

В. Г. Крюков

**СОСТАВ И ЗОНАЛЬНОСТЬ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ  
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ОЛОВА ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

По составу, зональности и геолого-генетическим особенностям в качестве околорудных метасоматитов на месторождениях олова выделяются: для мезоабиссального уровня глубинности — пегматиты и биминеральные грейзены, для гипабиссального — полиминеральные грейзены, альбититы, актинолитовые и хлорит-турмалиновые метасоматиты, а также турмалино-

История исследования околорудных метасоматитов региона связана с именами И. Н. Говорова, В. Г. Гоневчука, Г. Г. Грушкина, Г. В. Ицксон, И. Н. Кигая, П. Г. Коростелева, А. М. Кокорина, Б. В. Макеева, Р. И. Петраченко, Е. А. Радкевич, Ю. Н. Размахнина, Э. М. Размахниной, М. Г. Руб, Д. В. Рундквиста, Е. П. Сапрыкина, Ф. Г. Федчина, В. К. Финашина, И. Г. Хельвас, Л. И. Щербак и многих других геологов. Анализ опубликованных материалов указанных исследователей, а также изучение оловорудных метасоматитов, проведенное автором, показывают, что для диагностики околорудных метасоматитов решающее значение имеют их состав и зональность, дополняемые сведениями о фундаменте, глубинности протекания метасоматических процессов, составе и глубине становления «родственных» интрузивных пород. Вместе с тем особенности состава и строения метасоматитов в зависимости от глубинности их становления и в связи с рудогенерирующими магматическими формациями разработаны в настоящее время недостаточно полно.

**ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ МЕТАСОМАТИТОВ**

Для оловорудных месторождений, по мнению автора, границы устойчивости типоморфных минералов и их ассоциаций с изменением глубин свойственны трем главным уровням, связанным в основном со структурой вхождения воды в минералы. Первый обусловлен сменой низкотемпературных кварц-карбонатных ассоциаций среднетемпературными эпидот-, актинолит- или другими алюмосиликатсодержащи-

жие пропилиты; для субвулканического — грейзены, серицит-хлоритовые метасоматиты, аргиллизиты и хлоритсодержащие пропилиты. Выявленные особенности околорудных измененных пород могут быть использованы при оконтуривании и типизации рудопоявлений, определении эрозионного среза и вертикального размаха минерализации.

ми образованиями на глубинах 1200—1500 м [2, 7]. Второй соответствует критическому давлению паров воды в системе вода — пар, которое достигает максимума вблизи критической температуры воды (374°С) в условиях коалесценции и дегазации последней на глубинах 2200—2500 м [5]. На этом уровне гидроксилсодержащие минералы вытесняются безводными алюмосиликатами. Третий уровень соответствует глубинам 4000—4500 м, где, в силу изменения плотностей, свойств проводимости и других характеристик в породах [6], становятся невозможными обменные реакции в системе раствор — порода. К этому следует добавить, что существуют менее отчетливые интервалы: на глубине 200 м цеолиты уступают место адуляру, на глубине 400—600 м адуляризация сменяется альбитизацией [1, 2, 7].

В соответствии с изменением физико-химических параметров системы на глубинах 1200—1500, 2200—2500 и 4000—4500 м в качестве основных уровней приняты: субвулканический — от 0 до 1200—1500 м; гипабиссальный — от 400—600 до 2200—2500 м и мезоабиссальный от 1200—1500 до 4000—4500 м. Это деление наиболее близко представлениям И. П. Кушнарева [5].

Гипсометрическое положение тел околорудных метасоматитов применительно к оловорудным районам юга Дальнего Востока определялось по результатам наблюдений пространственных взаимоотношений околорудно измененных пород, близких по времени формирования, гидротермалитов и родственных магматитов, локальных и площадных метасоматитов. Границы смены статистически устойчивых разноглубинных ассоциаций минералов явились точками отсчета шкал вертикального диапазона развития

рудно-метасоматической минерализации. При этом типоморфное значение имеют ассоциации: на субвулканическом уровне глубинности — адуляр, цеолиты, каолинит, карбонаты, гематит и марганецсодержащий пироксен; на гипабиссальном — магний- и железосодержащие хлориты, альбит, эпидот, актинолит, тремолит, кальцийсодержащие гранаты и пироксены, пирротин; на мезоабиссальном — железо- и магнийсодержащие гранаты и пироксены, микроклин, флогопит.

Геолог-структурная обстановка нахождения рудомещающих метасоматитов определяется общей позицией рудных районов в рамках металлогенических поясов. В зависимости от геотектонической позиции выделяются три группы рудных районов, локализуемых:

— в областях развития древнего сиалического фундамента. Рудно-метасоматические сообщества формировались в субвулканических обстановках (Хингано-Олонойский район);

— в прогибах с наличием мощных терригенно-флишеидных толщ. Им свойственны субвулканические (Ям-Алинский, Кур-Горинский, Буту-Коппинский, Верхнеуссурйский районы) или гипабиссальные (Комсомольский, Кавалеровский, Отунский, Фурмановский районы) условия глубинности;

— в областях развития складчато-глыбовых структур с неглубоким залеганием фундамента. Им характерна проявленность гипабиссальных (Баджалский, Арминский районы) или мезоабиссальных (Эзопский, Дуссе-Алинский, Вознесенский районы) условий рудогенеза.

Рудные районы в областях развития сиалического фундамента характеризуются лейкократовым профилем минерализации. Меланократовые минеральные ассоциации свойственны в этом случае пропитам, в значительно меньшей мере грейzenам и серицит-хлоритовым метасоматитам. Отношение сиалических и фемических новообразований пород на различных месторождениях колеблется от 10:1 до 100:1. Доля сульфидов и сульфосолей в рудных телах при этом составляет от 1—3 до 10—20% всего объема. В рудных районах, локализуемых в прогибах, наблюдается преобладание меланократовых сообществ по сравнению с лейкократовыми в пропорции от 2:1 до 10:1. При этом доля сульфидов и сульфосолей в рудных телах составляет от 3—8 до 30—40%. Столь высокие концентрации сульфидов являются, по существу, основанием к выделению касситерит-сульфидной формации. Рудные районы, располагающиеся в складчато-глыбовых структурах, выделяются примерно одинаковым отношением лейко- и меланократовых ассоциаций (Приморье) или превалирующей ролью лейкократовых новообразованных пород

(Приамурье). При этом сульфиды в различных месторождениях составляют в среднем ~10%, хотя наблюдаются отклонения до 1—2 и 20—30%. В этих районах также выделяются объекты касситерит-сульфидной формации при содержании сульфидов 25—30%.

Оловоносные метасоматиты ассоциируют с дорифейским, палеозойским, позднемеловым и поздним мел-палеогеновым магматизмом. Наиболее продуктивными являются два последних этапа. В позднем мелу формируются крупные мезо- и гипабиссальные массивы биотитовых гранитов калиевой серии, с которыми ассоциируют пегматиты, скарны и грейzenы, локализуемые непосредственно в массивах либо в их околотрузивной зоне. Новообразованные породы тяготеют к тектонически сложенным участкам и выступам пологой кровли массивов.

Гидротермалиты, связанные с габбро, диоритами, монцодиоритами и субщелочными гранитами калинатровой серии позднего мела — палеогена, представлены альбититами, актинолитовыми и хлорит-турмалиновыми метасоматитами (гипабиссальный уровень) либо грейzenами, серицит-хлоритовыми метасоматитами и аргиллизитами (субвулканический уровень). Практически все оловоносные гидротермально измененные породы проявляют пространственную «независимость» от интрузий. Вместе с тем довольно часто интрузивные породы и гидротермалиты тесно сближены в пространстве и «спрессованы» во времени. В таких случаях наблюдаются турмалин- или хлоритсодержащие разновидности пропититов.

#### СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ

Состав и зональность метасоматитов зависят от глубинности рудоотложения и специализации растворов и определяют в первом приближении формационную принадлежность рудопроявлений. Морфологически околорудные метасоматиты имеют обычно форму опрокинутого уплощения конуса. Ниже приводится описание главных их типов.

Мезоабиссальный уровень формирования метасоматитов характеризуется развитием пегматитов и грейzenов. В пегматитах ведущая роль принадлежит кварц-полевошпатовым парагенезисам и умеренно распространен касситерит. Грейzenы по текстурно-структурным особенностям близки к пегматитам, но отличаются строением колонок (рис. 1): в грейzenах преобладают мусковит-кварцевые и кварцево-жильные образования. Зональность грейzenов подчеркивается концентрацией молибдена в корневых, вольфрамит-касситеритовой ассоциа-

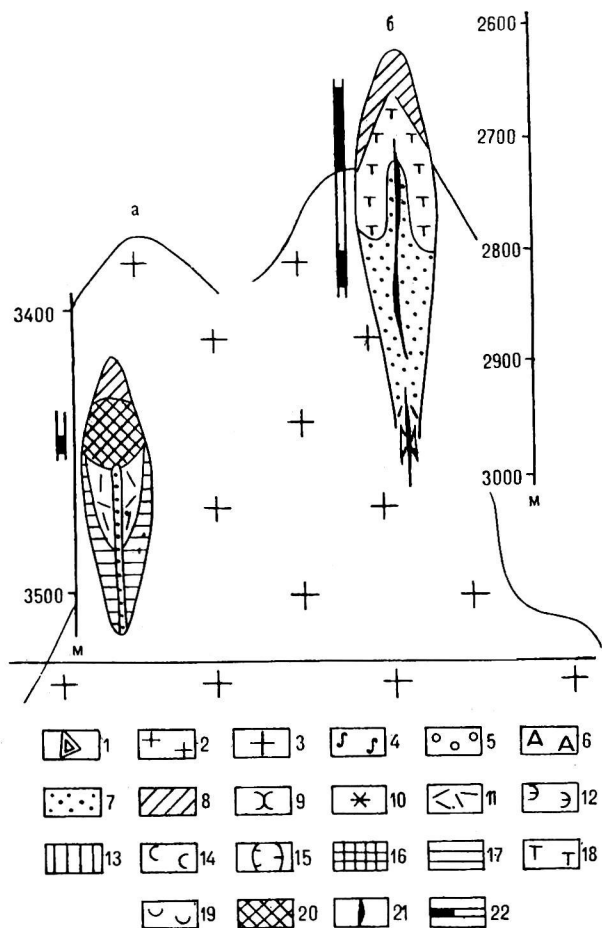


Рис. 1. Схемы зональности мезоабиссальных околорудных метасоматитов.

а — пегматиты; б — грейзены. 1 — автоматические брекчи гранитоидов калинатровой серии; 2 — гранитоиды калинатровой серии; 3 — граниты калиевой серии; 4 — ассоциации: 4 — гидрослюдисто (дикит)-кварцевая, 5 — кварцевая с серицитом и пирротином, монокварцевая, 6 — адуляр (хлорит, карбонат, гидрослюда)-кварцевая, 7 — серицит (мусковит)-кварцевая; мономусковитовая, моносерицитовая, 8 — альбит (плаггиоклаз)-(биотит, хлорит)-кварцевая, 9 — хлорит-кварцевая, моноклоритовая; 10 — турмалин-кварцевая, монотурмалиновая; 11 — калишпат-(биотит, хлорит)-кварцевая, калишпат-кварцевая; 12 — альбит-эпидот-кварцевая, моноэпидотовая; 13 — плаггиоклаз-актинолитовая (с пироксеном, гранатом, тремолитом, роговой обманкой, сидерофиллитом); 14 — сидерофиллит-кварцевая, гранат-сидерофиллит-кварцевая; 15 — аксинит-кварцевая с плаггиоклазом; 16 — актинолит-пироксен-гранатовая, гранат-пироксеновая; 17 — альбит-кварцевая, моноальбитовая; 18 — топаз-кварцевая (с циннвальдитом, флюоритом, щелочными полевыми шпатами, мусковитом); 19 — циннвальдит-кварцевая с протолитионитом, полевыми шпатами, топазом, биотитом; 20 — альбит-(лепидомелан, сподумен)-кварцевая, лепидомелан-кварцевая; 21 — кварцево-жильная; 22 — интервал продуктивной оловянной минерализации.

ции — в средних и верхних частях тел, а сульфидов — в над- и верхнерудном ареолах. Наличие парных ассоциаций позволяет называть такие породы биминеральными грейзенами.

Гипабыссальная фация глубинности выделяется по сочетанию гидротермалитов, свойственных объектам касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной рудных формаций: хлорит-турмалиновых и актинолитовых метасоматитов,

альбититов, пропицитов, грейзенов. В этой группе метасоматитов особое положение занимают грейзены, которые часто встречаются в тех же рудных районах, что и грейзены мезоабиссальной фации, размещаясь в надынтрузивной зоне. Центральную часть зоны занимают топаз-кварцевые ядра. В зависимости от положения последних выделяются две типовые обстановки: «висячие» грейзеновые тела, практически оторванные от интрузивного массива (Баджалский район), и приуроченные к контакту магматитов с вмещающими породами (Эзопский, Арминский районы). Для «висячих» тел отмечается зональность, близкая к прямой, для «контактных» — асимметричная, концентрическая (рис. 2, а, б). Сложный состав описываемых метасоматитов позволяет выделить их как полиминеральные грейзены.

Актинолитовые метасоматиты наблюдаются в двух геолого-структурных обстановках: в породах фундамента и в вулканитах верхнего структурного яруса. В первом случае (Баджалский и Эзопский районы) метасоматиты развиваются на одном гипсометрическом уровне с телами «родственных» малообъемных интрузивных пород. Зональность в колонках, как правило, прямая (см. рис. 2, в), во втором — Баджалский, Ям-Алинский районы — колонки имеют сложную зональность (см. рис. 2, г). По внешнему виду породы похожи на скарны. Альбититы развиваются непосредственно над штоками субщелочных гранитоидов. Оловянное оруденение в них концентрируется в основном в верхней и средней частях метасоматической колонки (с размахом 100—300 м) [4]. Зональность колонок прямая (см. рис. 2, д). Хлорит-турмалиновые метасоматиты наблюдаются совместно с малыми интрузивными телами калинатровой серии. В отличие от остальных околорудных метасоматитов им свойственны большая вертикальная протяженность самой колонки (700—1000 м) и почти такой же диапазон распространения оловянного оруденения. Зональность сложная, чаще всего близка к концентрической (см. рис. 2, е). В зависимости от специализации растворов основную роль играет либо турмалин (Комсомольский, Баджалский районы), либо хлорит (Кавалеровский район).

Пропициты выделяются более тесными пространственными и временными взаимоотношениями магматитов и метасоматитов по сравнению с рассмотренными типами околорудных изменений. В рамках одного рудного поля наблюдаются альбититы, актинолитовые и хлорит-турмалиновые образования, а также кварц-гидрослюдистые метасоматиты (рис. 3, г). Объекты такого типа, эталонами которых следует считать проявления Капрал (Комсомольский район), Двойное и Разломное (Баджалский

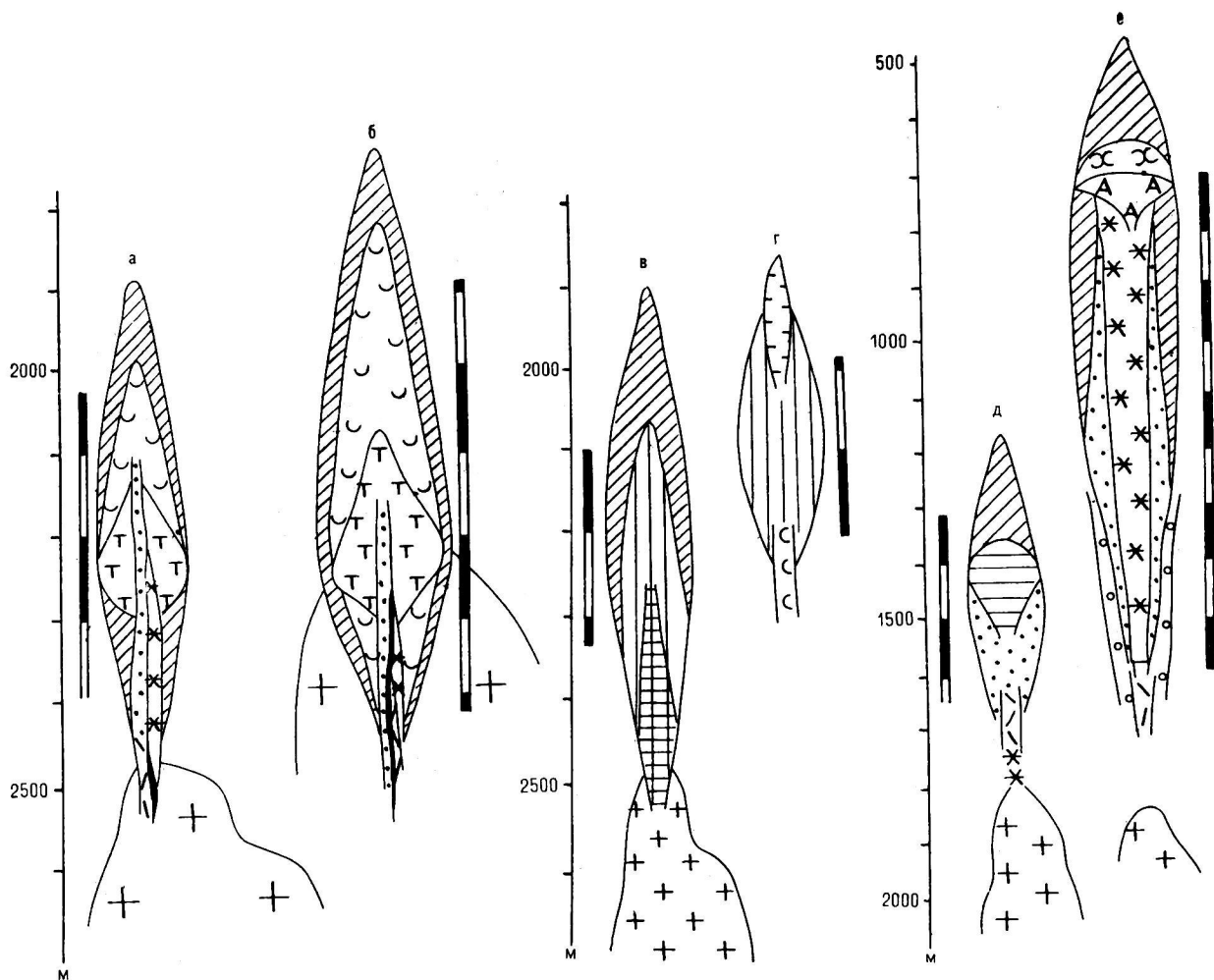


Рис. 2. Схемы зональности гиабиссальных околорудных метасоматитов.

*a* — грейзены, развитые по эффузивным и интрузивным породам, *б* — грейзены, приуроченные к контакту интрузивных и терригенных образований; *в, г* — актинолитовые метасоматиты: *в* — в осадочных отложениях, с горизонтами известняков, *г* — в вулканитах, *д* — альбититы, *е* — хлорит-турмалиновые метасоматиты (усл. обозн. см. на рис. 1).

район) и, видимо, Нижнее (Фурмановский район), правомерно относить к оловянно-порфировой рудной формации. Специфика метасоматитов, выраженная наличием турмалина, позволяет выделить их как турмалиносодержащие пропилиты.

Субвулканические условия формирования присущи грейzenам, серицит-хлоритовым метасоматитам, аргиллизитам и пропилитам [3].

Грейзены субвулканического уровня устанавливаются в поле развития штокообразных и дайковых тел субщелочных гранитоидов (Хингано-Олонойский, Буту-Коппинский, Ям-Алинский районы), где оруденение приурочено к верхней и средней частям метасоматической колонки. Зональность метасоматитов близка к чехловой (см. рис. 3, а). Состав вулканических грейzenов почти не зависит от состава и строения вмещающих пород. Так, грейзены Ям-Алинского района, локализующиеся в терри-

генных породах, очень похожи на размещающиеся среди вулканитов Хингано-Олонойского района. Серицит-хлоритовые метасоматиты наблюдаются в сообществе как с субвулканическими интрузивными породами, так и с субвулканическими грейzenами. Оруденение в них, фиксирующееся в средней части колонки, прослеживается в диапазоне от 350—500 до 700—1000 м. Описываемым метасоматитам свойственна в основном симметричная концентрическая зональность (см. рис. 3, б). Аргиллизиты пользуются сравнительно ограниченным распространением, развиваясь по вулканитам (Хингано-Олонойский район), по вулканитам и терригенным породам (Ям-Алинский район). Оруденение в них прослеживается на глубину первых десятков метров и тяготеет к верхней части метасоматических тел. Зональность последних асимметричная чехловая (см. рис. 3, в).

Магматические и метасоматические образова-

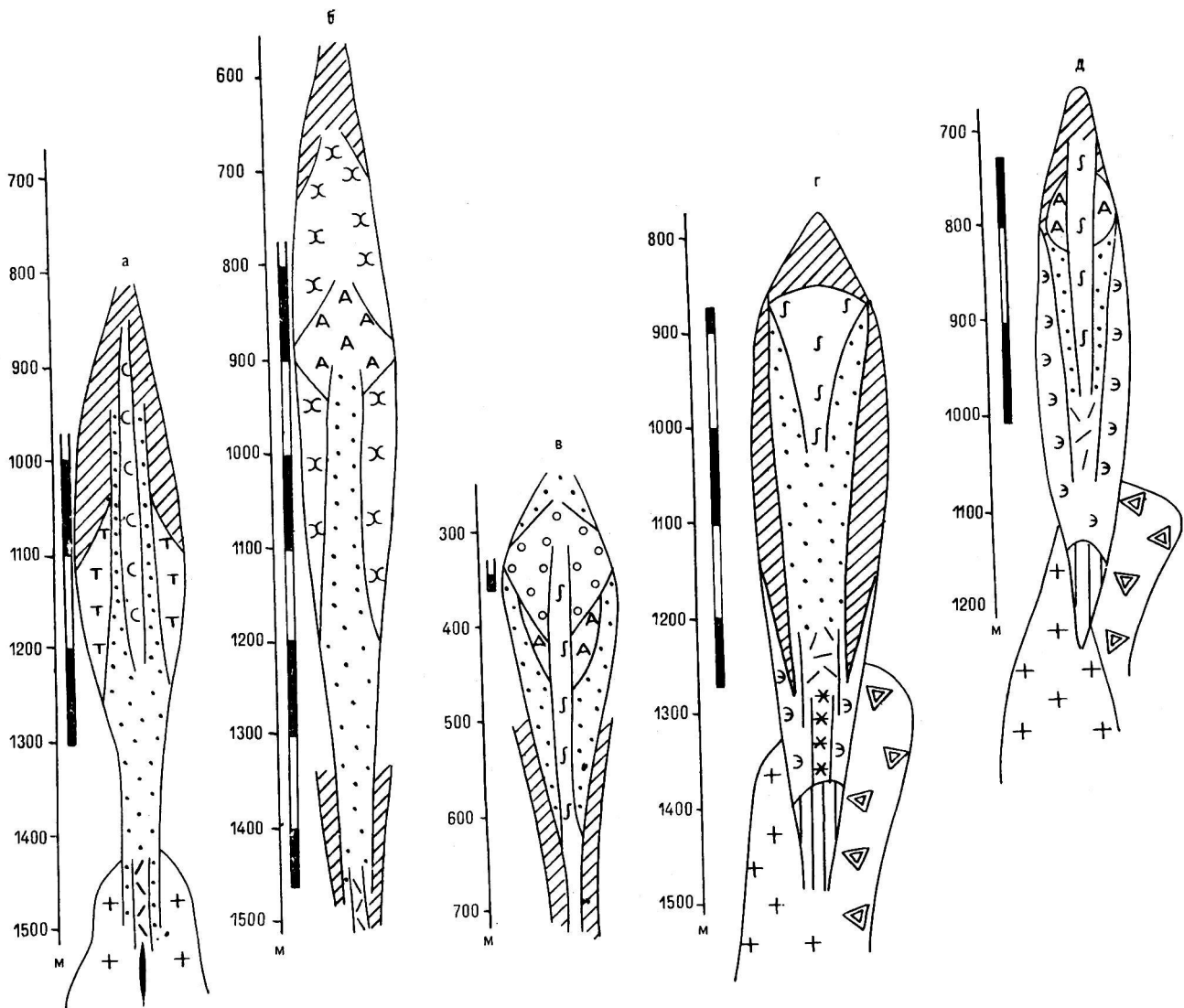


Рис. 3. Схемы зональности субвулканических околорудных метасоматитов и пропилитов. а — грейзены, б — серицит-хлоритовые метасоматиты, в — аргиллизиты, г, д — пропилиты: г — турмалинсодержащие, д — хлоритсодержащие (усл. обозн. см. на рис. 1).

ния развиваются в единой геолого-структурной обстановке и пространственно тесно сопряжены. Магматизм многофазный, завершающие его члены чаще всего имеют эруптивную природу. Метасоматозом захватываются значительные объемы пород, причем все продукты гидротермальной деятельности сконцентрированы в рамках единых объектов и могут быть определены как пропилитовый ряд, подобно ситуации, описанной Г. М. Власовым и М. М. Василевским [1] для Камчатки. Пропилиты оловорудных объектов характеризуются совмещенностью субвулканических грейзенов, актинолитовых, серицит-хлоритовых метасоматитов, адуляровых разновидностей и аргиллизитов (см. рис. 3, д). Наиболее распространены серицит-

кварцевые, серицит-хлорит-кварцевые ассоциации (Ям-Алинский и Хингано-Олонойский районы), к которым тяготеет рудная минерализация.

Таким образом, околорудные метасоматиты юга Дальнего Востока характеризуются достаточно тесной пространственной и в определенной степени генетической связью с двумя магматическими формациями позднемелового и мел-палеогенового возраста. С первой (биотитовых гранитов калиевой серии) связывается образование пегматитов, скарнов и грейзенов, со второй (субщелочных гранитов калинатровой серии) — альбититов, грейзенов, актинолитовых, серицит-хлорит-турмалиновых метасоматитов, аргиллизитов, пропилитов.

Магматиты и соответствующие им метасоматиты объединяются в два генетических ряда.

Оловянное оруденение, связанное с метасоматитами, имеет различные масштабы. Пегматиты и грейзены мезоабиссального уровня рассматриваются в качестве источников россыпей, значительные масштабы рудной минерализации свойственны гипабиссальной группе и в первую очередь хлорит-турмалиновым образованиям и грейzenам. Субвулканическая группа обладает меньшей в сравнении с гипабиссальной концентрацией полезного компонента, исключая серицит-хлоритовые метасоматиты. Субвулканические грейзены и альбититы характеризуются относительно малыми параметрами, но высокой контрастностью руд.

В размещении типоморфных ассоциаций околорудных метасоматитов наблюдается закономерность: надрудным ореолам и верхней половине рудных тел свойствен парагенезис альбита с кварцем или каким-либо фемическим силикатом, с гематитом и апатитом, ниже и

подрудным частям характерно сообщество серицита (мусковита) с кварцем, калишпатом, пирротинном, цирконом [4]. Вместе с тем в рудно-метасоматических телах наблюдается прямая или чехловая зональность в распределении парагенезисов, различных по времени, температуре и химизму процесса рудообразования. При этом соотношения вертикального размаха типовых ассоциаций в рамках конкретного рудного района выдержаны для околорудных метасоматитов соответствующих формаций. Этими обстоятельствами обуславливается возможность определения степени эродированности и вертикальной протяженности оруденения способом аналогии.

Информация, получаемая при изучении околорудно измененных пород, может быть также использована для разработки обобщенной модели рудно-метасоматических образований объектов разного ранга (месторождение, рудный узел и район), отличающихся друг от друга геолого-структурной позицией.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Г. М., Василевский М. М. Гидротермально измененные породы Центральной Камчатки, их рудоносность и закономерности пространственного размещения.— М.: Недра, 1964.
2. Коржинский Д. С. Зависимость метаморфизма от глубинности в вулканогенных формациях.— М.: АН СССР, 1961. (Тр. Ин-та вулканологии. В. 19).
3. Крюков В. Г. Метасоматоз в истории формирования оловорудных объектов Приамурья.— В кн.: Минералы, горные породы и месторождения полезных ископаемых в геологической истории. Л.: Наука, 1985.
4. Крюков В. Г., Щербак Л. И. и др. Оловяносные щелочные метасоматиты Баджалского района.— В кн.: Металлогения Приамурья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981.
5. Кушнарев И. П. Глубины образования эндогенных рудных месторождений.— М.: Недра, 1982.
6. Овчинников Л. Н. О максимальной глубине образования гидротермальных месторождений и возможных давлениях в этих условиях.— В кн.: Проблемы метасоматоза. Л.: ВСЕГЕИ, 1969.
7. Русинов В. А. Геологические и физико-химические закономерности пропилитизации.— М.: Наука, 1972.

ДВИМС  
Хабаровск

Поступила в редакцию  
9 сентября 1985 г.