкокристаллических образований метасоматического облика. Изредка отмечаются прожилковые послойные формы выделений пирита среди маломощных прослоев углистых филлитов, встречающихся в верхней части разреза известняковых пород.

2. В зоне интенсивного развития трещин межслоевого скольжения на интервале быстрого перехода в разрезе от известняков к филлитам и среди самих филлитов широко развита пиритовая минерализация, представленная прожилковыми и прожилкоподобными формами.

3. Выше по разрезу пиритовая прожилковая минерализация крайне постепенно переходит вначале в пирит-пирротиновую, а затем в существенно пирротиновую. Здесь доминирующим минералом является пирротин.

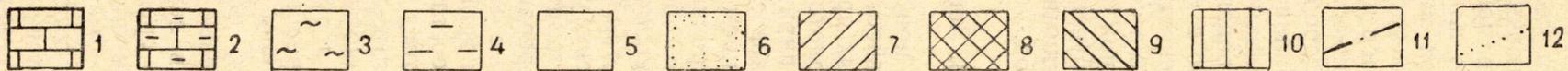
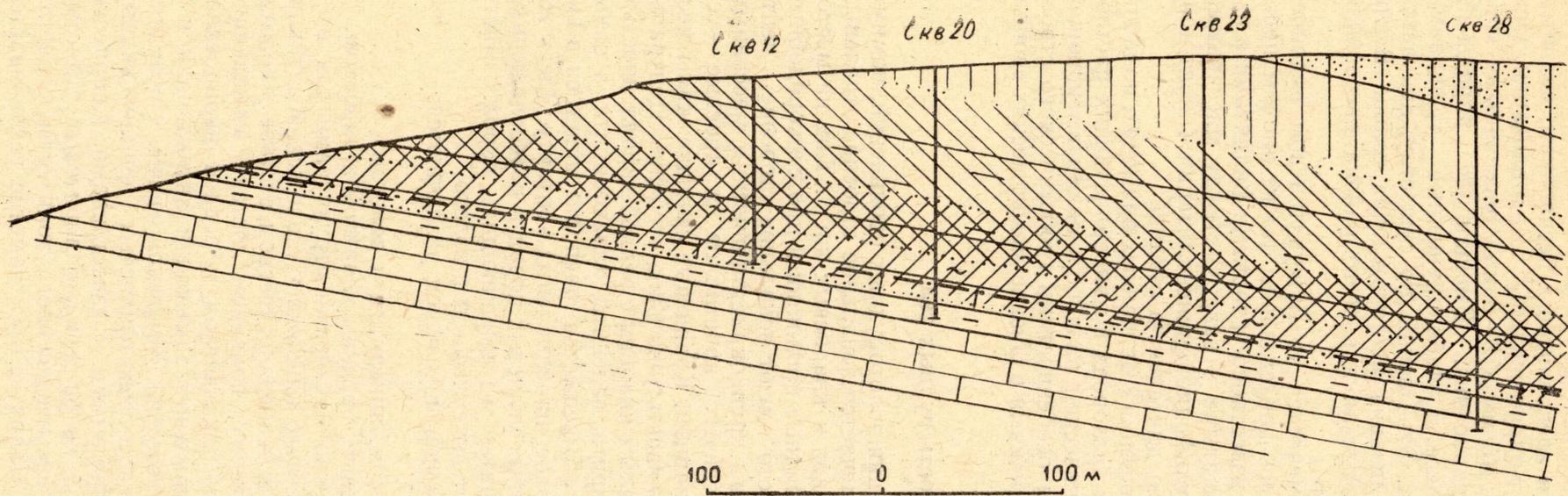


Рис. 4. 1 — углистые известняки; 2 — переслаивание углистых известняков с углистыми филлитами; 3 — углистые филлиты с редкими прослоями известняка; 4 — тонкое и тесное переслаивание слабоуглистых филлитов и алевролитов; 5 — переслаивание серых филлитов, алевролитов и тонкозернистых песчаников; 6 — среднезернистые и тонкозернистые песчаники с прослоями филлитов; 7 — пиритовая минерализация; 8 — пирит-пирротиновая минерализация; 9 — пирротиновая минерализация с вкрапленными кристаллами пирита; 10 — рассеянная минерализация вкрапленного пирита; 11 — тектоническая зона дробления; 12 — границы между зонами различных минерализаций; 13 — скважины колонкового бурения

4. Наконец, самой верхней зоной, приуроченной к постепенному переходу в разрезе от филлитов и алевролитов к песчаникам, является зона развития вкрапленной пирит-пирротиновой минерализации. Она представлена редкими и мелкими (5 мм \times 2—5 мм) рассеянными кристаллами пирита и линзочками пирротина. Вмещающие породы по внешнему облику более монолитные и слабонарушенные трещинами межслоевого и слоевого кливажа. Этой зоной, по существу, кончается прожилково-вкрапленная минерализация месторождения гольца Высочайшего. Выше нее отмечается обычная для всего района рассеянная вкрапленность кристаллов пирита.

Аналогичная зональность отмечается на Бужуихтинском рудопроявлении. Вмещающие породы здесь представлены также частым переслаиванием углистых филлитов с известково-углистыми филлитами и известковистыми алевролитами, зажатыми в разрезе между массивными известняками, а формирование сульфидной минерализации (пирит-пирротиновой) происходило в единую длительную стадию.

Объясняется зональность отложения в описанных примерах, по-видимому, изменением режима серы и кислорода в минерализующих растворах в условиях различной тектонической раздробленности вмещающей среды [1]. Последняя обусловлена особенностями геологического строения рудных полей и резкими различиями в физико-механических свойствах слагающих их пород.

3. Зональность рудных тел

Почти повсеместно при изучении золоторудных проявлений, помимо описанных типов зональности, отмечается зональное строение отдельных рудных тел (сульфидных прожилков и кварцевых жил). Так, на месторождении Сухой Лог золотосульфидные прожилки и прожилкоподобные скопления кристаллов пирита часто имеют зональное строение: центральные части прожилков сложены крупнокристаллическим массивным пиритом либо скоплением отдельных кристаллов, а краевые — серовато-белым полупрозрачным кварцем. Кварцевые секущие жилы месторождения также часто обнаруживают зональное строение. Центральные части их сложены молочно-белым кварцем с редкой вкрапленностью лейст мусковита и кристаллов пирита, галенита, халькопирита, а зальбанды засорены примесью углистого вещества, располагающегося в виде сближенных тонких темных полос, параллельных контакту. Здесь же отмечаются реликты переработанных углистых пород и переотложенные магнезиально-железистые карбонаты из вмещающих пород. Часто к зальбандовым частям жил тяготеют сульфиды и золото.

В зависимости от состава вмещающих пород различаются:

- 1) жилы с кальцитом;
- 2) жилы с сидеритом, хлоритом, анкеритом и золотом;
- 3) жилы существенно кварцевые с редким хлоритом и альбитом.

Рудовмещающими и рудоконтролирующими структурами для всех типов жил являются трещины осевого кливажа Сухоложской антиклинальной складки. Различия же в их минералогическом составе и золотоносности определяются, по-видимому, влиянием состава вмещающих пород (рис. 2). Кварцевые жилы с кальцитом и редкой вкрапленностью пирита развиты в периклинальном замыкании антиклинали и в ее подвернутом крыле среди отложений Жуинской свиты. Последняя представлена переслаиванием известково-глинистых филлитовидных сланцев с известковистыми алевролитами и известняками. Кварцевые жилы, развитые среди отложений кварц-серицит-хлоритовых углистых сланцев, характеризуются наличием повышенного количества сидерита и анкерита, хлорита и серицита. Наряду с этим заметно увеличивается

содержание в них рудных минералов (пирит, галенит, халькопирит и др.) по сравнению с первым типом жил.

Среди кварцитовых песчаников валюхтинской свиты на левобережье рч. Ныгри выходят жилы преимущественно кварцевые с небольшим количеством хлорита, иногда альбита. Сульфиды встречаются крайне редко. Золотоносность различных типов кварцевых жил также весьма характерна. Если кварц-кальцитовые и существенно кварцевые жилы, практически лишенные сульфидов, показывают содержание золота в пределах до 2—3 г/т, редко более, то содержание по жилам с карбонатами и сульфидами повышено по сравнению с ними в 2—3 раза. Причем примечательна сама морфология жильных тел в породах различного состава. Среди песчаников и известняков почти неизвестны выдержанные протяженные жильные тела. Как правило, они часто выклиниваются, линзуются, образуя иногда то мощные раздувы (до 3—4 м), то совершенно исчезают. Среди монолитных песчаников образуются невыдержанные штокверковые зоны с нечеткими контактами, образованные взаимнопересекающимися прожилками. Кварцевые жилы среди сланцев более выдержанные по элементам залегания и мощности и могут являться более надежными рудными телами.

Описанные закономерности характерны для жил всего Ленского золотоносного района и неоднократно отмечались ранее Ю. П. Казакевич, С. Д. Шером.

Аналогичное влияние состава вмещающих пород наблюдается и на отдельные кварцевые жилы, когда они пересекают породы различного состава. Так, на месторождении Голец Высочайший, в обнажениях отмечалось резкое увеличение количества кальцита в мелких кварцевых жилках при переходе их из алевролитов и филлитов в массивные известняки. В некоторых случаях такие жилки в известняках приобретали чисто кальцитовый состав.

Характерно влияние состава вмещающих пород в минерализованных зонах на морфологию отдельных сульфидных образований и их локализацию. Доминирующим материалом в сульфидных зонах (голец Высочайший, Сухой Лог, Бужухта) является пирит, образующий как вкрапленные, так и прожилковые формы. Причем в пелитолитах и алевролитах вкрапленники пирита, представленные обычно угнетенными кристаллами, имеют размеры в пределах 1—2 см по ребру, в то время как в песчаниках они образуют правильные кристаллографические формы, размеры их редко превышают 0,5 см, а в известняках вообще встречаются крайне редко и в виде мелких кристаллов. Прожилковые пиритовые образования с массивной текстурой также характерны для монотонных сланцевых толщ, либо для толщ с тонким переслаиванием сланцев (филлитов), алевролитов и песчаников. В последнем случае они локализуются на контакте тонкозернистой породы с более грубозернистой, образуя четкие контакты. В терригенных породах с известковым цементом и слоистых известняках в пределах сульфидных минерализованных зон чаще всего образуются густовкрапленные метасоматические прожилки с неровными и нечеткими контактами. В пелитоморфных известковых сланцах образуются даже послойные «пылевидные» густовкрапленные образования, кристаллическая структура которых устанавливается лишь под микроскопом.

Прожилкоподобные густовкрапленные пиритовые образования образуются и в мелкозернистых песчаниках, когда они встречаются в тонком переслаивании с филлитами и алевролитами (уч. Верный). Как правило, массивные известняки и среднезернистые песчаники являются крайне неблагоприятной средой для образования сульфидных прожилков.

Таковы общие черты проявления зональности золоторудных кварцевых и сульфидных минерализаций в зависимости от состава вмещающих пород. Практическое значение изучения и учета фактора влияния литологии на характер проявления золоторудных минерализаций трудно переоценить при направлении поисков, разведки и при определении перспектив золотых месторождений района. Золотоносность сульфидных минерализованных зон в зависимости от состава вмещающих пород и морфологии сульфидных образований совершенно очевидна. Можно считать установленным, что наиболее перспективными и золотоносными являются зоны, залегающие в толще углистых сланцев и представленных вкрапленно-прожилковыми образованиями (месторождения Сухой Лог, Высочайший).

В заключение следует отметить, что описанные типы проявления зональности оруденения как регионального, так и локального плана в пределах отдельных рудных полей и тел имеют большое значение для целей практики геологоразведочных работ. Как показывает практика работ, картирование региональной зональности позволяет более уверенно прогнозировать перспективность отдельных площадей на рудную и россыпную золотоносность. Принимая во внимание вертикальный градиент зональности сульфидной и кварцевой минерализаций, можно более надежно оценивать перспективы отдельных рудных и россыпных узлов. Поэтому отмеченные закономерности зонального размещения рудных минерализаций Ленского золотоносного района нуждаются в дальнейшем более детальном и целенаправленном их исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин А. Г. Статья в кн. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». АН СССР, 1953.
2. Буряк В. А. Зависимость оруденения древних (докембрийских) формаций от региональной метаморфической зональности (Витимо-Патомское нагорье). ДАН СССР, том 163, № 2, 1965.
3. Буряк В. А. Взаимоотношение золотоносных кварцевых жил и золотосульфидной минерализации вмещающих пород в месторождениях докембрийской золоторудной формации (Ленский золотоносный район). ДАН СССР, том 165, № 5, 1965 г.
4. Салоп Л. И. Геология Байкальской горной области. Изд. «Недра», 1964.
5. Смирнов В. И. Типы гипогенной зональности гидротермальных рудных тел. В сб.: «Генетические проблемы руд», Госгеолтехиздат, 1960.