

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

В ы п у с к 182



ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
SIBERIAN BRANCH

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHISICS

I s s u e 182

N. V. ROSLYAKOVA, N. A. ROSLYAKOV

ENDOGENIC AUREOLES OF GOLD DEPOSITS

Responsible editor Acad. V. A. Kuznetsov



PUBLISHING «NAUKA»
SIBERIAN BRANCH
NOVOSIBIRSK-1975

Н. В. РОСЛЯКОВА, Н. А. РОСЛЯКОВ

ЭНДОГЕННЫЕ ОРЕОЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Ответственный редактор акад. В. А. Кузнецов



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск · 1975

УДК: 550.42+553.41

Работа является первой монографической сводкой по поведению золота в эндогенных ореолах собственно золоторудных месторождений. Выполнена она на основании многолетних исследований поведения золота в полях золоторудных месторождений Сибири, Казахстана, Средней Азии и Камчатки. Ее главная особенность — рассмотрение связи сложной картины распределения золота в полях золоторудных месторождений с процессами гидротермального метаморфизма, предшествующего образованию руд. Показана общая для всех месторождений зональность эндогенных ореолов золота. Детально охарактеризованы три их группы: 1) ореолы рудных полей; 2) ореолы месторождений и 3) ореолы рудных тел. Особое внимание уделено вопросам, касающимся практического использования закономерностей распределения золота в околорудном пространстве.

Книга представляет интерес для геохимиков, геологов-поисковиков и студентов вузов.

This work is the first monographic summary about the behaviour of gold in endogenous aureoles of strictly gold deposits. It did by of several years investigations of gold behaviour in fields of gold deposits of Siberia, Kazakhstan, Middle Asia and Kamchatka. Its main peculiarity is consideration of bond of complicated picture of gold distribution in fields of gold deposits with processes of hydrothermal metamorphism, wich precedes the formation of ore. There is shown common for all deposits the hypogene zoning of endogenous aureols. Three groups are discribed in detail: 1) aureols of ore fields, 2) aureols of deposits and 3) aureols of ore bodies. A special attention is sparing for questions, concerning the practical use of regularities of distribution of gold in nearore area.

The book are represents an interest for the geochemistrists, geologists and students of higher educational establishments.

*Памяти учителя
Феликса Николаевича
Шахова
посвящается*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная работа является первой попыткой обобщить результаты исследований по эндогенным ореолам золота и сопутствующих ему элементов в полях собственно золоторудных месторождений.

Отсутствие до недавнего времени высокочувствительных методов определения золота не позволило изучить его поведение в околорудном пространстве, тогда как ореолы остальных компонентов золотых руд (меди, свинца, цинка и др.) описаны в литературе с достаточной полнотой. В настоящей работе на основании полученных авторами новых материалов рассматриваются главным образом эндогенные ореолы самого золота.

Золото в породах анализировалось В. Г. Цимбалест спектروхимическим методом, чувствительность которого $2,5 \cdot 10^{-8} \%$ и относительная среднеквадратичная ошибка $\pm 25 \%$. В породообразующих минералах, сульфидов и магнетите оно определялось Р. Д. Мельниковой нейтронно-активационным анализом с чувствительностью $1 \cdot 10^{-9}$ и среднеквадратичной ошибкой $\pm 10 \%$.

Медь, свинец, цинк, молибден, никель, кобальт и титан определялись количественным спектральным, а сурьма, висмут, мышьяк, кадмий и другие элементы — приближенным количественным спектральным методом. Большое количество проб на эти элементы проконтролировано химическим анализом. Ртуть определялась сотрудниками группы В. З. Фурсова в Казахском геофизическом тресте атомно-абсорбционным методом с чувствительностью $1 \cdot 10^{-7} \%$.

Большое количество аналитических данных и их интерпретация с результатами детальных микроскопических исследований опробуемых пород позволили охарактеризовать геохимические особенности изученных объектов на достаточно строгой геологической основе. В качестве дополнительного метода использовался метод математической статистики. С помощью ЭВМ были рассчитаны средние содержания, дисперсия и парные коэффициенты корреляции элементов.

Работа выполнялась в лаборатории геохимии редких элементов Института геологии и геофизики СО АН СССР под научным руководством и при постоянной поддержке члена-корреспондента АН СССР профессора Ф. Н. Шахова.

В процессе работы авторы пользовались советами Ю. Г. Щербакова, Э. Г. Дистанова, Ю. А. Долгова, Б. Н. Лапина, В. И. Сотникова и сотрудников Отдела геохимии. Большая помощь в проведении исследований была оказана геологами территориальных управлений, трестов, комбинатов и экспедиций. Авторы считают приятным долгом поблагодарить всех товарищей, помогавших и способствовавших выполнению данной работы. Большую благодарность они выражают ответственному редактору академику В. А. Кузнецову.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Исследования закономерностей распределения химических элементов в околорудном пространстве с целью поисков глубокозалегающих руд геохимическими методами ведутся уже давно. К настоящему времени выявлены общие черты пространственного размещения повышенных концентраций элементов относительно рудных тел месторождений меди, свинца, цинка, ртути и некоторых других металлов, установлена вертикальная и горизонтальная зональность в распределении этих концентраций, показана их генетическая связь с рудными телами и околорудноизмененными породами, рассмотрены вопросы прикладного характера.

Результаты изучения повышенных концентраций многих элементов во вмещающих породах гипогенной зоны месторождений цветных и редких металлов широко освещены в литературе (Геохимические поиски..., 1957; Красников, 1959; Вопросы изучения..., 1963; Сауков, 1963; Янишевский и др., 1963; Беус и др., 1968; Григорян, Янишевский, 1968, и мн. др.), однако ореолы золоторудных месторождений, особенно самого золота, изучены еще очень слабо.

А. Е. Ферсман писал (1931, с. 199): «Я считаю важной постановку самой проблемы о геохимии золота, так как до сих пор во всей литературе господствует значительная неясность в этом вопросе... При прекрасной геологической обследованности сибирских и уральских золотых районов мы совершенно не имеем геохимических подходов к их анализу, а между тем именно они являются задачей практического, особенно актуального значения у нас в Союзе»... Спустя 30 лет Ф. Н. Шахов (1961) подчеркнул, что геохимия золота все еще остается слабо изученной. Даже установление кларков в породах различного генезиса представляет большой научный интерес.

Эти данные могут быть привлечены для решения многих теоретических и практических задач, в том числе для выявления золотоносных провинций, а в их пределах — геохимических аномалий. Поиски золотых аномалий, отмечал Ф. Н. Шахов, ведутся очень редко, поскольку нет методов быстрых, высокочувствительных и точных количественных анализов на золото. Несколько позже И. С. Рожков (1967) одним из основных проблемных вопросов в геологии золота считал также изучение его содержания и распределения в различных типах пород.

В последние годы в связи с освоением радиоактивационного и спектрохимического методов анализа золота, позволяющих обнаруживать ультрамалые его количества, намечается определенный прогресс в исследовании поведения золота в породах различных регионов.

Ю. Г. Щербаков (1974) подчеркивает, что остаются все еще недостаточно изученными многие кардинальные вопросы, связанные с образованием золоторудных месторождений. В частности, специального изучения требует характер распределения золота в рудном поле.

Работ о поведении золота в полях золоторудных месторождений очень мало. Данные о золоте, по существу, сводились к характеристике ореолов с его повышенными концентрациями — и это являлось един-

ственным критерием при геохимических методах поисков (Сафронов и др., 1960; Гончаров и др., 1965; Поликарпочкин и др., 1965; 1968; Фахри, 1965, 1966; Григорян, Янишевский, 1968; Китаев и др., 1967; 1968, 1970; Григорян, Зубов, 1971; Григорян, 1971; Атабекьянц, 1972). Имеющиеся в упомянутой литературе данные показывают, что золоторудные жилы Балейского (Забайкалье), Майкаинского (Казахстан), Школьного, Кочбулака и Бургунды (Средняя Азия) и некоторых других месторождений сопровождаются значительными по размерам (до 50 м и более) эндогенными ореолами золота. Эти ореолы имеют поликомпонентный состав, в общем соответствующий составу руд. Зональность распределения компонентов в ореолах относительно рудных тел аналогична таковой на месторождениях других металлов.

Так, на Майкаине для внешней ореольной зоны характерны концентрации свинца, меди, цинка, серебра и сурьмы, для внутренней — мышьяка с молибденом. Золото занимает промежуточное положение (Гончаров и др., 1965), но оно исследовалось главным образом в ореолах с содержанием 10 мг/т и более ($10^{-6}\%$ и более). Содержания низших порядков, как правило, не рассматривались.

Формирование ореолов выше названные исследователи связывают с диффузией и инфильтрацией элементов во вмещающие породы при образовании рудных тел.

Имеется несколько работ, отмечающих более сложное строение ореолов золота и сопутствующих ему элементов.

Е. М. Квятковский (1963) изучил эндогенные ореолы золота и его спутников на Любавинском золоторудном месторождении, представленном жилами, залегающими в песчано-сланцевой толще. Им установлены повышенные содержания золота, мышьяка, меди и других элементов в 4—6 м по обе стороны от жил и резкое уменьшение их концентрации в экзоконтактах жил. Формирование ореолов с повышенным содержанием элементов, отделенных от жил полосами пород, обедненных золотом и его спутниками, Е. М. Квятковский объясняет проявлением двух процессов. Сначала в рудоподводящей ослабленной зоне формировались нормальные диффузионные ореолы, для которых, как известно, характерно постепенное убывание содержания элементов с удалением от рудных тел. Во второй этап образовались жилы и происходил вынос элементов из центральной части ореолов в жилы.

Н. А. Розановой (1965) на Центральном месторождении, представленном жилами, залегающими в гранодиоритах, тоже установлено наличие полос пород с низким содержанием золота между жилами и ореолами с высокими его концентрациями, что объясняется ею повышенной пористостью экзоконтактов жил. Золото, мигрируя от жильных полостей во время формирования жил, более активно осаждалось вдали от рудных тел в менее пористых и более полиминеральных породах.

Авторами (Воротников и др., 1968; Рослякова и др., 1970; Рослякова, 1970) выявлены положительные и отрицательные ореолы золота на Беркульском и Дарасунском жильных золоторудных месторождениях. Первое залегает в порфиридах, второе — в габбро-диоритах и гранодиоритах.

Установлено, что положительные ореолы золота и сопутствующих ему элементов на Беркуле и Дарасуне формировались до выполнения жил, а отрицательные — сингенетичны начальной стадии раскрытия жильных трещин. Кроме того, Н. В. Росляковой (1970) обнаружены участки с пониженным содержанием золота на флангах положительных аномалий, что объясняется перераспределением данного элемента во время формирования последних.

В. А. Напартэ (1968, 1970) рассмотрел строение и состав ореолов в Дарасунском золоторудном районе. Им также отмечается присутствие отрицательных аномалий золота в экзоконтактах жил и на флангах поло-

жительных ореолов («внеореольные отрицательные аномалии»). Он предполагает, что при формировании эндогенных ореолов золото мигрировало из вмещающих пород в жилы и ореолы.

В. Г. Петров (1969) установил понижение содержаний золота в экзоконтактах золоторудных тел месторождений северной части Енисейского кряжа. Это явление он объясняет переходом золота в рудные тела.

Н. В. Рослякова и др. (1970) показали зависимость между интенсивностью оруденения и контрастностью положительных и отрицательных ореолов золота. Н. А. Росляков и В. Г. Звягин (1972) эту зависимость считают важным геохимическим поисковым критерием золоторудных столбов. К. П. Атабекьянц (1972) при изучении эндогенных ореолов золото-сульфидных месторождений прожилково-вкрапленных руд Киргизии и Урала также установил положительную связь общей интенсивности и контрастности ореолов золота и других элементов с содержанием их в рудах.

В. Д. и Л. В. Мельниковы (1970) показали зависимость содержаний золота от характера и интенсивности гидротермального изменения пород месторождения Белая Гора.

Имеются работы, рассматривающие поведение золота в породах золоторудных полей. Э. Мантей и др. (Mantei a. o., 1967, 1970) изучили распределение золота в гранодiorитовом штоке Мэрисвилл золоторудного поля в штате Монтана. А. В. Муровцев (1969), Г. М. Чеботарев (1969) и А. Т. Бендик (1970) исследовали распределение этого элемента в песчано-сланцевых толщах Среднеазиатской золоторудной провинции. В. Д. Веда (1970, 1971), Н. Л. Шилин (1968, 1969), Н. А. Росляков и др. (1971) рассмотрели распределение золота в вулканогенно-осадочных породах Огангисского рудного поля, а Ю. А. Аферов и др. (1968), Д. Н. Алексеев и др. (1971) — в магматических и метаморфических породах золоторудных полей Восточного Забайкалья. В. Г. Моисеенко и др. (1968, 1970, 1971) внесли большой вклад в изучение геохимии золота в Приморье, В. А. Буряк (1966 и др.) — в Ленском золотоносном районе. Почти всеми исследователями отмечается повышение содержаний золота в породах рудных полей, что связано с проявлением здесь процессов метаморфизма.

Таким образом, изучение геохимии золота в породах золоторудных полей и месторождений началось совсем недавно. При этом оно касалось главным образом месторождений жильного типа, а эндогенные ореолы штокверковых и других сложных, но промышленно важных морфологических типов золоторудных месторождений практически оставались вне поля зрения исследователей. Нет единого мнения и относительно генезиса ореолов.

Большинство исследователей считает, что при формировании эндогенных ореолов золото и сопутствующие ему элементы мигрировали от рудного тела во вмещающие породы. Лишь в отдельных работах отмечается ведущая роль концентрирования элементов из вмещающих пород и последующая их миграция в рудные тела. Очень слабо рассмотрена связь ореолов золота с гидротермальными изменениями вмещающих пород и химизм формирования ореолов. В большинстве случаев отсутствуют сведения о региональных и местных фоновых концентрациях золота в золоторудных полях и его нижних аномальных содержаниях в различных по составу породах. Все эти вопросы в предлагаемой книге освещаются с различной степенью детальности.

Для исследования были выбраны гидротермальные золоторудные месторождения, сформированные в разные металлогенические эпохи, в различных геологоструктурных условиях, с различным составом руд и вмещающих пород, а также различной морфологией рудных тел. К их числу относятся золоторудные месторождения следующих морфологических типов:

1) жильные — Дарасунское, Забайкалье; Оганчинское, Центральная Камчатка; Берикульское, Центральное и Комсомольское, Кузнецкий Алатау; Акбакай, Атбасар и Акжал, Казахстан; Южный Бесаян, Средняя Азия;

2) штокверковые, штокверково-жильные — Погромное, Забайкалье; Мурунтау, Средняя Азия;

3) прожилково-вкрапленные и вкрапленные — Ключевское и Илинское, Забайкалье; Бақырчик, Васильевское, Жолпак-Тюбе, Казахстан;

4) золотоносные сульфидные залежи — Козловское, Забайкалье;

5) золотоносные скарны — Натальевское, Кузнецкий Алатау.

Для сравнения изучены эндогенные ореолы ряда мелких рудопроявлений золота и ртути, а также золота и молибдена на Давендинском молибденовом месторождении (Забайкалье).

В заключение коснемся терминологии.

Участки с аномально повышенными содержаниями химических элементов во вмещающих рудные тела породах принято называть «ореолами». В настоящее время в литературе применительно к эндогенной зоне наиболее распространены термины «первичные ореолы рассеяния» и «эндогенные ореолы рассеяния». Под ними подразумевается сингенетичность ореолов рудным телам. При их формировании элементы мигрировали от рудных тел, рассеивались во вмещающих породах, создавая вблизи руд участки с повышенными концентрациями, т. е. ореолы.

В последние годы появился ряд работ, в которых убедительно показано, что **ореолы** вокруг рудных тел дорудные (Квятковский, 1963; Рослякова, 1970; Напартэ, 1970; Чирко, 1971; и др.). Они сформированы не за счет рассеяния рудных **компонентов** от рудного тела, а за счет их дорудной концентрации в процессе гидротермального метаморфизма, создающего окolorудноизмененные породы. Л. Н. Овчинников и С. В. Григорян (1970, с. 4) подчеркивают, что «при формировании рудных тел в ореольном пространстве (*разрядка наша*) действовал механизм центростремительного привноса металлов; предположение об обратном, т. е. об образовании ореолов в результате выноса металлов из рудных тел, безусловно, неверно». Следовательно, при описании эндогенных ореолов гидротермальных месторождений термин «рассеяние» не имеет генетического смысла.

Не совсем правильно, по нашему мнению, и употребление термина «первичный». Он не отражает сути процесса ореолообразования. Как известно, окolorудноизмененные породы на каждом гидротермальном месторождении формируются в несколько стадий. Каждая последующая стадия налагает отпечаток на предыдущую, вызывая то или иное перераспределение элементов. В конечном итоге имеем дело с суммарным ореолом, образованным в несколько стадий. Первичным в нем является лишь составляющая, сформированная в первую стадию изменения пород. В этой связи мы склонны думать, что термин «эндогенный» более правилен, чем «первичный». Он отражает суммарный процесс образования ореола в эндогенной зоне. Е. М. Яниневский и др. (1963, с. 9) под эндогенными ореолами предлагают понимать «тяготееющие к рудным телам и месторождениям участки рудовмещающих пород, характеризующиеся повышенным содержанием химических элементов, привнесенных рудоносными гидротермальными растворами».

Учитывая достижения последних лет в области геохимии, к эндогенным ореолам следует относить участки гидротермальноизмененных пород с аномальными — повышенными и пониженными содержаниями химических элементов, возникшие в связи с формированием месторождений полезных ископаемых, а также в результате регионального или контактового метаморфизма.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Золоторудные поля и месторождения, на которых авторами были проведены геохимические исследования, расположены в азиатской части СССР. Среди них имеются представители почти всех генетических типов (по классификации Н. И. Бородаевского, 1964), известных в нашей стране. Их вмещающие породы охватывают основные разновидности, свойственные золоторудным месторождениям (Воларович, 1961). Следует отметить, что исследованные месторождения являются также представителями главных металлогенических эпох (каледонской, герцинской, киммерийской и альпийской) и золоторудных провинций (Алтае-Саянской, Казахской, Средне-Азиатской, Забайкальской, Камчатско-Корякской — Воларович, Рожков, 1967). Основные черты обследованных месторождений и их принадлежность к той или иной металлогенической эпохе и провинции сведены в табл. 1. Эта таблица не претендует на классификацию месторождений. Ее цель — показать многообразие геологических условий изученных объектов.

Следует подчеркнуть, что упомянутые в табл. 1 месторождения довольно давно и детально изучаются очень многими исследователями. В итоге получен весьма обширный материал по геологическому строению регионов, детально изучено структурно-тектоническое положение золоторудных месторождений, выявлены основные закономерности размещения золотого оруденения и его связи с интрузивным магматизмом. Подробно исследованы вещественный состав руд, их зональность, влияние состава вмещающих пород на концентрацию золота в рудах и морфологию рудных тел. Все это позволяет лишь очень кратко охарактеризовать названные месторождения.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ (АЛТАЕ-САЯНСКАЯ ЗОЛОТОРУДНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

В Кузнецком Алатау исследования проводились на Бериккульском, Центральном, Комсомольском и Натальевском месторождениях. В строении рудных полей этих месторождений участвуют докембрийские и нижнепалеозойские образования, претерпевшие салапрскую и каледонскую складчатость и интрузивный магматизм. Тектоническое строение рассматриваемой части Кузнецкого Алатау определяется дизъюнктивными нарушениями, оперяющими крупный Кузнецко-Алтайский глубинный разлом, возникший в протерозое, наиболее активно развивавшийся в нижнем и среднем кембрии (Кузнецов, 1952, 1954) и продолжающий проявляться вплоть до настоящего времени (Дмитриев и др., 1963). Развитие Кузнецко-Алтайского разлома обусловило возникновение геосинклинального поднятия в регионе, которое, по данным Л. В. Алабина (1968), представлено синийскими (енисейская свита), нижнекембрийскими (усть-кундатская и усинская свиты) и среднекембрийскими (бериккульская свита) образованиями. Ордовик характеризуется формированием изверженных пород Мартайгинского комплекса, с которым связано золотое оруденение района. В участках прогибов и впадин, наложенных на геосинклинальное поднятие, развиты отложения нижнего и среднего девона (соответственно красногорская и палатинская свиты).

Бериккульское месторождение — одно из наиболее исследованных в Маринской тайге. Геологическое строение его и состав руд изучались А. Я. Булыничковым, Е. А. Гуковским, Д. А. Зенковым, И. В. Кучеренко, А. И. Кучным, В. К. Моничем, В. Н. Пономаревым, Н. В. Росляковой, Д. А. Тимофеевским, Ю. Г. Щербаковым и др.

Основные черты изученных месторождений

Месторождение	Золоторудная провинция	Главный этап золотой минерализации	Рудовмещающие породы	Морфологический тип	Золоторудная формация	Главные околорудные изменения
Беркуловское Центральное Комсомольское Натальевское	Алтай-Саянская	Нижнепалеозойский	Порфириды Гранодиориты Габбро-диориты Скарны и скарноиды	Жильный » Линзы и залежи	Умеренносульфидная	Пропилитизация Березитизация Лиственитизация Скаполитизация, окварцевание
Бакырчик Васильевское Жолпак-Тюбе Деланкаринское Акжал Атбасар Дьяковское Амбакай Кенгир	Казахстанская	Верхнепалеозойский	Песчано-сланцевая толща » » » » » Гранодиориты Диориты	Прожилково-вкрапленный » » » Жильный » » Прожилково-вкрапленный	Малосульфидная » » Убогосульфидная » » Умеренносульфидная	Лиственитизация, березитизация » » Березитизация, пропилитизация Березитизация Березитизация » Березитизация, окварцевание Березитизация, турмалинизация
Мурунтау Южный Бесаян	Средне-Азиатская	Палеозойский	Песчано-сланцевая толща	Штокверковый, жильный Жильный	Убогосульфидная	Окварцевание, амфиболизация, биотитизация
Дарасунское Погромное Козловское Ключевское Илинское	Забайкальская	Верхнеюрский Нижнемеловой Верхнеюрский » Нижнемеловой	Гранодиориты, габбро Кислые эффузивы и туфы Граниты, гранодиориты Граниты »	» Штокверковый Линзы, залежи Прожилково-вкрапленный »	Существенно-сульфидная Убогосульфидная Существенно-сульфидная Умеренносульфидная »	Березитизация Окварцевание, серицитизация Хлоритизация, серицитизация Окварцевание, турмалинизация Окварцевание, серицитизация, хлоритизация, карбонатизация
Оганчинское	Камчатско-Корякская	Верхнемиоценовый	Порфириды и их туфы	Жильный	Умеренносульфидная	Пропилитизация, серицитизация, окварцевание

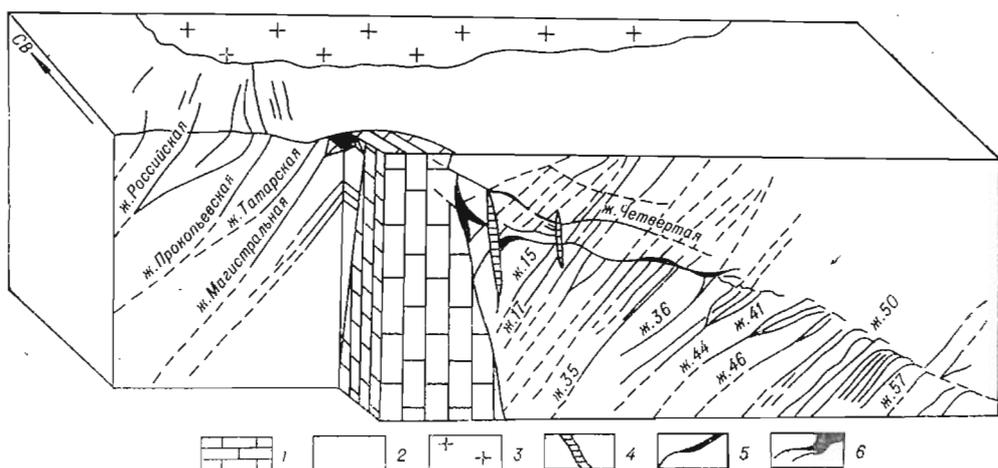


Рис. 1. Блок-диаграмма Бериккульского месторождения (по Ю. Г. Щербакову и Н. В. Росляковой, 1970).

1 — известняки; 2 — порфириты; 3 — диориты; 4 — диабазовые дайки; 5 — золотоносные жилы; 6 — метасоматические сульфидные залежи.

Месторождение находится в узкой, вытянутой в северо-западном направлении полосе закономерно перемежающихся плагиоклазовых и пироксеновых порфиритов и их туфов (бериккульская свита). На юго-западе порфириты граничат с мраморизованными известняками усинской свиты, а на северо-востоке — с Бериккульским габбро-диоритовым массивом (рис. 1).

Рудные тела залегают главным образом в порфиритовой толще. Представлены они довольно крупной пологопадающей на юго-восток жилой Четвертой и системой крутопадающих в противоположную сторону жил (более 60°), опирающихся Четвертую жилу. Их средняя мощность 0,30 м. На пересечении контакта порфиритов с известняками пологопадающей жилой развиты метасоматические сульфидные залежи (см. рис. 1).

Согласно классификации Н. В. Петровской (1966), жилы по содержанию сульфидов относятся к умеренно-сульфидной формации. Золото в них распределяется крайне неравномерно, образуя золоторудные столбы; обычно совпадающие с сульфидными (Рослякова, 1972; Булытников и др., 1972). Формирование жил многостадийно. Их минеральный состав приведен в табл. 2.

Состав руд представлен устойчивыми для всех золоторудных месторождений (Петровская, 1967) минеральными ассоциациями: шротин-пиритовой, кварц-пирит-арсенопиритовой, продуктивной карбонатно-сульфидной и пострудной карбонатной (Рослякова, 1970).

На месторождении очень хорошо проявлены околожильные изменения вмещающих пород, которые, как показали наши исследования, протекали в несколько стадий и предшествовали жильному выполнению. Эти изменения выразились в развитии карбонатов, серицита, биотита, хлорита, кварца, рутила, а иногда пород, близких по составу к березитам. Наиболее интенсивные изменения наблюдаются по обе стороны от жил на расстоянии, не превышающем мощность последних. Изменения, наблюдаемые под микроскопом, проявлены на значительном удалении от жил.

Центральное и Комсомольское месторождения. Геологическое строение этих месторождений широко известно благодаря исследованиям Л. В. Алабина, В. И. Баженова, А. Я. Булыникова, Ю. П. Денисова, А. М. Митюшина, Н. А. Розановой, Д. А. Тимофеевского, Ф. Н. Шахова и многих других.

Таблица 2

Минеральный состав первичных руд Бериккульского, Центрального, Комсомольского и Натальевского месторождений

Минералы	Бериккульское (по Н. В. Росляковой, 1970; В. К. Моницу, 1939; Д. А. Тимофеевскому и др., 1952)	Центральное (по Д. А. Тимофеевскому и др., 1952)	Комсомольское (по Ю. П. Денисову, 1970, и фондовым материалам)	Натальевское (по Б. Д. Васильеву, 1970, и В. А. Вахрушеву, 1972)
Рудные	Пирит Арсенопирит Пирротин Сфалерит Халькопирит Галенит Марказит Золото Теннантит Тетраэдрит Шапбахит Висмут Молибденит Антимонит Гематит Ильменит Станнин Пентландит Бурнонит Шеелит Сурьма Борнит Серебро Никелин Хлоантит Раммельсбергит Герсдорфит	Пирит Арсенопирит Пирротин Леллингит Молибденит Сфалерит Халькопирит Теннантит Галенит Золото Висмут Шеелит Висмутин Марказит Гематит Ильменит Борнит Магнетит Рутил	Пирит Арсенопирит Пирротин Сфалерит Халькопирит Галенит Золото Шеелит Ильменит Магнетит Рутил Киноварь	Халькопирит Борнит Пирит Арсенопирит Пирротин Висмутин Золото Молибденит Магнетит Сфалерит Галенит Висмут Базовисмутит Эмплектит Шеелит Электрум Кубанит Алтант Макниавит Тетраэдрит Зиннит
Нерудные	Кварц Кальцит Параксерит Анкерит Магнезит Доломит Хлорит Серицит Альбит Флюорит	Кварц Турмалин Эпидот Цонзит Пешнит Апатит Серицит Кальцит Барит	Кварц Кальцит Серицит Барит	Гранаты Тремолит Диопсид Волластонит Скаполит Доломит Тальк Серпентин Кварц Кальцит

Примечание. Здесь и в табл. 3, 5, 6 минералы расположены по убывающей распространенности.

Эти месторождения, как и Бериккульское, представлены жилами умеренно-сульфидной формации. От Бериккульского они отличаются главным образом составом вмещающих пород.

Жилы Центрального месторождения залегают в гранодиоритах. Их мощность порядка 0,3—0,8 м и падение 50—60°. Околожильное изменение вмещающих гранодиоритов выражено в березитизации. Мощность березитизированных пород вдоль обоих контактов жил примерно одинакова и колеблется в пределах от нескольких сантиметров до 2 и более метров. Минеральный состав жил, детально описанный Д. А. Тимофеевским (1952), близок к бериккульскому (см. табл. 2).

Вмещающими породами на Комсомольском месторождении являются габбро-диориты. Мощность жил порядка 0,5—1 м, а угол падения — около 50°. Околожильное изменение габбро-диоритов, по данным Ю. П. Денисова (1970), выражено в лиственитизации, окварцевании, хлоритизации, серицитизации, пиритизации и карбонатизации. Макроскопически видимые полосы измененных пород составляют 0,5—0,8 м по обе стороны

от жил. В минеральном составе жил, по сравнению с Беркулем и Центральным, сульфиды играют меньшую роль (около 5%).

Натальевское месторождение. Геологическая позиция месторождения, особенности его минералогии и структуры освещены в работах Б. Д. Васильева, В. А. Вахрушева, В. А. Врублевского, Ю. П. Денисова, В. К. Добрынина, А. И. Кучина, В. А. Чудиновских и др.

Месторождение связано со скарнами, развивающимися по доломитистым мраморам, и скарноидами, возникшими за счет порфиритов и их туфов (рис. 2). Скарнирование вызвано формированием габбро-диоритовой интрузии. Золотое оруденение совместно с сульфидной минерализацией наложено на скарны и скарноиды. Б. Д. Васильев (1970) выделяет 8 типов золотых руд (в скобках дано среднее содержание золота в условных единицах): 1) кварц-сульфидные и кварц-кальцитовые с сульфидами (83,5); 2) магнетитовые скарны (60,4); 3) лейкодиопсид — тремолитовые скарны (22,7); 4) гранатовые скарны (10); 5) скарноиды по порфиритам (1,5); 6) известняки окварцованные (4,0); 7) кварц-анкеритовые руды (4,0); 8) оруденелые диабазовые дайки (179,8). Наибольшее значение имеют лейкодиопсид-тремолитовые рудные тела. Они золотосны практически во всем своем объеме и представляют основную массу промышленных руд. Золотосность остальных типов руд крайне неравномерна и прямо зависит от содержания в рудах халькопирита и магнетита. Рудные столбы неправильной формы.

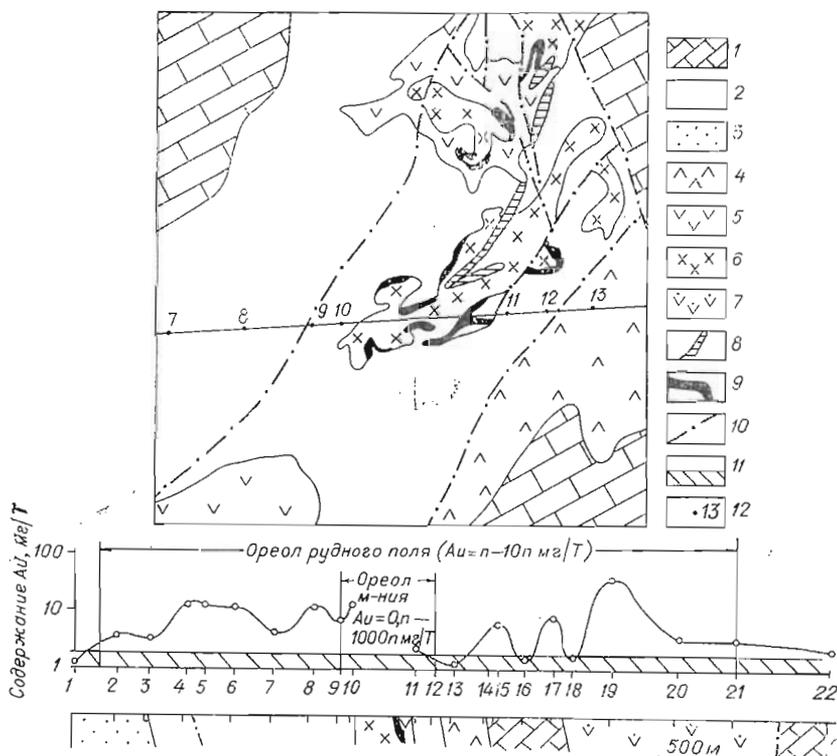


Рис. 2. Схема геологического строения Натальевского месторождения (по В. В. Спмоненко) и распределения золота на одном из его профилей. 1 — известняки усть-кундатской свиты; 2 — известняки усвйской свиты; 3 — туфо-кгломераты и песчаники красногорской свиты; 4 — плагиоклазовые порфириты, туфо-кгломераты и туфолавы палатинской свиты; 5 — андезитовые, плагиоклазовые и пироксен-роговообманковые порфириты; 6 — диориты, кварцевые диориты, сиенито-диориты, монзониты, габбро, габбро-диориты и порфировидные диориты; 7 — дацитовые и андезит-дацитовые порфириты; 8 — дайки порфиритов, сиенит-аплитов и сиенитов; 9 — скарны и скарнированные породы; 10 — тектонические нарушения; 11 — область региональных фоновых содержаний золота; 12 — точки опробования и их номера.

Рудные минералы (см. табл. 2) в лейкодиопсид-тремолитовых скарнах образуют неравномерную вкрапленность и составляют 5—6%. Максимальная золотоносность связана с кварц-сульфидными и кварц-кальцитовыми линзами, наложенными на скарны.

Гидротермальный метаморфизм скарнов проявлен интенсивно и выражен в их скаполитизации, окварцевании, доломитизации, серпентинизации и отальковании.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЗАХСТАНСКОЙ ЗОЛОТОРУДНОЙ ПРОВИНЦИИ

В Казахстанской золоторудной провинции исследования проводились на месторождениях Калбы (Бақырчик, Ақжал, Васильевское, Жолпак-Тюбе, Атбасар, Деланкора, Дьяковское) и Юго-Западного Прибалхашья (Ақбақай, Кенгір).

Месторождения Калбы

На Калбе долгое время единственным объектом добычи золота служили кварцевые жилы. Недавно здесь выявлены и детально разведаны месторождения золота с вкрапленными и прожилковыми рудами в минерализованных зонах смятия песчано-сланцевых толщ. Месторождения этого типа в настоящее время являются главным поставщиком благородного металла из данного региона. Как отмечают Н. И. Бородаевский (1962) и М. И. Воин (1963), кварцевые золотоносные жилы здесь по существу уже не разрабатываются. В этой связи на Калбе наше внимание было уделено в основном месторождениям типа «минерализованных зон».

Месторождение Бақырчик. Геологическая позиция, строение и состав рудных тел Бақырчика охарактеризованы Н. И. Бородаевским, Ю. В. Овечкиным, П. И. Полторыхиным, И. А. Ротарашем, М. М. Старовой и др. Закономерности распределения элементов в рудных телах и вмещающих породах описаны М. М. Бакеновым, О. К. Кожекеевым и З. Е. Есенбаевым.

Расположено месторождение в центральной части Калбинского хребта. Литологический состав толщ, вмещающих золотое оруденение, довольно однообразен. В основании разреза залегает аркалыкская свита, сложенная кремнистыми и кремнисто-глинистыми сланцами, известняками, порфиридами. Выше эта свита сменяется полимиктовыми песчаниками нижней подсвиты кокпектинской свиты (C_1), которые в свою очередь перекрываются полимиктовыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами и известняками верхней подсвиты. Завершается разрез буконьской свитой (C_2), состоящей из аргиллитов, алевролитов и полимиктовых песчаников.

Породы испытали региональную филлитизацию и зеленокаменные преобразования. Широко развиты тектониты, брекчи и микробрекчи.

Месторождение приурочено к Кызыловской зоне смятия, прослеженной более чем на 25 км (Полторыхин, 1970). На всем протяжении она несет рассеянную сульфидную минерализацию. Морфология, внутренняя структура и золотоносность минерализованной зоны целиком определяются степенью расланцевания и раздробления песчано-сланцевых пород. В одном из интенсивно деформированных участков зоны находится Бақырчикское месторождение.

Рудные тела залегают в висячем боку субширотного, круто падающего на север разлома. Они линейно вытянуты согласно простиранию этого разлома и образуют несколько золоторудных столбов. Отношение их длины к мощности около (30—20): 1. В пределах столбов золото распределено неравномерно. По простиранию и падению их богатые золотом участки часто сменяются бедными.

Рудой в большинстве случаев являются гидротермальноизмененные алевролиты, порой сильно углеродистые, содержащие прожилково-вкрапленную минерализацию арсенопирита, пирита и других сульфидов (табл.3). В меньшей степени золотоносны кварцевые жилы убого-сульфидной формации.

Наблюдается связь между составом рудовмещающих пород и морфологией рудных тел. Кварцевые жилы преимущественно залегают среди песчаников, а зоны вкрапленной и штокверковой минерализации приурочиваются либо к прослоям углисто-глинистых алевролитов, либо к пачкам тонкого переслаивания алевролитов и песчаников.

На месторождении отчетливо проявлен гидротермальный метаморфизм вмещающих пород. Ю. В. Овечкин и др. выделяют три стадии метаморфизма: 1) щелочную — образование хлоритизированных, альбитизированных и скарнированных пород; 2) кислотную — возникновение окварцованных, грейзенизированных, карбонатизированных, лиственитизированных и березитизированных пород; 3) щелочную, позднюю стадию — формирование березитов, а затем рудных тел. Как подчеркивает Н. И. Бородаевский (1962), из гидротермальноизмененных пород наибольшим развитием пользуются березиты и листвениты. Они образуют узкие полосы в зальбандах рудных тел, а также линзообразные залежи среди рассланцованных пород. Слаболиственитизированные и слабоберезитизированные породы, тонкая рассеянная вкрапленность пирита, реже — арсенопирита занимают большие площади и сопровождают тектонические зоны. В этом случае породы повсеместно обладают повышен-

Таблица 3

Минеральный состав первичных руд обследованных месторождений Казахстанской золоторудной провинции

Минералы	Бақырчин (по Н. И. Полторыкину, 1972)	Ақжал, Васильевское, Жолпак-Тюбе (по И. А. Ротарашу, 1971)	Ақбақай, Кентігір (по Абдрахманову и др., 1972)
Рудные	Арсенопирит Пирит Мельниковит Пирротин Антимонит Золото Серебро Сфалерит Галенит Халькопирит Блеклые руды Гематит Сурьма Лелленгит Медь Прустит Пентландит Сульфоантимониты свинца Рутил Ильменит Кобальтин	Пирит Арсенопирит Сфалерит Галенит Золото Халькопирит Теннантит Тетраэдрит	Арсенопирит Антимонит Цирит Висмутин Марказит Галенит Халькопирит Блеклые руды Сфалерит Золото
Щерудные	Кварц Анкерит Кальцит Альбит Хлорит Графит Серицит	Кварц Кальцит Графит Хлорит Альбит	Кварц Кальцит Хлорит Серицит Турмалин

ным содержанием золота. По данным В. А. Нарсеева (1968), среднее отношение мощностей интенсивно измененных пород и рудных тел около 5:1.

Васильевское и Жолпак-Тюбетское месторождения приурочены к золотоносной полосе шириной 10—12 км Сарджальской металлогенической зоны Юго-Западной Калбы (Левин, 1968). Их изучали М. И. Воин, М. С. Куранаев, В. А. Нарсеев, И. А. Ротараш и др.

Васильевское месторождение имеет много общих черт с Бақырчыкским (см. табл. 1). Его отличительной особенностью является преобладание в рудах пирита над арсенопиритом (см. табл. 3).

Рудные тела Васильевского месторождения локализируются в зоне Боконьского разлома и тяготеют к контакту рудовмещающих углистоглинистых алевролитов (С₂) с порфиритами (С₂).

Месторождение Жолпак-Тюбе по геологическому строению, морфологии рудных тел и составу руд очень близко к Бақырчыкскому и Васильевскому (Левин, 1968).

Месторождение Акжал расположено в той же золотоносной полосе, что и предыдущие месторождения. Залегает среди песчано-сланцевой толщи аркалыкской свиты, прорванной интрузией кварцевых диоритов и ее дайковыми производными. Рудные тела месторождения представлены кварцевыми жилами убого-сульфидной формации и в отдельных случаях — минерализованными зонами смятия. По данным Г. Б. Левина (1968), наиболее обогащенные золотом участки жил и минерализованных зон приурочены к пачке туфогенных пород с прослоями и линзами яшм. Жилы крутопадающие, со средней мощностью около 0,6 м. Согласно Д. В. Пономареву, рудные тела сформированы в три стадии: 1) пирит-арсенопирит-кварцевую; 2) полиметаллическую; 3) кварц-турмалиновую (Воин, 1963).

Соотношение мощностей околожильноизмененных пород и жил обычно не превышает 15:1, часто меньше (Нарсеев, 1968).

Атбасарское, Деланкаринское и Дьяковское рудопроявления расположены в юго-восточном фланге Калбы. Рудные тела здесь представлены минерализованными зонами (Деланкара) и кварцевыми жилами (Атбасар, Дьяковское) убого-сульфидной формации. Вмещаю-

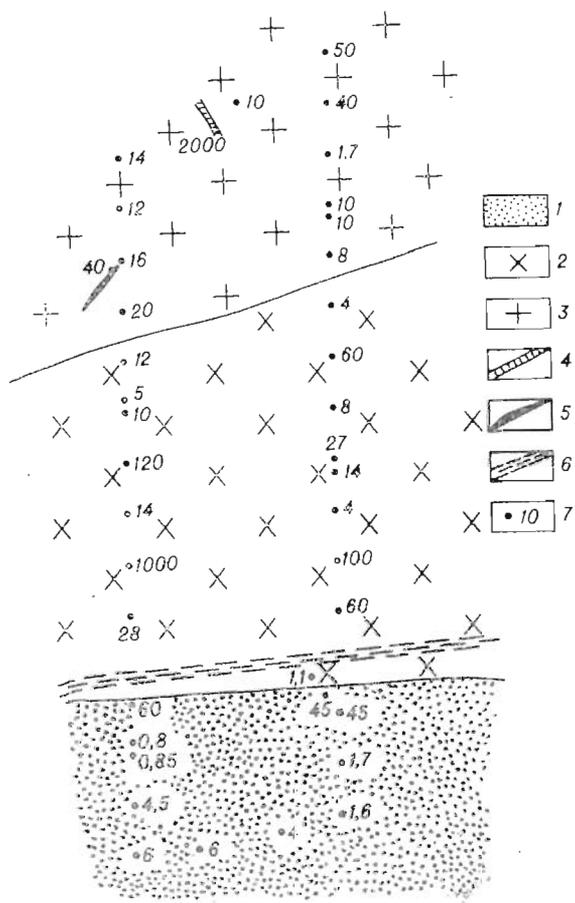


Рис. 3. Схема геологического строения Акбайского рудного поля и распределения в нем золота. 1 — песчано-сланцевая толща; 2 — гранодиориты; 3 — граниты; 4 — дайки гранит-порфира; 5 — кварц-турмалиновая зона; 6 — золоторудная зона; 7 — точки опробования и содержания в них золота (мг/т).

щие породы такие же, как и в предыдущих золоторудных месторождениях Калбы, — толща переслаивающихся алевролитов и песчаников. Главным рудным минералом в минерализованных зонах является арсенопирит, а в жилах — пирит.

Месторождения Юго-Западного Прибалхашья

На территории Юго-Западного Прибалхашья нами исследовано Акбакай-Кенгирское рудное поле. Оно изучалось группой геологов Южно-Казахстанского управления и Казахского политехнического института (Абдрахманов и др., 1972). Месторождения приурочены к зоне юго-западного контакта Жельтауского батолита, прорывающего здесь песчано-сланцевые отложения дуланкаринской свиты верхнего ордовика.

Основные работы нами были проведены на месторождении А к б а й. Оно тяготеет к контакту Кызылжартасского массива гранодиоритов с песчаниками. Оруденение локализуется в зоне дробления гидротермальноизмененных пород, имеющей широкое простирание и небольшую мощность. Основная часть ее находится в гранодиоритах, в 200—300 м от контакта (рис. 3). Рудные тела представляют собой отдельные маломощные (10—60 см) кварцевые жилы, круто падающие на север, серии сближенных жил и прожилков. По количеству сульфидов (10—20%), перечень которых приведен в табл. 3, руды относятся к умеренно-сульфидной формации. Их особенностью является довольно частая встречаемость видимого золота.

Околорудные изменения вмещающих пород Акбакайского месторождения проявлены очень интенсивно. Мощность измененных пород достигает 8 м. Главным продуктом гидротермального метаморфизма являются березиты. Широко развиты хлоритизированные и пиритизированные породы.

МУРУНТАУСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ (СРЕДНЕ-АЗИАТСКАЯ ЗОЛОТОРУДНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

С открытием известного Мурунтауского месторождения Средне-Азиатская золоторудная провинция привлекла особое внимание исследователей, о чем свидетельствует обширная литература последних лет. Детальные работы по этому региону выполнены И. А. Айзенштадом, Р. П. и С. Т. Бадаловыми, А. Т. Бендиком, И. К. Давлетовым, Г. В. Касавченко, И. П. Кушнаревым, А. В. Муравцевым, Н. В. Петровской, Х. Р. Рахматуллаевым, Г. М. Чеботаревым, П. В. Хромышкиным, С. Д. Шером и др. Все это позволяет напомнить читателю лишь основные черты геологического строения Мурунтауского рудного поля, где нами исследованы Южно-Бесапанское и, частично, Мурунтауское месторождения.

Рудное поле расположено в Центральных Кызылкумах. Золоторудная минерализация локализуется в основном на пологом южном крыле Тасказганской антиклинали в блоке, заключенном между Южным и Структурным разломами (см. Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана, 1969). За его пределами фиксируются отдельные разрозненные проявления золота преимущественно жильного типа. Сюда относятся и Южно-Бесапанское месторождение.

Рудовмещающими породами являются переслаивающиеся метаморфизованные песчаники, алевролиты и сланцы сравнительно однотипного состава. Выделяются два главных морфологических типа рудных тел — жильный и штокверковый. Штокверковые располагаются, как правило,

в зальбандах мощных секущих кварцевых жил. В них локализуется более 80% золота рудного поля. Жилы группируются в зоны близширотного направления. По вещественному составу руды относятся к кварц-пирит-арсенопирит-золоторудному типу, а по содержанию в них сульфидов (0,5—1%) к убого-сульфидной формации. Минеральный состав руд приведен в табл. 4.

Околорудные изменения проявлены весьма интенсивно. Они характеризуются развитием мелкочешуйчатого биотита за счет хлорит-серицитового агрегата цемента алевролитов, а за счет карбонатов — актинолита, реже пироксенов. Довольно широким распространением пользуются сульфидизация и окварцевание вмещающих песчано-сланцевых пород.

Как и на других месторождениях, золотое оруденение Мурунтауского рудного поля имеет сложную историю развития (Петровская, 1968; Шер и др., 1971). Формированию жил и штокверка предшествовало два этапа гидротермальной метаморфизма вмещающих пород. Образование руд обязано, по крайней мере, пяти стадиям рудного этапа (см.: Рудные формации..., 1969). Золото отлагалось в одну из последних стадий. Распределено оно неравномерно и образует золоторудные столбы.

Таблица 4

Минеральный состав первичных руд месторождений Мурунтауского рудного поля (по Н. П. Нестеровой и Г. М. Чеботареву, 1969)

Распространенность минералов	Минералы зон гидротермальных изменений		Минералы золоторудных жил и зон	
	рудные	нерудные	рудные	нерудные
Главные	Пирит Марказит	Кварц Биотит Полевые шпаты Серпичит Хлорит Актинолит	Золото Пирит Арсенопирит	Кварц Полевые шпаты Турмалины
Второстепенные	Пирротин	Пироксены Роговая обманка Анкерит Эпидот Целестин Баритоцелестин Графит	Марказит Пирротин Халькопирит Шеелит	Кальцит
Редкие	Ильменит Магнетит	Доломит Цоизит Рутил Сфен Лейкоксен Циркон Брукит Анагас Корднерит Диаспор Корунд Серпентин Тальк Монацит Гранат Фукаспит Ставролит	Сфалерит Галенит Висмутин Самородный висмут Киноварь Миаргрит Тетраэдрит Теллуриды золота? Пираргирит Самородное серебро Вольфрамит Галеновисмутин Аргентит Айкинит Полибазит Кобеллит Тетрадимит?	Флюорит Сидерит

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ЗОЛОТОРУДНОЙ ПРОВИНЦИИ

Дарасунское месторождение. Современные представления о геологическом строении Дарасунского месторождения и его рудного поля сложились в результате работ большого коллектива геологов: Ю. А. Аферова, Н. И. Бабинцева, С. С. Боришанской, Г. П. Воларовича, С. Н. Зверева, В. Г. Звягина, Д. А. Зенкова, В. А. Поликарповой, М. С. Сахаровой, Д. А. Тимофеевского и И. Н. Эпова и др. В течение последних лет рудное поле изучалось сотрудниками ЦНИГРИ под руководством Д. А. Тимофеевского. Геологическая карта, составленная этим исследователем, служила основой при наших геохимических наблюдениях (рис. 4).

Дарасунское рудное поле сложено главным образом изверженными породами, производными варисского тектогенеза. Значительно реже развиты более древние кристаллические сланцы и более молодые магматические образования преимущественно среднего и кислого состава. Золотое оруденение генетически связано с завершающими этапами магматической деятельности в юрское время.

Столь же сложное строение и историю формирования имеет и само Дарасунское месторождение. Схема его геологического строения приведена на рис. 5. На западном участке месторождения вмещающим золотое оруденение породами являются метаморфизованные амфиболиты, габбро-амфиболиты, габбро и их гранитизированные разновидности. На восточном фланге резко преобладают кварцевые диориты и гранодиориты.

Просмотр более 100 шлифов показал, что все породы Дарасунского месторождения в той или иной степени подвержены гидротермальному метаморфизму. Основные и ультраосновные породы испытали главным образом амфиболитизацию, хлоритизацию и сосюритизацию. В средних и кислых породах более активно развиты серицитизация, альбитизация и хлоритизация. Все породы несут неравномерную бедную вкрапленность пирита и переменные количества микрожилок кварца.

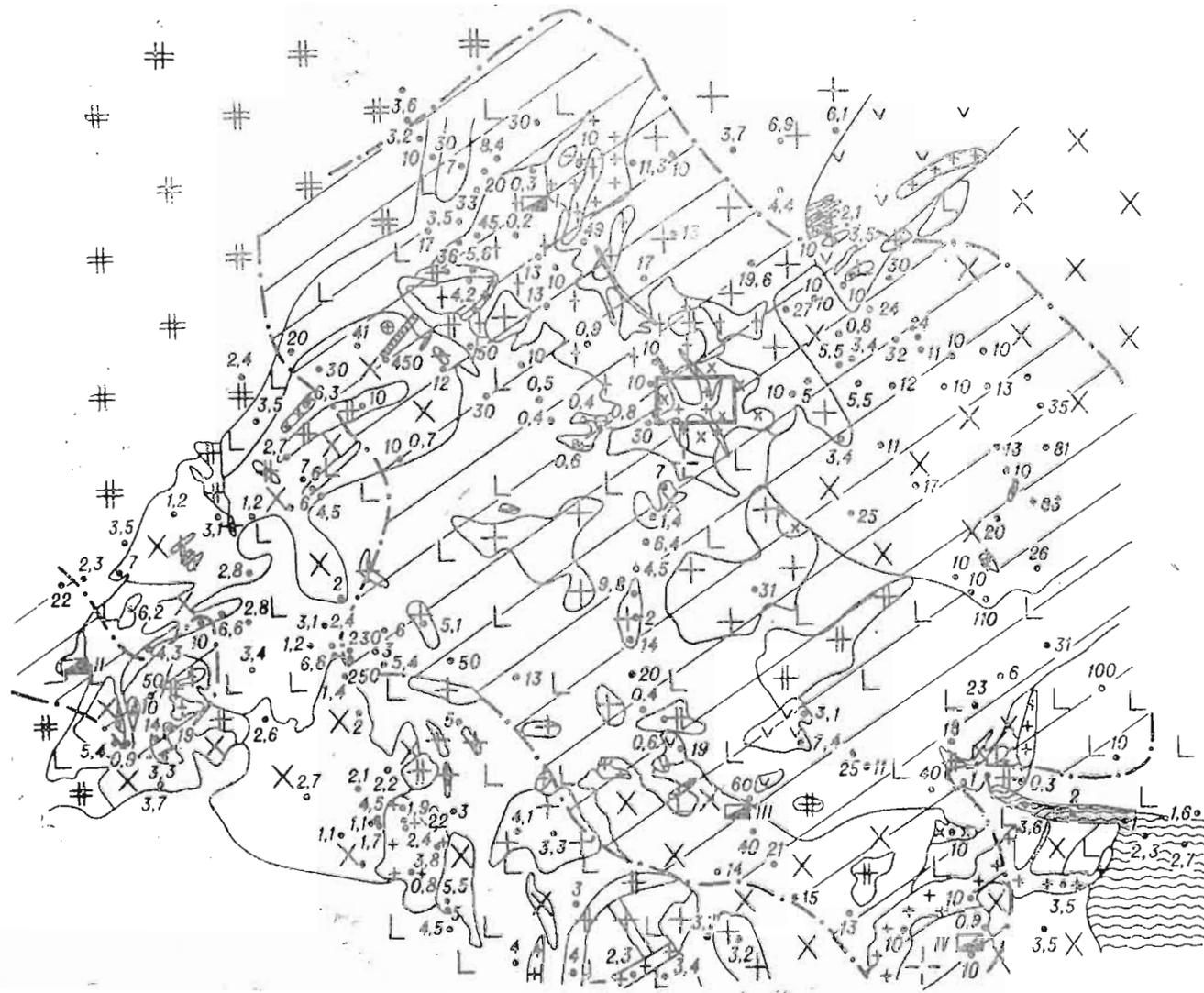
Жилы Дарасунского месторождения формировались на фоне уже измененных пород. Причем их образование сопровождалось околожильными изменениями, наложенными на изменения площадного гидротермального метаморфизма. Околожильный метаморфизм выразился главным образом в березитизации.

Основной особенностью жил Дарасунского месторождения является небольшая их мощность при значительных размерах по простиранию и падению. Руды существенно сульфидные. В их минеральном составе преобладают пирит, арсенопирит, халькопирит и пирротин, а из нерудных — кварц, иногда карбонаты (табл. 5). Промышленные концентрации золота связаны с минералами продуктивной ассоциации, включающей халькопирит, блеклые руды, теллуриды, сульфовисмутиты меди, свинца и серебра (Сахарова, 1972).

Золото в жилах распределяется крайне неравномерно с образованием рудных столбов как по падению, так и по простиранию. Золоторудные столбы обычно пространственно и генетически связаны с сульфидными.

Рис. 4. Схема геологического строения Дарасунского рудного поля (по Д. А. Тимофеевскому) и распределения в нем золота.

1 — нижнепалеозойские слюдяные сланцы; 2 — амфиболитово-кварцевые габбро, габбро-амфиболиты, амфиболиты; 3 — оливиновые габбро, перидотиты, аплотозиты; 4 — гранодиориты раннего этапа варисского цикла; 5 — граниты того же этапа; 6 — кварцевые диориты, диориты и габбро-диориты того же этапа; 7 — лейкократовые граниты и их пегматолдачные разновидности позднего этапа варисского цикла; 8 — сyenиты и граносyenиты того же цикла; 9 — биотитовые граниты того же цикла; 10 — габбро-порфириты, диабазовые порфириты и диабазы того же цикла; 11 — верхнеюрские порфириты и их туфы; 12 — порфировидные биотит-роговообманковые граниты, гранодиориты и граносyenиты нижнемезозойского возраста; 13 — гранит-порфиры, платиногранит-порфиры, гранодиорит-порфиры в кварцевых порфирах; 14 — кварцевые порфиры, платинопорфиры в кварцевых порфирах того же цикла; 15 — Дарасунское месторождение; 16 — проявления других металлов; 17 — золото-серебряное, 18 — золото-висмутное, 19 — золото-ртутное, 20 — золото-молибденовое; 21 — золото-серебряное, 22 — золото-висмутное, 23 — золото-ртутное, 24 — золото-молибденовое; 25 — точки отбора проб с содержанием в них золота (мг/т); 26 — время рудного поля.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18

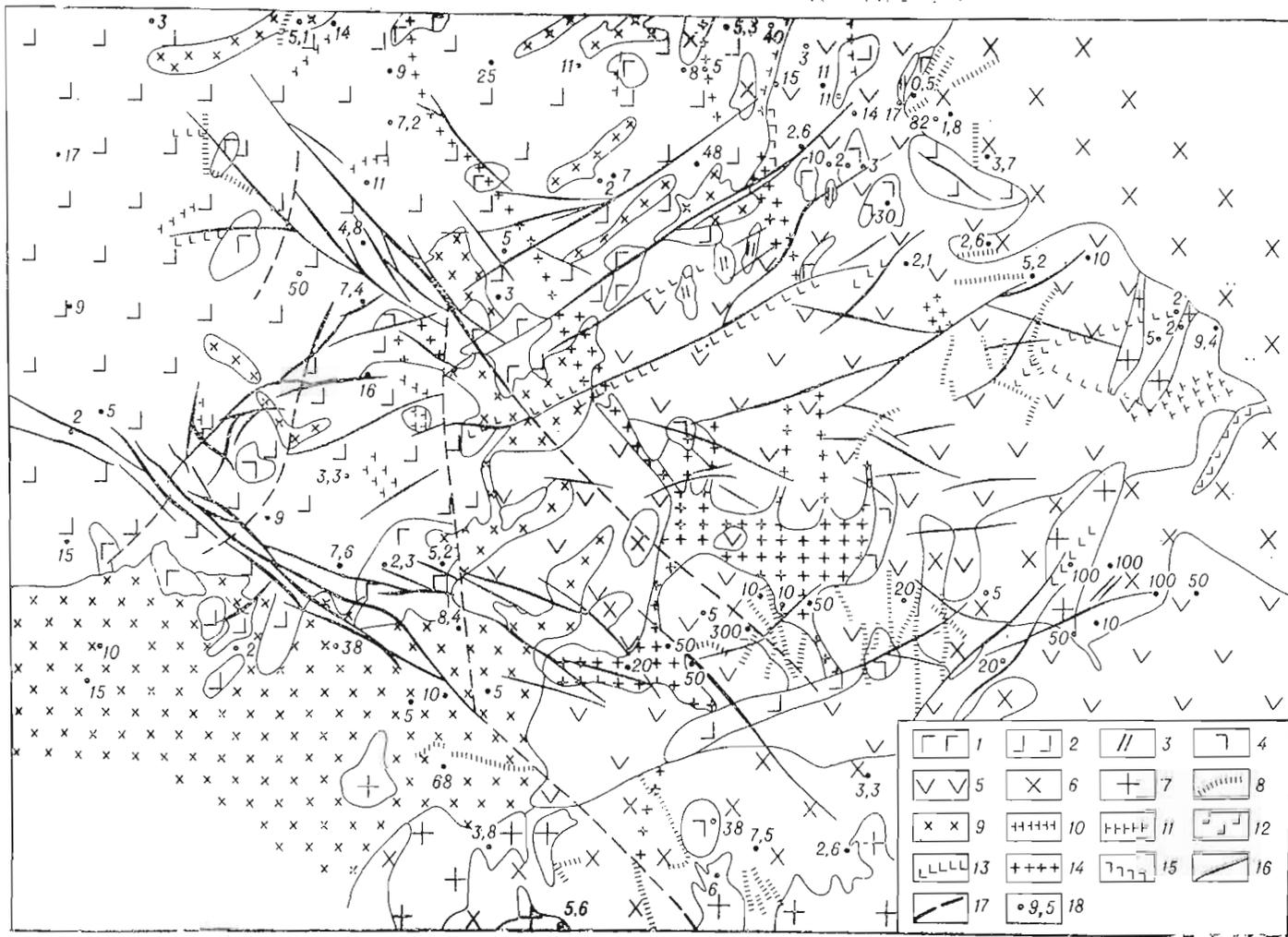


Рис. 5. Схема геологического строения Дарасунского месторождения (по Д. А. Тимофеевскому) и распределения в его породах золота.

1 — амфиболитизированные габбро, габбро-амфиболиты, пироксениты, габбро-диориты; 2 — гранитизированные и интрузивные сyenитами амфиболиты и габбро; 3 — ксенолиты амфиболитов и роговиков; 4 — габбро-диориты, горнблендиты раннего этапа варисского цикла; 5 — кварцевые диориты и диориты того же цикла; 6 — гранодиориты и гранитизированные диориты того же цикла; 7 — лейкократовые граниты позднего этапа варисского цикла; 8 — гранит-аплиты и аплитовидные лейкократовые граниты того же цикла; 9 — граносyenиты, кварцевые сyenиты того же цикла; 10 — сyenит-аплиты и сyenит-порфиры того же цикла; 11 — слессартитовые дайки; 12 — диабазовые дайки; 13 — микро-габбро и габбро-порфиры; 14 — кварцевые порфиры, плагиопорфиры, гранит-порфиры, кварцевые диорит-порфиры юокиммeрийского цикла; 15 — сyenит-порфиры; 16 — золотоносные кварц-сульфидные жалы; 17 — тектонические нарушения; 18 — точки отбора проб с содержанием в них золота (мг/т).

Размеры рудных столбов, детально охарактеризованных В. Г. Звягиным (1970) и М. С. Сахаровой (1972), и разбедняющих их бедных участков руд близки и в общем составляют 200—400 м.

В заключение отметим, что в южной части рудного поля Дарасунского месторождения имеется ряд рудопроявлений ртути (см. рис. 4). Это позволило нам изучить поведение эндогенных ореолов золота и ртути на ртутных проявлениях и сопоставить их с ореолами на Дарасунском золоторудном месторождении.

Таблица 5

Минеральный состав первичных руд Дарасунского, Погромного, Ключевского, Илинского и Козловского месторождений

Дарасунское (по Сахаровой, 1972)	Петромное (по Рослякову)	Ключевское (по Петровой и др., 1969)	Илинское (по Кузьмину и др., 1966)	Козловское (по Красникову и др., 1968)
Пирит	Пирит	Пирит	Пирит	Арсенопирит
Арсенопирит	Арсенопирит	Халькопирит	Арсенопирит	Пирит
Халькопирит	Молибденит	Арсенопирит	Золото	Галенит
Сфалерит	Вольфрамит	Фрейбергит	Взлежные руды	Сфалерит
Галенит	Цинротин	Золото	Сфалерит	Золото
Пирротин	Халькопирит	Теннантит	Галенит	Халькопирит
Тетраэдрит	Золото	Гематит	Молибденит	Теннантит
Золото	Антимонит	Рутит	Висмутин	Тетраэдрит
Медно — висмутовые сульфосоли	Взлежные руды	Энаргит	Халькопирит	Бурнонит
Свинцово-висмутовые сульфосоли	Галенит	Молибденит		Булагирит
Свинцово-сурьмяно-висмутовые сульфосоли	Сфалерит	Галенит		Пирротин
Бурнонит	Сульфосоли свинца	Магнетит		Сульфосоли серебра, меди и висмута
Теллуриды висмута и серебра	Висмутин	Тетраэдрит		Марказит
Висмут	Шеепит	Висмутин		Сульфосоли меди и свинца
Сульфоантимонит свинца		Висмут		Висмут
Антимонит		Бенджаминит		Серебро
Марказит		Фаматинит		Теллуриды золота и серебра
		Сульфовисмутит меди		
		Антимонит		
		Марказит		
		Оранжеборнит		
		Борнит		
		Альгодонит		
		Веллерит		
		Глаукодит		
		Тетрадинит		
		Гессит		
Кварц	Кварц	Кварц	Кварц	Хлорит
Кальцит	Серпичит	Турмалин	Серпичит	Серпичит
Серпичит	Доломит	Карбонаты	Турмалин	Кварц
Турмалин	Сидерит	Серпичит	Карбонаты	Эпидот
Хлорит	Турмалин	Мусковит	Мусковит	Турмалин
Анкерит	Кальцит	Хлорит	Актинолит	Кальцит
Цеолиты	Хлорит	Сфеи	Альбит	Доломит
Флюорит		Апатит	Флогоцит	
		Флюорит	Хлорит	
		Барит	Апатит	
		Эпидот		

Месторождение Погромное находится на северном продолжении Балейской золотоносной зоны, в пределах Апрельковского рудного поля. Изучением Погромного месторождения занимались Н. Н. Биндеман, А. М. Кузьмин, Р. В. Панфилов, Н. А. Росляков, Е. П. Соколов, В. А. Шимановский и др.

В геологическом строении месторождения участвуют вулканогенно-осадочные породы верхней юры (эффузивы кислого, реже — среднего состава и их туфы) и нижнего мела (переслаивающиеся углисто-глинистые алевролиты и песчаники), залегающие между южным и северным разломами в кварцевых дюритах и диоритах Ундинского интрузивного комплекса. Рудовмещающими являются главным образом кварцевые порфиры и их туфы.

Морфология рудных тел сложная. А. М. Кузьмин, посетивший в 1939 г. это месторождение, пришел к выводу, что золотоносными здесь являются кварциты, сингенетичные жилам рудного поля. В 1962 г. Р. В. Панфилов и Е. П. Соколов провели на месторождении разведочные работы и по данным бороздового опробования отрисовали ряд рудных тел, представленных, по их мнению, «каолинизированными породами». Проведенное нами картирование рудных выходов Погромного месторождения показало, что его рудные тела представляют собой линейно-вытянутые субширотные штокверковые зоны. Золото генетически связано с тонкими кварц-сульфидными, иногда с турмалином, прожилками, секущими в виде штокверка окварцованные, серицитизированные, пиритизированные и хлоритизированные породы. Есть основания полагать, что золотоносный штокверк сингенетичен жилам Апрельковского рудного поля. В одних тектонических условиях формировались жилы, в других — штокверк. Это положение подтверждается тем, что в отдельных разрезах, построенных по данным бурения Р. В. Панфиловым и Е. П. Соколовым, вверху золотоносными являются «окварцованные породы», с глубиной сменяющиеся золотоносными жилами.

Таким образом, окварцевание пород Апрельковского рудного поля может служить хорошим поисковым признаком, так как характеризует верхние части жильных рудных тел. По аналогии с Балеем (Хомич, 1968) его можно рассматривать как надрудный ореол околосильного изменения вмещающих пород.

Ключевское и Илинское месторождения. Ключевское рудное поле является составной частью обширного Амуджиканско-Давендинского рудного района, приуроченного к системе протяженных, длительно развивающихся глубинных разломов. Здесь на расстоянии нескольких километров друг от друга находятся и золоторудные (Ключевское и др.), и молибденовые (Давендинское и др.) месторождения (Борисов, 1968). Это дало нам, совместно с В. И. Сотниковым, возможность сравнить поведение золота и молибдена в эндогенных ореолах месторождений двух различных промышленных типов (Алабина и др., 1971).

В изучение Ключевского месторождения внесли большой вклад М. Г. Андреева, В. А. Борисов, М. Б. Бородаевская, Н. Г. Головченко, Н. И. Иващенко, Н. В. Петровская, Г. А. Таланова и многие другие.

Вмещающими породами Ключевского месторождения являются гранитоиды аманского комплекса раннемезозойского возраста и отчасти протерозойские ботитовые граниты. Широко развиты штоки, неки и дайны верхнеюрских гранодиорит-порфиров, лампрофиров, меланократовых гранит-порфиров, а на периферии месторождения — лейкократовых гранит-порфиров и диабазовых порфиритов (рис. 6).

Все породы Ключевского месторождения испытали гидротермальный метаморфизм. Одни изменения распространены по всей площади месторождения и не имеют пространственной связи с рудными телами (хлоритизация, серицитизация, отчасти карбонатизация), другие тяготеют к рудным телам (пиритизация, турмалинизация, окварцевание).

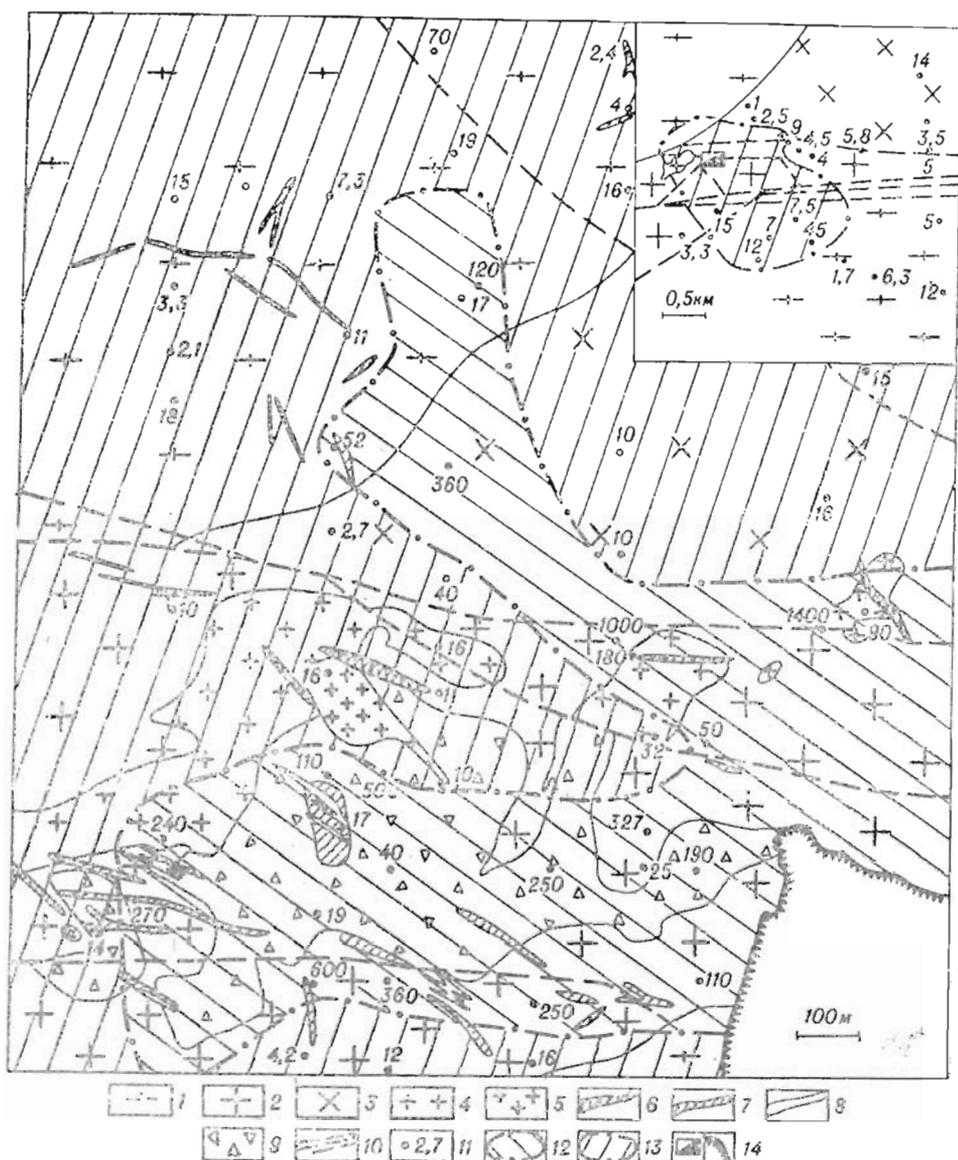


Рис. 6. Схема геологического строения Ключевского рудного поля (по Н. Г. Головенко, Г. Ю. Григорчуку, Г. А. Луневу, Ю. С. Соломнцу, Т. А. Соломной) и распределения в нем золота.

1 — нижнепротерозойские гнейсовидные граниты и гранодиориты; 2 — юрские роговооблапные граниты; 3 — юрские кварцевые диориты; 4 — юрские аплитовидные биотитовые граниты; 5 — юрские гранит-порфиры, ранние; 6 — юрские гранит-порфиры, поздние; 7 — граводиорит-порфиры; 8 — лампрофилы и диабазовые порфиры; 9 — взрывчатые брекчии; 10 — тектонические зоны; 11 — точки отбора проб с содержанием в них золота (мг/т); 12 — ореол месторождения; 13 — ореол рудного поля; 14 — Ключевское месторождение.

Рудные тела Ключевского месторождения расположены в сильно трещиноватом всмячем боку глубинного Главного широтного разлома. Весь блок деформированных пород пронизан перавиномерной вкрапленностью сульфидов, сетью кварц-турмалиновых прожилков, корой образующих штокверк, в петлях которого развита густая вкрапленность пирита, турмалина и кварца. На этом фоне выделяются неправильные, часто причудливой формы кварц-турмалиновые гнезда. Известны отдельные жилы, прослеживающиеся по прострацию на первые сотни метров.

Кварц-турмалиновые гнезда не рудопосны. Промышленные концентрации золота связаны с более поздней кварц-сульфидной минерализацией. Содержание и распределение золота зависит от количества сульфидов, сосредоточенных в минерализованной зоне. По содержанию сульфидов (7—10%) Н. В. Петровская и М. Г. Андреева (1969) относят Ключевское месторождение к умеренно-сульфидной формации, а по составу рудных компонентов — к пиритовому типу. Золотоносность руд сравнительно низкая, но довольно равномерная.

Илинское месторождение детально охарактеризовано А. М. Кузьминым и Г. В. Шубиным (1966). Отдельные вопросы его геологического строения и состава руд освещены в работах В. А. Обручева, Н. А. Фогельман, А. И. Шевцова и др.

По составу вмещающих пород и руд, а также по морфологии рудных тел оно имеет много общего с Ключевским месторождением. Отметим лишь, что на нем слабее проявлена турмалинизация вмещающих пород.

Козловское месторождение. Изучением Козловского рудного поля занимались В. Ф. Дворядкин и Л. Д. Землянский, а позже — геологи Горно-Зерентуйской экспедиции. Опубликованные работы по Козловскому рудному полю авторы не встречали, поэтому его геологическое строение дается в более детализированном виде.

По данным В. Ф. Дворядкина и Л. Д. Землянского, Козловское рудное поле сложено метаморфизованными породами кембрия, вулканогенно-осадочными породами юры и древнечетвертичными эффузивами. Интрузивные породы представлены варисским и киммерийским комплексами.

Кембрийские образования подразделяются на две свиты: быстринскую ($См_1$) и алтачинскую ($См_{1-2}$). Быстринская свита сложена известняками с очень редкими линзами и прослоями глинистых и углисто-глинистых сланцев. На контакте гранитоидов с известняками известны проявления цветных и редких металлов. Алтачинская свита состоит из метаморфизованных глинистых сланцев, алевролитов, прослоев кварцитов и известняков. Пространственное размещение свит приводится на рис. 7.

Отложения юры расчленяются на осадочную и эффузивную толщ. Осадочные породы, выделенные в калганскую свиту (J_{1-2}), представлены конгломератами и полимиктовыми песчаниками. Эффузивные образования (J_3) состоят из андезитовых и андезито-базальтовых порфиритов и их брекчий. Юрские породы, как и кембрийские, не пользуются широким распространением (см. рис. 7).

Довольно широко развиты в рудном поле древнечетвертичные андезиты, андезито-базальты и базальты с прослоями туфо-песчаников.

Наибольшим распространением пользуются изверженные породы варисского цикла. Они вмещают известные в рудном поле месторождения и рудопроявления золота и представлены биотит-роговообманковыми диоритами, порфиридовидными биотит-роговообманковыми гранитами и гранодиоритами.

Киммерийский магматизм характеризуется проявлением малых интрузий лейкократовых гранитов, гранит- и гранодиорит-порфиров, а также даек диоритовых порфиров и лампрофиров.

Рудное поле разбито многочисленными тектоническими нарушениями, среди которых отчетливо выделяются северо-западные и северо-восточные. К последним тяготеет коренное оруденение золота: Козловское месторождение и Центральное, Саженское, Вершино-Бельбичанское, Бельбичанское, Салкоконское рудопроявления (см. рис. 7).

Породы на всей площади месторождения хлоритизированы, серицитизированы, реже окварцованы и эпидотизированы. Особенно интенсивное изменение проявлено вдоль тектонических зон. Рудная минерализация наложена на эти изменения. Рудные тела контролируются широкими

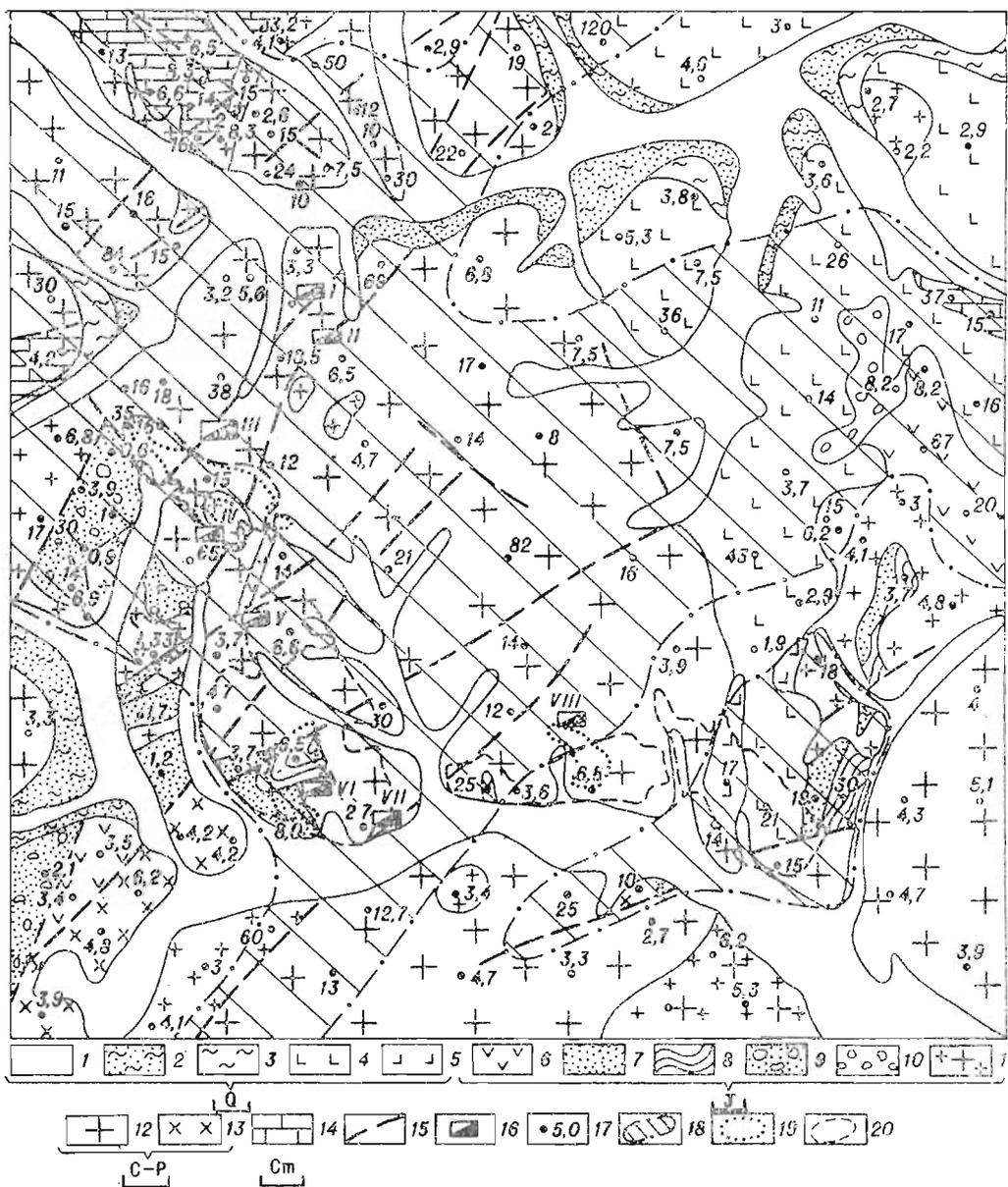


Рис. 7. Схема геологического строения Козловского рудного поля (по В. Ф. Дворянскому и Л. Н. Землянскому) и распределения в нем золота.

1-3 — четвертичные рыхлые отложения; 4 — андезит-базальты, базальты; 5 — андезиты; 6 — андезитовые и андезит-базальтовые порфириты; 7 — песчаники; 8 — алевриты; 9 — гравелиты; 10 — конгломераты; 11 — граниты; 12 — порфириновые граниты; 13 — диориты; 14 — мраморизованные известняки; 15 — тектонические нарушения; 16 — Козловское месторождение (II), Козловское Центральное (I), Козловское Первое (II), Сажанское (IV), Вершино-Бельбичанское (V), Бельбичанское (VI), Нижне-Бельбичанское (VII) и Солдовское (VIII) рудопроявления золота; 17 — точки опробования с содержанием в них золота (мг/т); 18 — орзол рудного поля; 19 — аномалии свинца; 20 — аномалии мышьяка.

нарушениями, образуя в них разобоченные гнезда, линзы, залежи и минерализованные зоны. Руды сливные и неравномерно вкрапленные. Преобладающие рудные минералы представлены арсенипиритом, пиритом, галенитом и сфалеритом. Из нерудных минералов типичными являются хлорит, серицит, реже — кварц (см. табл. 5). Золото установлено в арсенипирите и пирите.

ОГАНЧИНСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ (КАМЧАТСКО-КОРЯКСКАЯ ЗОЛОТОРУДНАЯ ПРОВИНЦИЯ)

Находки коренных месторождений золота в пределах Камчатского полуострова позволяют выделить этот регион как новую золоторудную провинцию. По данным И. Н. Карбивничего (1970), здесь выявлено более ста коренных рудопроявлений и одно месторождение — Оганчинское. Расположены они практически на всей территории полуострова, но наиболее интересные в промышленном отношении и лучше изученные — в центральной его части. К ним относятся Оганчинское месторождение, Лазурное, Козыревское, Кетачанское и другие рудопроявления, заслуживающие дальнейших исследований.

Центрально-Камчатская рудная зона, в которой сконцентрированы участки золотого оруденения, представляет собой послемезозойскую структуру, наложенную на протерозойский метаморфический комплекс и связанную с Камчатско-Корякским глубинным разломом. Геологическое строение, вулканизм, тектоника, общие черты гидротермального изменения вмещающих пород и особенности оруденения этой зоны рассмотрены С. Е. Апрельковым, В. Д. Бедой, Г. М. Власовым, М. М. Василевским, Г. П. Воларовичем, В. М. Еркиным, И. Н. Карбивничим, М. С. Михайловой, Т. В. Тарасенко, Ю. И. Харченко, Н. Л. Шилиным и другими исследователями. Позднемезозойские образования подразделяются на три разновозрастные толщи — нижнюю, среднюю и верхнюю. Заметное распространение имеют и интрузивные образования.

Нижняя толща, отвечающая среднему мелу — палеогену, сложена базальтовыми порфиритами, спилитами, туфами основных лав, туфогенно-кремнистыми сланцами ирунейской свиты (средний мел) и грубообломочными смешанными туфами, переотложенными вулканогенно-обломочными породами, песчаниками, гравелитами, реже базальтовыми и андезитовыми порфиритами кирганинской свиты.

Средняя толща включает породы палеогенового, нижне-, средне-неогенового возраста. Она представлена почти целиком вулканогенными породами анавгайской серии, претерпевшими в различной степени зелено-каменные изменения. Широко распространены базальтовые и андезитобазальтовые порфириты, встречаются туфы и туфобрекчии. Неизменные породы базальтовой группы развиты слабо.

Верхняя толща датируется как средний — верхний неоген и известна в литературе под именем алнейской серии. Серия слагается переслаивающимися лавами кайнозойских базальтов, андезитобазальтов, реже андезитов, андезитобазальтовых порфиритов, тонкополосчатых туфов, туфобрекчии и туфола.

Интрузивные породы Центрально-Камчатской рудной зоны Г. М. Власов и М. М. Василевский (1964) подразделяют на семь разновозрастных комплексов, из которых наибольшим развитием пользуются миоценовые гранитоиды и четвертичные интрузии базальтов, андезито-дацитов и дацитов. По данным И. Н. Карбивничего и Т. В. Тарасенко (1971), золотое оруденение связано с четырьмя разновозрастными интрузивными комплексами. Более продуктивное оруденение связано с образованием небольших субвулканических тел диоритовых порфиритов, гранит-порфиров, андезитов и дацитов верхнемиоцен-плиоценового магматического комплекса. Как отмечают Ю. И. Харченко и др. (1971), характерной особенностью размещения золото-серебряного оруденения на Центральной Камчатке является приуроченность его к древним вулканическим постройкам.

Оганчинское рудное поле, являющееся типичным представителем Центрально-Камчатской рудной зоны и основным объектом наших исследований, слагается породами почти всех перечисленных выше вулканогенно-осадочных толщ и интрузивных комплексов (рис. 8). Все они в различной степени несут следы гидротермального метаморфизма. В. М. Еркин

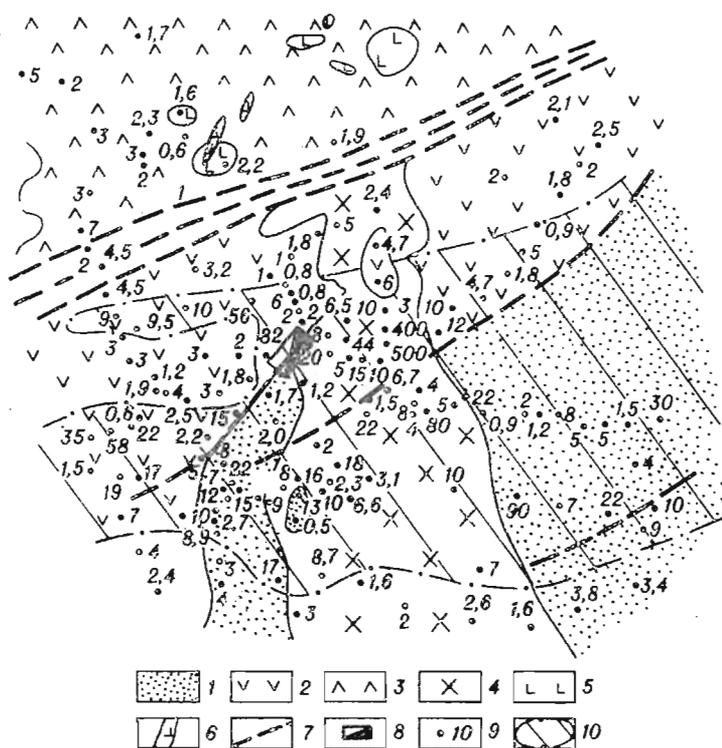


Рис. 8. Схема геологического строения Оганчинского рудного поля (по Я. Ш. Геворкяну) и распределения в нем золота. 1 — туфогенные песчаники, туфы и сланцы юр-кайнозойской свиты; 2 — порфириды и их туфы анавайской серии; 3 — базальты, андезиты, андезиты-базальты, туфы и туфобрекчии алтунской серии; 4 — гранодиориты и кварцевые диориты Озерновского массива; 5 — экструзии андезитов-дацитов; 6 — дайны основных эффузивов; 7 — тектонические зоны; 8 — Оганчинское месторождение; 9 — точки отбора проб с содержанием в них золота (мг/т); 10 — ореол рудного поля.

(1964) считает, что каждый этап вулканизма завершался гидротермальным метаморфизмом вулканогенно-осадочных пород. Выделяются пропилитизированные и окварцованные зоны, в которых измененные породы несут следы золотого оруденения. Установлено (Михайлова и др., 1969), что в золоторудных полях Камчатки гидротермальное изменение проявилось главным образом в прерудную стадию и формировалось в такой последовательности: 1) пропилитизация; 2) окварцевание и серицитизация; 3) пиритизация; 4) реже турмалинизация. Пропилитизация поражает значительные площади, на которые налагаются кварц-серицитовые, кварцитовые и пиритовые зоны. В полях пропилитизированных пород часто встречаются преимущественно эпидотизированные, хлоритизированные, карбонатизированные или аргиллизированные разности.

Широкое и детальное микроскопическое изучение пород Оганчинского рудного поля, проведенное по нашей просьбе Б. Н. Лапиным, показало, что неизмененных пород в районе сравнительно мало. В большинстве шлифов обнаруживаются признаки всех названных минеральных изменений, но преобладают одно или два из них (Росляков и др., 1971).

Оганчинское месторождение залегает в вулканогенных образованиях анавайской серии. Отдельные рудные тела встречаются в породах и других свит, а также в гранодиоритах Озерновского массива. Как и в пределах рудного поля, все породы месторождения в различной степени метаморфизованы. Основными процессами гидротермального метаморфизма были пропилитизация и пиритизация. Значительно меньше распространены кварцево-сланцевые метасоматиты, в зонах которых залегают руд-

ные тела: кварцевые и кварц-карбонатные жилы, реже — штокверки. Рудные минералы представлены самородным золотом, серебром и медью, пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом и блеклой рудой, образующими неравномерную вкрапленность в скрытокристаллическом кварце. По количеству сульфидов руды принадлежат к умеренно-сульфидной формации.

Таким образом, в пределах описываемых рудных полей все породы в той или иной степени метаморфизованы. Гидротермальный метаморфизм, непосредственно связанный с рудообразованием и предшествующий формированию рудных тел, налагается на измененные породы рудных полей. Он обычно проявляется в несколько стадий и охватывает породы во всем объеме месторождения.

ФОНОВЫЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛОТА В ГЛАВНЫХ ТИПАХ ПОРОД ИЗУЧЕННЫХ РЕГИОНОВ (РЕГИОНАЛЬНЫЙ ФОН)

Выявление эндогенных ореолов того или иного элемента возможно лишь на основе четкого представления его фоновых содержаний в породах данного региона. Под фоновыми содержаниями элементов, или, иначе, местными кларками, принято понимать наиболее часто встречающиеся их содержания в породах региона, значительно удаленных от месторождений (Соловов, 1959).

Существует несколько методик определения фона. Нами использована широко известная методика, сущность которой заключается в следующем.

В каждом регионе по профилям производилось опробование наиболее распространенных пород. Профили ориентировались вкрест простирания основных геологических структур. Пробы на профилях брались через 500 м вблизи месторождений (в радиусе 3—10 км), а вдали от них — через 1—2 км. Максимальное удаление точек опробования от известных месторождений составило 50—80 км. В пробу включались породы, не испытавшие гипергенного выветривания. Пробы весом 200—300 г брались пунктирной бороздой длиной около 1 м. Подготовка проб к спектрохимическому анализу на золото производилась по общепринятой методике.

При оценке региональных фоновых содержаний в подсчет включались пробы, отобранные в 10 км и более от известных месторождений. Выборки производились как по каждому типу пород в районе, так и в целом для каждого района и провинции. Всего взято около 800 проб.

Изучение характера распределения фоновых содержаний золота в породах регионов показало, что оно не противоречит нормальному закону. Как известно, при нормальном распределении элемента его среднее содержание близко к модальному. Исходя из этого, с целью сопоставления наших данных с литературными за региональный фон золота принимается его среднее арифметическое содержание.

ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

До недавнего времени сведения о содержании золота в осадочных породах были очень ограниченными (Clarke, 1924; Харитонов, 1936; Звягинцев, 1941; Rankama, Sahama, 1950; Goldsmidt, 1954; Krauskopf, 1955; Нифонтов, 1957; Виноградов, 1962; Чайковский, 1963). Только с 1965 г. на основе современных высокочувствительных и точных методов

Таблица 6

Среднее содержание золота (мг/т) в осадочных породах рассматриваемых провинций

Порода	Золоторудная провинция																			
	Алтай-Саянская			Казах- станская	Средне-Азиатская			Забай- кальская		Камчатско- Кюлякская										
	Щербаков и др., 1963, 1964, 1966	Щербаков, 1967	Щербаков, 1973	Воскресен- ская и др., 1968	Муромцев, 1968	Гейзе, 1970	Кушмура- дов, 1970	Коротаяна и др., 1963	Алексеев и др., 1971	Беда и др., 1970	Рясянов и др., 1971									
Известняки . . .	2,8	2,2	2,8	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1	3,2	1,9									
Известковистые песчаники . . .												2,2	3,2	2,2	2,6	4,7	13,6	5,4	3,2	1,9
Мергели . . .																				
Конгломераты . . .	2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1	3,2	1,9									
Гравелиты . . .												2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1
Песчаники . . .	2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1	3,2	1,9									
Алевролиты . . .												2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1
Аргиллиты . . .	2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1	3,2	1,9									
												2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1
	2,2	3,2	2,2	2,5	2,7	5,0	2,6	2,8	3,1	3,2	1,9									

*Среднее содержание золота в алев.олитах, богатых углеродистым веществом — 18,4 мг/т, а в бедных — 6,6 мг/т.

анализа стали появляться в возрастающем количестве работы, в которых характеризуются кларковые содержания золота в различных осадочных породах. Основная часть этих работ касается рассматриваемых нами регионов (Щербаков, 1966, 1967, 1974; Коротаяева, Поликарпочкин, 1969; Чеботарев, 1969; Беда, Кучерова, 1970; Глейзер, 1970; Кушмурадов, 1970; Алексеев и др., 1971). Это значительно облегчило выполнение нашей задачи по выявлению фоновых содержаний золота в осадочных породах.

В табл. 6 приведены средние содержания в наиболее распространенных осадочных породах рассматриваемых золоторудных провинций. Табл. 7 характеризует пределы колебаний частных и средних содержаний золота в различных районах отдельных золоторудных провинций.

Из табл. 6 и 7 и рис. 9 видно, что региональные фоновые содержания золота в осадочных породах обследованных провинций колеблются обычно в пределах одного порядка. Но наиболее часто встречающиеся средние и частные концентрации варьируют в узком интервале — 2—3,5 мг/т. Они свойственны известнякам и тонкообломочным терригенным породам. Средние по конгломератам, углеродистым и сульфидизированным породам часто отклоняются до 6,5 мг/т.

В карбонатных породах содержание золота возрастает с увеличением количества кластического материала. Наиболее низкий фон установлен в известняках, а максимальный — в мергелях. Г. Н. Аношин и др. (1969), изучив образцы современных осадков северной части бассейна Атлантического океана, пришли к выводу о накоплении золота в раковинах моллюсков известковых биогенных осадков. Повышение содержания золота в карбонатных породах с увеличением в них кластического материала свидетельствует о том, что накопление золота происходило главным образом за счет терригенного обломочного материала.

Осадочные силикатные породы характеризуются большим разбросом содержаний золота, чем карбонатные (см. рис. 9). В них максимальный фон свойствен конгломератам, что наблюдается и по не рассматриваемым нами регионам, в частности в конгломератах Тукурингро-Джагдинского антиклинария (Мельников и др., 1967). Повышенный фон золота несут осадочные породы, обогащенные углеродистым веществом и сульфидами.

Таблица 7

Распределение золота в породах исследованных регионов (мг/т) (по данным спектрохимического анализа)

Порода	Р а й о н ы и с с л е д о в а н и я							
	Берингуль- ский. На- ташевский	Централь- винский	Багунин- ский	Авгальский. Васильевский	Дажасунский	Козловский	Ключевской	Оганчинский
Известняки	$\frac{2,0-3,0}{2,6 (6)}$					3,2		
Гравелиты						2,1		
Конгломераты	3,0							
Песчаники			$\frac{1-2,5}{1,7 (5)}$	$\frac{1,7-2,4}{2,0 (5)}$		$\frac{1,2-2,9}{1,7 (3)}$		$\frac{1,0-2,0}{1,7 (4)}$
Углеродистые алевраниты						3,7		2,7
Андезито-базальты, базаль- ты						$\frac{1,0-5,3}{3,5 (8)}$		$\frac{0,6-5,0}{3,0 (21)}$
Андезито-базальтовые пор- фириты						$\frac{3,4-3,5}{3,5 (2)}$		$\frac{3,0-8,0}{4,5 (7)}$
Плагноклазовые порфириты	$\frac{2,0-2,8}{2,5 (3)}$			$\frac{1,0-3,4}{2,6 (5)}$	$\frac{2,6-3,1}{2,8 (2)}$		$\frac{0,5-4,7}{1,9 (12)}$	
Туфы, туфонесчаники ан- дезито-базальтового со- става								$\frac{1,0-9,0}{4,2 (7)}$
Вулканический пепел . .								$\frac{1,5-2,4}{1,8 (3)}$
Вулканические бомбы . .								$\frac{1,5-8,0}{5,0 (5)}$
Габбро-диориты								4,0
Диориты						$\frac{3,9-6,2}{4,7 (5)}$	$\frac{2,0-6,0}{3,0 (9)}$	2,0
Гранодиориты		$\frac{1,7-6,3}{3,4 (10)}$		$\frac{2,8}{2,8 (2)}$	$\frac{1,4-7,0}{3,7 (22)}$			$\frac{2,0 (2)}{1,6-5,0}$
Палеозойские граниты . .			2,5	$\frac{2,5-3,0}{2,8 (2)}$	$\frac{0,8-6,3}{3,3 (21)}$	$\frac{2,0-6,8}{4,0 (12)}$	$\frac{1,0-3,8}{2,3 (13)}$	$\frac{3,3 (5)}{3,3 (5)}$

Мезозойские граниты						$\frac{2,2-4,8}{3,5 (9)}$	$\frac{1,4-3,9}{2,1 (16)}$	$\frac{1,5-8,0}{4,4 (4)}$
Сислиты, граптолиты						$\frac{1,3-6,6}{3,6 (16)}$		
Ороговцованные амфиболиты	4,0					$\frac{1,0-3,6}{2,7 (5)}$		
Слюдяные сланцы	$\frac{1,2-2,6}{1,9 (5)}$	$\frac{1,1-2,7}{2,0 (7)}$					$\frac{3,4-4,2}{3,8 (3)}$	$\frac{0,8-2,5}{1,6 (2)}$
Гнейсы								
Всего анализов	16	40	15	40	66	42	58	61
Среднее содержание в целом по району (региональный фон)	2,8	3,4	4,8	2,4	3,4	2,9	2,3	3,4
Дисперсия	2,67	2,89	1,78	2,38	3,26	2,72	2,24	3,24

Примечание. В числителе — разброс содержания; в знаменателе — среднее содержание и количество анализов (в скобках).

Так, И. Я. Коротаяева и В. В. Поликарпочкин (1969) показали, что в Восточном Забайкалье осадочные породы, богатые углистым веществом, содержат золота в 2—3 раза, а иногда даже на порядок больше, чем породы, бедные органикой. Д. А. Алексеев и др. (1971) в терригенных отложениях Среднего Привитимья тоже установлена прямая корреляционная связь золота с органическим веществом. Судя по литературным данным, накопление золота в углеродистых осадочных породах — довольно распространенное явление (Krauskopf, 1955; Нифонтов, 1957; Чайковский, 1963; Петров, 1969; Легедза, 1969; Глейзер, 1970; Петров и др., 1970). Однако это не является правилом. В. А. Завьялов и др. (1965) в углистых осадках девона Притиманья и Ю. Г. Щербаков (1974) в углеродистых аргиллитах Чингекатского района не установили зависимости между содержаниями золота и органического вещества. Возможность отсутствия повышенных концентраций золота в углеродистых породах по сравнению с другими осадочными разностями И. Я. Коротаяева и др. (1969) объясняют отсутствием его в области сноса. Эту закономерность можно использовать при постановке поисков на коренное золото в областях сноса терригенного материала.

Несколько повышается фон золота с увеличением крупности кластического материала в осадочных породах (см. табл. 6). Эта закономерность в других регионах установлена В. Д. Мельчиковым и др. (1967), Г. И. Неронским и др. (1971). Кроме того, намечается некоторое повышение фона золота в молодых осадочных породах по сравнению с более древними (Мельников и др., 1967; Коротаяева и др., 1969).

Формы нахождения золота в рассматриваемых породах изу-

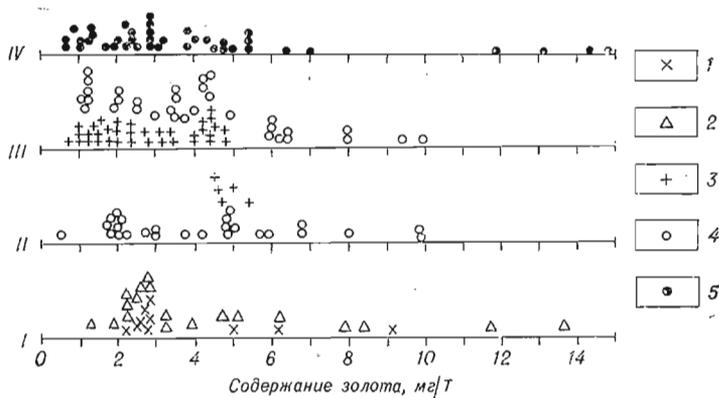


Рис. 9. Распределение средних содержаний золота в породах Алтае-Саянской, Казахстанской, Средне-Азиатской, Забайкальской и Камчатско-Корякской золотоносных провинций (составлена на основании табл. 6—10).

I — осадочные породы; *II* — вулканогенные породы; *III* — интрузивные породы; *IV* — метаморфические породы. 1 — карбонатные отложения; 2 — терригенные обломочные образования; 3 — породы кислого ряда; 4 — породы основного ряда; 5 — без разделения по исходному материалу.

чены очень слабо. Большинство исследователей считают, что его концентраторами являются органический материал и сингенетичные сульфиды. Р. М. Файзулин (1968), кроме того, отмечает присутствие в осадочных породах самородного золота вне связи с вышеперечисленными концентраторами.

Таким образом, фоновое распределение золота в осадочных породах контролируется многими факторами и в первую очередь содержанием органического вещества, сульфидов и крупностью обломочного материала. Чем больше этих компонентов в породе, тем обычно выше в ней фон золота (более 3,5 мг/т).

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ПОРОДЫ

Поведение золота в вулканогенных породах изучено значительно слабее, чем в осадочных. Поэтому эффузивные образования нами исследовались более детально, особенно в районах Оганчинского и Козловского рудных полей.

Преобладающими в вулканогенных породах являются средние содержания золота от 1,8 до 5 мг/т при частных значениях от 0,5 до 10 мг/т (см. табл. 7, 8 и рис. 9). Наши и литературные данные показывают, что в рассматриваемых золоторудных провинциях разброс средних содержаний золота в кислых и основных эффузивах не идентичен. В кислых разностях оно не превышает 5,5 мг/т. Кроме того, из рис. 9, *II* видно, что в распределении золота в рассматриваемых породах выделяется два максимума: 1,8—3 мг/т и около 5 мг/т. Можно думать, что эта картина изменится по мере накопления фактического материала и эти максимумы сольются.

Рассматривая распределение золота с точки зрения возраста пород, можно заметить тенденцию к снижению средних содержаний золота от древних вулканогенных образований к более молодым в золоторудных провинциях как альпийской и киммерийской эпох, так герцинской (Михайлова, 1970) и каледонской (Щербаков, 1973).

В вулканогенных породах золото обнаруживается во всех минералах, но максимальные его концентрации тяготеют к магнетиту и темноцветным.

Таблица 8

Среднее содержание золота (мг/т) в вулканогенных породах описываемых золоторудных провинций

Порода	Золоторудная провинция										
	Алтае-Саянская			Казахстанская			Средне-Азиатская	Камчатско-Корякская			
	Щербаков и др., 1963, 1964, 1966	Щербаков, 1967	Щербаков, 1974	Воскресенская и др., 1968	Толмачев и др., 1971	Умаров и др., 1972	Митовцев, 1968	Кушмурадов, 1970	Шилин, 1968	Беда и др., 1970	Аношин и др., 1972
Андезиты, андезито-базальты, базальты	4,9—10		4,89—9,9						3—5	1,8—3,8	0,6
Андезито-базальтовые порфириды				2,2					2,0	2—6	4,3
Плаггиоклазовые порфириды		6,8				2,1					
Туфы и другие пирокластические породы андезито-базальтового состава				2,0	4,8	4,9		0,5—8		6,8	
Андезито-дациты											
Андезитовые и андезито-дацитовые порфириды				1,7		2,7					
Липарито-дацитовые и дацитовые порфириды				1,8							
Кварцевые порфиры, фельзит-порфиры, их туфы и туфолавы	4,7	5,4	4,6			2,7	4,5	5,0			0,8
Кислые эффузивы											2,2

Так, изучение нейтронно-активационным методом распределения золота в минералах эффузивов Оганчинского района показало, что в магнетите его 804,4 и 27,5 мг/т, в пироксене — 14, в роговой обманке — 8,5, в кварце — 2,2 и 6,7 и в полевом шпате — 3,1 и 3,4 мг/т. Довольно высокое содержание золота (25 мг/т) обнаружено в халцедоне, выполняющем миндалины в четвертичных базальтах Восточного Забайкалья.

ИНТРУЗИВНЫЕ ПОРОДЫ

Распределение золота в интрузивных породах и их породобразующих минералах изучено более полно по сравнению с осадочными и вулканогенными разностями. По рассматриваемым золоторудным провинциям имеются сведения о поведении этого элемента не только в главных типах интрузивных пород (Щербаков, 1967; Шилин, 1968; Воскресенская и др., 1968, 1970; Беда и др., 1970), но и в породах различных фаз становления интрузивных массивов (Щербаков, Пережогин, 1963, 1964; Аношин, Потапьев, 1966; Воскресенская и др., 1968, 1970, и др.), их апикальных, глубинных и центральных частях, — а также в породобразующих и аксессуарных минералах (Vincent, Crochet, 1960; Macher, 1962; Щербаков, Пережогин, 1964; Brownlow, Mantei, 1966, 1967; Давлетов, 1969, 1970; Кушмурадов, 1970; Рожков и др., 1970; Зверева и др., 1971; Щербаков, 1974, и др.). В табл. 9 и на рис. 9, III приводим обобщенные сведения о распределении средних содержаний золота в интрузивных породах рассматриваемых регионов. Результаты наших анализов на золото — в табл. 7.

Наши и литературные данные показывают, что средние содержания благородного металла в кислых породах тяготеют к области 1—5 мг/т. В основных породах они имеют значительно больший разброс, а наибольшая частота встречаемости приходится на область 1—6 мг/т.

Таблица 9

Средние содержания золота (мг/т) в интрузивных породах описываемых золоторудных провинций

Порода	Золоторудная провинция														
	Алтае-Саянская				Казахстанская				Средне-Азиатская				Камчатско-Южнокорейская		
	Аношин и др., 1966	Щербаков и др., 1964	Щербаков, 1967	Щербаков, 1974	Воскресенская и др., 1968	Воскресенская и др., 1970	Толмачев и др., 1971	Уваров и др., 1972	Давлетов, 1969	Давлетов, 1970	Глейзер, 1970	Кушмуадов, 1970	Шилин, 1968	Бела и др., 1970	
Граниты . . .	1,2	3,2	2,4	} 2,4	1—2,5			1,2	} 4,4—4,8	} 2—4,3	0,85	3,4	2,0	4,8	
Гранодиориты . . .		4,0	4,0			1,5		2,5							
Диориты . . .		3,5	3,4	3,7	3,5										
Сиениты . . .		4,4	4,4	4,5							8,0				
Габбро-диориты . . .					3,5	2,0									
Габбро . . .		6,4	6,4	6,2		1,1	8,0								
Перидотиты . . .		6,0	6,0	4,3		1,0									
Гипербазиты . . .		9,4		4,3—9,9	4,4										
Нориты меланократовые . . .						1,2									
Нориты лейкократовые . . .															
Дуниты . . .						4,9									
Габбро-нориты . . .						1,2									
Пироксениты . . .						1,2									

В изверженных породах золото устанавливается во всех пороодообразующих минералах в количествах от сотых долей до десятков миллиграммов на тонну. Но, как отмечают многие исследователи, его главными минералами-концентраторами являются амфиболы, биотит, акцессорные магнетит и сфен. В магнетите из гранодиорита Оганчинского района установлено 891,9 мг/т золота (один нейтронно-активационный анализ).

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

В метаморфических породах разброс средних содержаний золота значительно больше, чем в предыдущих типах пород (табл. 10 и рис. 9, IV). Но и в этом случае наибольшая частота встречаемости приходится на содержания, равные 1,0—5,4 мг/т. Меньшие цифры свойственны слабо-метаморфизованным породам, а большие — метаморфическим породам фации «зеленых сланцев».

Разброс содержаний золота обусловлен его перераспределением в процессе метаморфизма, что хорошо показано В. Г. Моисеенко (1965, 1971) и В. А. Буряком (1966 и др.). Как отмечают Ю. Г. Щербаков (1974), Б. В. Петров и др. (1970), золото в этих породах может распределяться крайне неравномерно в пределах даже одного штуфа. На примере небольшого обнажения Ю. Г. Щербаков показал, что эта неравномерность определяется характером распределения минералов-носителей золота. Светлоокрашенные полосы пород, состоящие из кварца, альбита, кальцита и серицита, содержат золота меньше, чем темноокрашенные, сложенные преимущественно хлоритом с примесью акцессорного магнетита.

В метаморфических породах золото обнаружено во всех пороодообразующих минералах. Главные минералы — концентраторы — изучения биотит, роговые обманки, акцессорные магнетит и сульфиды. Результаты, акцессорных магнетитов из роговиков приконтактных зон Чингекатского Саракочшпнского и Дудетского гранитоидных массивов позволили

Средние содержания золота (мг/т) в метаморфических породах описываемых золоторудных провинций

Порода	Золоторудная провинция											
	Алтае-Саянская			Казахстанская		Средне-Азиатская		Забайкальская		Камчатско-Корякская		
	Щербаков и др., 1963, 1964, 1966	Щербаков, 1967	Щербаков, 1973	Воскресенская и др., 1968	Воскресенская и др., 1970	Глейзер, 1970	Кушмурадов, 1970	Корогаева и др., 1969	Алексеев и др., 1971	Алабина и др., 1971	Шилин и др., 1968	Бела и др., 1970
Мраморы		5,3		1,0				1,9				
Глинистые сланцы	2,5	2,4	2,2	2,7		1,2						
Углеродистые сланцы	0,6—	0,6—	0,6—									
Слюдистые »	2,8	2,8	2,8			6,4		11,8	4,5			
Кремнистые »		4,3		1,7		24,2		4,7	1,3			
Кварциты			2,4		1,2							27—99
Роговики	1—7	3,8	3,0				5,0		4,9			
Бiotит-амфиболовые роговики							40,0					
Амфиболиты				3,2							4,0	
Гнейсы	2—7,4	5,4	5,4	2,3				0,9	3,8			

Ю. Г. Щербакову (1973) установить уменьшение в них золота при одновременном увеличении его дисперсии и размера частиц. Укрупнение рассеянного в пирротине золота при региональном метаморфизме описали В. М. Чайка и др. (1969). Ими показано, что каждая новая стадия метаморфизма пирротина сопровождается образованием магнетита и очищением обоих минералов от тонкого золота, которое совместно с кварцем накапливается на контакте с графитистым веществом. Все это приводит к значительной дисперсии золота за счет выноса тонких его частиц из одних участков и отложения укрупненных частиц в других.

Как показали В. Г. Моисеенко и др. (1970), один и тот же процесс метаморфизма в зависимости от физико-химических условий может способствовать или выносу, или концентрации золота.

* * *

Заканчивая краткую характеристику распределения содержаний золота в описываемых золоторудных провинциях и районах, отметим ряд общих положений и сделаем несколько практических выводов.

1. В породах исследуемых районов региональные фоновые содержания золота колеблются главным образом от 0,5 до 9,0 мг/т при частных средних от 1,6 до 5 мг/т (см. табл. 7). В. Н. Бондаренко и Н. Л. Шилин (1971), проанализировав 1300 образцов различных по возрасту и составу магматических, осадочных и метаморфических пород Центральной Камчатки, пришли к выводу о равномерном распределении в них фоновых содержаний золота, равных для всех пород от 1 до 5 мг/т. Д. Д. Дженчураев (1971) на основе обобщенных литературных данных установил, что в гранитоидных интрузиях Курамы, Чаткала, Северного Казахстана, Алтая, Забайкалья и Чукотки золота содержится 1—5 мг/т и в целом распределено оно равномерно. Вариации в несколько больших пределах имеют место в крупных батолитообразных массивах.

Данные В. Д. Мельникова и др. (1967, 1971), В. Г. Моисеенко (1971), В. Г. Моисеенко и др. (1971), И. И. Фатьянова, М. А. Кучеровой (1971), О. И. Горбатюка (1971), Г. И. Неронского и др. (1971) по распределению золота в породах Приморья, А. Д. Ножкина и др. (1972), Б. В. Петрова и др. (1970) — в метаморфических и осадочных образованиях Енисейского

кряжа, М. Н. Годлевского и др. (1970), Г. Н. Аношина и Б. П. Золотарева (1971) — в трапах Сибирской платформы, А. М. Ахмедова и др. (1972) — в метаморфических породах Кольского полуострова показывают, что в породах и этих регионах наиболее частые средние содержания золота составляют 1—7 мг/т.

Все изложенное выше позволяет считать, что фоновые содержания золота в породах описываемых районов сопоставимы с его содержаниями в породах других регионов. Четкой зависимости между средним содержанием золота в конкретной породе и ее принадлежностью к золоторудной провинции по критерию Стьюдента в большинстве случаев не устанавливается. Однако для каждого района свойствен свой региональный фон золота. Он определяется преобладающим развитием того или иного состава пород. В целом для описываемых регионов фоновые содержания золота составляют 1,8—3,4 мг/т при дисперсии 1,78—3,26 (см. табл. 7). Распределение региональных фоновых содержаний золота не противоречит нормальному закону. Золото с другими элементами не коррелирует. Лишь по отдельным регионам наблюдается его корреляционная связь с органическим веществом осадочных и метаморфических пород.

ЭНДОГЕННЫЕ ОРЕОЛЫ ЗОЛОТА

С целью изучения распределения золота и сопутствующих ему элементов в эндогенных ореолах, а также выявления геохимических поисковых критериев золоторудных месторождений и отдельных рудных тел проведена площадная геохимическая съемка на Дарасунском, Ключевском, Козловском, Бериккульском, Натальевском и Оганчинском рудных полях. На остальных месторождениях опробовались опорные разрезы и профили.

Площадная геохимическая съемка проводилась по профилям, ориентированным вкрест простирания основных структур рудного поля. Сеть опробования выбиралась с учетом охвата всех разновидностей пород. За пределами месторождения расстояния между точками отбора проб в однородных породах составляли 0,5—2 км, а в пределах его — 0,5 км. При сложном геологическом строении интервал между ними определялся сменой пород различного состава (см. рис. 3—8).

Около рудных тел пробы брались в следующих интервалах: из рудного тела, его непосредственных контактов, затем в 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 5,0 и 10 м от них в стороны висячего и лежащего боков рудных тел и далее, где было возможно, — через каждые 10 м на расстоянии 100—200 м от рудного тела. Разрезы выбиралась на различных горизонтах месторождений вкрест простирания золоторудных столбов, их флангов и пережимов, а также бедных рудных тел.

Всего отобрано и проанализировано спектрохимическим методом более 2500 проб пород. Большинство из них исследовалось микроскопически. Радиоактивационным методом было определено содержание золота в 200 пробах породообразующих и аксессуарных минералов. Кроме того, использовался фондовый материал по данным пробирного анализа вмещающих пород всех рассматриваемых месторождений.

При отборе проб основой служила геологическая документация соответствующего масштаба, выполненная предыдущими исследователями.

Нижний предел положительных аномалий определялся по общеизвестной формуле $C_{ан} = C_{ф} + 3\sigma^2$, верхний предел отрицательных аномалий по формуле $C_{ан} = C_{ф} - 3\sigma^2$, где $C_{ф}$ — региональное фоновое содержание золота в конкретной породе района или провинции (см. табл. 7); σ^2 — относительная среднеквадратичная ошибка аналитического метода. Для ис-

Таблица 11

Распределение золота в ореолах рудного поля (% от общего количества проб)

Класс содержания золот. мг/т	Рудное поле				
	Акбайское	Дагасунское	Козловское	Ключевское	Оганчинское
Ниже $C^1_{ан}$		9,0	1,0		4,7
$C^1_{ан} - C^2_{ан}$	25,0	22,0	10,6	10,0	35,3
$C^2_{ан} - 10$	22,5	22,5	20,4	23,3	27,1
11—20	17,5	22,4	37,9	43,4	20,0
21—30	5,0	9,8	12,6	3,3	3,5
31—40	5,0	4,9	3,9	10,0	2,3
41—50	7,5	4,0	3,9	2,6	1,2
51—100	10,0	3,6	7,7	3,3	5,9
> 100	7,5	2,0	2,0	0,1	
$\frac{n}{x}$	40	133	103	30	85
\bar{x}	47,1	23,4	22,4	18,3	13,5
σ^2	44,8	23,2	21,2	16,2	13,4
$C^1_{ан} - C^2_{ан}$	0,8—6,0	0,8—6,0	0,7—5,1	0,5—4,1	0,8—6,0

Примечания. 1. $C^1_{ан} - C^2_{ан}$ — допустимые пределы колебаний регионального фона ($C_{ф}$), т. е. $C^1_{ан} = C_{ф} - 3\sigma^2$ и $C^2_{ан} = C_{ф} + 3\sigma^2$ (в последней строке даны их значения в мг/т).
2. n — число анализов; \bar{x} — среднее арифметическое содержание золота; σ^2 — дисперсия распределения содержания золота.

пользуемого нами спектрохимического метода определения золота она составляет $\pm 25\%$ (Цимбалист, 1969).

Аномальные концентрации золота и сопутствующих ему элементов по мере удаления от рудного тела, а затем от месторождения распределяются неравномерно. Но в то же время наблюдается определенная, общая для всех изученных рудных полей и месторождений закономерность. Рассмотрим ее подробно.

На расстоянии 10 км и далее от месторождений аномальные содержания золота, иногда мышьяка, свинца, молибдена и меди, встречаются в небольших участках. Аномалии такого рода слабо выражены как по содержанию золота, так и по его дисперсии. Эти аномалии обусловлены отклонением в большую или меньшую сторону от нормы содержания в породе углеродистого вещества, темноцветных минералов, акцессориев магнетита и сульфидов.

По мере приближения к месторождениям, а затем к рудным телам содержания золота начинают все больше и больше варьировать. При этом возрастают их средние значения. По содержанию и характеру распределения золота, по его минералам-концентраторам и корреляционным связям с другими элементами, а также по масштабам проявления на каждом из обследованных объектов устанавливается несколько зон, т. е. ореолов. На современном этапе исследований с достоверностью можно выделить ореолы трех порядков: 1 — ореолы рудных полей, или местный фон; 2 — ореолы месторождений и 3 — ореолы рудных тел.

Нижние аномальные содержания золота в названных ореолах определялись по методике, предложенной А. П. Соловьевым (1959). При этом в каждом конкретном случае принимались соответствующие фоновые содержания золота: для ореола рудного поля — региональный фон (см. табл. 7); для ореола месторождения — местный фон, т. е. наиболее часто встречающиеся содержания золота в ореоле рудного поля (табл. 11). Ореолы рудных тел довольно легко оконтуриваются графически. При выделении их большую помощь оказывает учет всех изменений, которые испытали исследуемые породы. Рассмотрим специфические черты ореолов всех групп более подробно.

ОРЕОЛЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ (МЕСТНЫЙ ФОН)

Ранее к ореолам рудных полей мы относили ореолы, которые сейчас называем ореолами месторождений (Рослякова и др., 1970). В упомянутой работе оценка ореолов производилась без учета регионального фона, что допустимо при крупномасштабных исследованиях (Росляков, 1970). С получением данных по региональному фону представилась возможность выделить ореол другого порядка, соответствующий местному фону. Думается, что термин «ореол рудного поля» более правилен в этом понимании, хотя и не является строгим.

Итак, ореолы рудного поля представляют собой участки с аномальными содержаниями и дисперсией золота, занимающие значительные площади вокруг золоторудных месторождений. Относительно месторождений они являются местным фоном.

Рассмотрим основные черты описываемых ореолов на примере Оганчинского, Козловского, Ключевского, Дарасунского, Мурунтауского и Натальевского рудных полей.

На Оганчинском рудном поле площадь ореола около 50 км². Отношение его ширины к протяженности близко к 1 : 2. Ореол вытянут согласно ориентировке основных тектонических структур рудного поля (см. рис. 8), определяющих простирание рудоносных структур и рудных тел. Он приурочен к рудовмещающим породам. Породы алнейской серии, не вмещающие оруденение в Оганчинском рудном поле, характеризуются региональным фоновым содержанием золота.

Распределение золота в ореоле Оганчинского рудного поля очень неравномерно. В вулканогенно-осадочных породах кирганикской свиты оно колеблется в пределах 0,5—90 мг/т (т. е. в пределах 3 порядков) при среднем по 29 анализам, равным 12,3 мг/т. Вулканогенные породы озерновской свиты в ореоле характеризуются изменениями содержания золота тоже в пределах 3 порядков (0,6—82 мг/т) при среднем по 25 анализам 16,8 мг/т. Среднее содержание золота в гранитоидах озерновского массива по данным 29 анализов составляет 12,5 мг/т при вариации от 1,2 до 80 мг/т. В целом по выделенному ореолу рудного поля среднее содержание золота составляет 13,5 мг/т при колебаниях от 0,5 до 90 мг/т. Согласно критерию Стьюдента, среднее содержание золота в ореоле весьма значительно отличается от регионального фона, хотя на содержания, равные региональным фоновым, здесь приходится 35,3% встречаемости (см. табл. 11).

Таким образом, местный фон золота для Оганчинского месторождения, или среднее его содержание, и дисперсия в ореоле рудного поля в 4 раза выше регионального фона. Колебание частных значений благородного металла происходит в пределах 2—3 порядков, тогда как в региональном фоне — в пределах 1 порядка.

Микроскопическое изучение каждой пробы Оганчинского рудного поля показало, что отклонения содержания золота от регионального фона всегда связаны с гидротермальным изменением пород (Росляков и др., 1971). Степень, характер и масштабы этих изменений и определяют морфологию ореола рудного поля.

В начальные стадии гидротермального метаморфизма — при образовании полей пропилитизированных пород — золото подвергалось перераспределению. Существенного изменения средних его содержаний в пропилитизированных породах не наблюдается, но зато здесь резко увеличивается их разброс — в пределах 3 порядков (табл. 12, 13). Наложение других процессов на пропилитизированные породы обычно изменяет эту картину. Образование кварц-серицитовых зон в измененных породах вызывает последующее перераспределение золота. Прилегающие к кварц-серицитовым зонам пропилитизированные вулканогенно-осадочные отложения, как правило, заметно обеднены этим металлом, тогда как в самих

Таблица 12

Распределение золота в интрузивных и дайковых породах Оганчинского рудного поля, мг/т

Породы	Кол-во анализов	Содержание		
		мин.	макс.	средн.
Интрузивные, неизменные (граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, габбро-диориты *)	11	1,5	8,0	3,5
эпидотизированные	6	3,1	20,0	9,9
хлоритизированные	6	6,6	80,0	21,7
карбонатизированные	2	5,0	22,0	13,5
пропилитизированные	1			1,6
опацитизированные	1			1,2
Дайковые, неизменные (гранодиорит-порфиры, диабазы, габбро-диабазы *)	4	3,2	5,0	5,3
пропилитизированные	1			2,0
карбонатизированные	2	0,4	1,0	0,7
эпидотизированные	1			8,0

*Распределение золота по отдельным разновидностям пород опубликовано ранее (Росляков и др., 1971).

зонах его содержание составляет 400—500 мг/т, а в отдельных участках намного больше. Неравномерность в распределении золота заметно увеличивается там, где проявлено несколько гидротермальных изменений. При этом в ходе одного и того же процесса изменения в зависимости от

Таблица 13

Распределение золота в вулканогенно-осадочных породах Оганчинского рудного поля (мг/т)

Порода	Алпийская серия				Анавайская серия				Кирганинская свита			
	кол-во ан.	мин.	макс.	средн.	кол-во ан.	мин.	макс.	средн.	кол-во ан.	мин.	макс.	средн.
Андезиты, андезито-базальты, базальты	16	1,0	5,0	3,4	5	0,6	3,0	1,6				
амфиболитизированные					1			50,0				
пропилитизированные					1			22,0				
Андезито-базальтовые и базальтовые порфиры	1			4,8	6	3,0	8,0	4,8				
окварцованные					2	32,0	82,0	41,2				
эпидотизированные					8	4,0	20,0	10,3	3	5,0	18,0	10,0
хлоритизированные					2	2,0	8,4	5,1				
карбонатизированные	2	1,8	4,5	3,2	10	1,0	58,0	9,1	1			10,0
пропилитизированные												
опацитизированные	1			2,0	26	0,4	4,5	1,8	3	8,0	10,0	8,0
Туфы, туфопесчанники, туфогравелиты, туфобрекчии андезито-базальтового состава					4	1,6	3,0	2,1	3	5,0	9,0	7,0
окварцованные					1			15,0	1		90,0	90,0
эпидотизированные									2	12,0	30,0	21,0
амфиболитизированные					1			8,0	1			23,0
карбонатизированные					3	1,0	2,8	3,1	2	4,0	4,0	4,0
пропилитизированные					6	1,0	4,7	2,4	5	1,5	22,0	6,5
ороговикованные					1			90,0	6	0,4	2,8	1,9
Алевриты, песчанники									5	1,0	2,7	1,9
ороговикованные									4	0,8	22,0	8,0
гематитизированные									1			7,0

Содержания золота в породах и их минералах ореола Оганчинского рудного поля *

№ образца	Порода	Содержание, мг/т	Минерал	Содержание, мг/т
<i>Кирганикская свита</i>				
54	Андезитовый порфирит, интенсивно пропилитизированный	13,0	Магнетит	14,15
			»	43,20
59	Базальтовый порфирит, интенсивно эпидотизированный	н/опр.	Эпидот	10,60
			Полевой шпат	175,00
58	Андезито-базальтовый порфирит, интенсивно хлоритизированный	16,0	Роговая обманка	43,80
			Эпидот	30,00
			Полевой шпат	29,80
71	Туф базальтового состава, эпидотизированный	10,0	Магнетит	15,00
63	Туф андезитового порфирита, интенсивно эпидотизированный	15,0	Магнетит	19,50
			Эпидот	58,00
			Полевой шпат	12,00
102	Туфобрекчия андезито-базальтового состава, интенсивно амфиболитизированная	7,0	Магнетит	110,00
			Сульфиды	9,41
109	Туфобрекчия андезито-базальтового состава, притизированная	30,0	Магнетит	5,00
			»	7,00
110	Амфиболовый роговик	90,0	»	13,10
			»	10,00
			Роговая обманка	6,20
			»	6,00
			Кварц	2,70
<i>Озерновская свита</i>				
56	Андезито-базальт	0,9	Роговая обманка	19,50
88	Андезито-базальт, слабо пропилитизированный	17,0	Магнетит	15,40
			»	26,30
			Полевой шпат	9,97
87	Андезито-базальтовый порфирит, пропилитизированный	19,0	Магнетит	11,05
89	Андезит, интенсивно опациитизированный	46,5	Роговая обманка	19,90
			Полевой шпат	35,00
62	Андезитовый порфирит, интенсивно эпидотизированный	18,0	Магнетит	724,80
			Полевой шпат	13,00
71	Туф базальтового состава, пропилитизированный	10,0	»	6,40
63	Туф, интенсивно эпидотизированный	15,0	Сульфиды	155,10
			Кварц	6,80
<i>Граптоиды Озерновского массива</i>				
55	Кварцевый диорит, интенсивно эпидотизированный	3,1	Магнетит	147,20
			»	75,70
			Эпидот	6,80
			Полевой шпат	7,82
			»	3,33
			Кварц	4,70
97	Гранодиорит	7,0	Магнетит	7,30
			Роговая обманка	7,26
			Слюды	26,90
			Полевой шпат	4,20
			»	5,37
			Кварц	1,50
190	Гранодиорит	8,7	Магнетит	70,50
			Роговая обманка	19,50
			Слюды	27,10
			Кварц	9,27
52	Гранодиорит, слабо хлоритизированный п серицитизированный	18,0	Магнетит	29,50
			Роговая обманка	3,27
			Полевой шпат	13,20
			Кварц	12,15
117	Гранодиорит, интенсивно хлоритизированный	80,0	Магнетит	23,50
			»	12,80

№ образца	Порода	Содержание, мг/т	Минерал	Содержание, мг/т
94	Биотитовый гранит	40,0	Биотит	67,00
			Полевой шпат	6,40
			Кварц	3,00
			Магнетит	19,00
			»	17,65
			Роговая обманка	31,00
			Биотит	18,50
			»	14,40
			Полевой шпат	59,00
			»	5,40
Кварц	12,40			

Примечание. *Золото в породах определено спектрохимическим методом, а в минералах — нейтронно-активационным.

физико-химических условий золото могло рассеиваться или концентрироваться (см. табл. 12, 13). Судя по наиболее часто встречающимся содержаниям золота в гидротермально измененных породах, можно думать, что процессы пропилитизации, карбонатизации и опацигизации способствовали главным образом выносу золота, процессы же хлоритизации, эпидотизации, амфиболитизации и особенно пиритизации — его накоплению. Чем интенсивнее и разнообразнее проявлен дорудный гидротермальный метаморфизм, тем сложнее внутреннее строение ореола рудного поля.

Определенные минералы-концентраторы в породах ореола рудного поля не установлены. В одних случаях максимальные концентрации золота наблюдаются в магнетите и сульфидах, в других — в роговой обманке, эпидоте, слюдах, реже в полевых шпатах (табл. 14). Нет и определенной зависимости между валовым содержанием золота в породе и распределением его по минералам.

Эндогенный ореол Козловского рудного поля по площади почти в 3 раза больше Оганчинского (150 км²). Он охватывает как Козловское месторождение, так и близлежащие рудопроявления (см. рис. 7). Ореол имеет правильную форму, что обусловлено более сложным геологическим строением Козловского рудного поля по сравнению с Оганчинским. Но и здесь конфигурация ореола определяется не столько составом пород, сколько ориентировкой основных тектонических зон.

Содержания золота в описываемом ореоле варьируют в интервале 3 порядков. В мраморах и мраморизованных известняках они изменяются от 4,2 до 37 мг/т при среднем по 8 анализам 13,5 мг/т, что более чем в 4 раза выше регионального фона. Песчаники и алевролиты имеют среднее содержание золота 7,8 мг/т по данным 11 анализов (разброс от 0,6 до 30 мг/т). Это в 4—5 раз превышает региональный фон. В гранитах его содержание колеблется от 2,0 до 160 мг/т при среднем 23,2 мг/т по 64 анализам. Вулканогенные породы ореола рудного поля по данным 18 анализов имеют среднее содержание золота 29,7 мг/т при вариации 1,5—120 мг/т, т. е. в пределах 3 порядков.

В целом по ореолу среднее содержание золота составляет 22,4 мг/т при средней дисперсии 21,7. Это почти на порядок выше регионального фона и почти в 2 раза больше, чем в ореоле Оганчинского рудного поля. Критерий Стьюдента позволяет эти данные считать достоверно различными. Ореол Козловского рудного поля имеет около 11% проб с содержанием золота, соответствующим региональному фону. Остальное количество проб характеризуется или аномально высокими, или, наоборот, аномально низкими концентрациями рассматриваемого элемента.

Широко проявленное в Козловском рудном поле перераспределение золота фиксируется даже в пределах полевошпатовых порфировых выделений в гранитах размером 3×3 см. При замещении полевого шпата, содержащего 3 мг/т золота, во вновь образованных минералах распределяется оно следующим образом (мг/т): в кварце — 1, в хлорите — 4,5 и сериците — 5.

Ореол рудного поля Ключевского месторождения нами полностью не околонтурен. На площади в 12 км² почти всюду установлены аномальные концентрации золота. Но на удалении от месторождения на 3—5 км повышенные его содержания встречены лишь в отдельных точках (см. рис. 6). Можно думать, что по масштабам ореол рудного поля Ключевского месторождения близок к ореолу Козловского.

В описываемом ореоле наиболее часто встречаются содержания золота 11—20 мг/т при изменении от 2,4 до 70 мг/т. В наиболее распространенных породах рудного поля — гнейсовидных гранитах, порфировидных полеозойских и мезозойских гранитах — его средние содержания составляют 8,6; 27,8 и 25,6 мг/т соответственно. По средним и наиболее часто встречающимся содержаниям и дисперсии золота ореолы Ключевского и Козловского рудных полей значимо не различаются.

Ореол Ключевского рудного поля контролируется хлоритизированными и серицитизированными породами, которые, по данным Н. В. Петровской и М. Г. Андреевой (1969), не имеют пространственной связи с рудными телами и сформированы раньше околорудных изменений окварцевания и турмалинизации. Хлоритизированные и серицитизированные породы постоянно несут рассеянную пиритовую минерализацию, которая и определяет в ореоле максимальные концентрации золота и разброс его содержаний.

Ореол Дарасунского рудного поля вытянут в северо-западном направлении согласно с основными тектоническими зонами (см. рис. 4). Его выявленная площадь около 600 км². Как и в предыдущих ореолах, содержания золота здесь колеблются в широких пределах — от 0,2 до 450 мг/т при наиболее часто встречающихся 11—20 мг/т. Амфиболитизированные габбро и габбро-амфиболиты имеют среднее содержание золота 11,9 мг/т по 11 анализам. Вариации содержаний его в этих породах составляют 0,2—45 мг/т. К метаморфизованным габбро по содержанию золота близки порфириды: золота в них по данным 7 анализов 11,8 мг/т при отклонениях от 2,6 до 30 мг/т. Максимальные концентрации металла установлены в сиенитах и граносиенитах (31,8 мг/т по 33 анализам), а также в гранодиоритах и кварцевых диоритах (30,2 мг/т по 43 анализам). К этим породам приурочен и наибольший их разброс — от 0,4 до 450 мг/т. В гранитах концентрации золота изменяются от 0,3 до 69 мг/т при среднем содержании 18,6 мг/т по 35 анализам.

Заслуживает внимания распределение содержаний золота ниже регионального фона, т. е. меньше 0,8 мг/т. Из 12 случаев 7 приходится на участки, тяготеющие к контурам Дарасунского месторождения, и 3 — на участки, тяготеющие к контурам других золоторудных проявлений рудного поля. Это явление наблюдалось и в Оганчинском рудном поле; в рудных же полях месторождений прожилково-вкрапленных и сливных золотосульфидных руд — Ключевском и Козловском — оно не подмечено.

Ореол Дарасунского рудного поля по сравнению с описанными выше имеет не только большую площадь, но и большую концентрацию и дисперсию золота. Несмотря на кажущиеся несущественные различия средних содержаний, большое число наблюдений позволяет считать это различие достоверным. Так, средние ореолов Дарасунского и Козловского рудных полей отличаются всего лишь на 1 мг/т (см. табл. 11), однако критерий Стьюдента при числе степеней свободы 234 равен 4, что больше граничных значений 5 и 0,1% уровней значимости [$t_{0,5}(234)=1,97$ и $t_{0,01}(234)=3,34$].

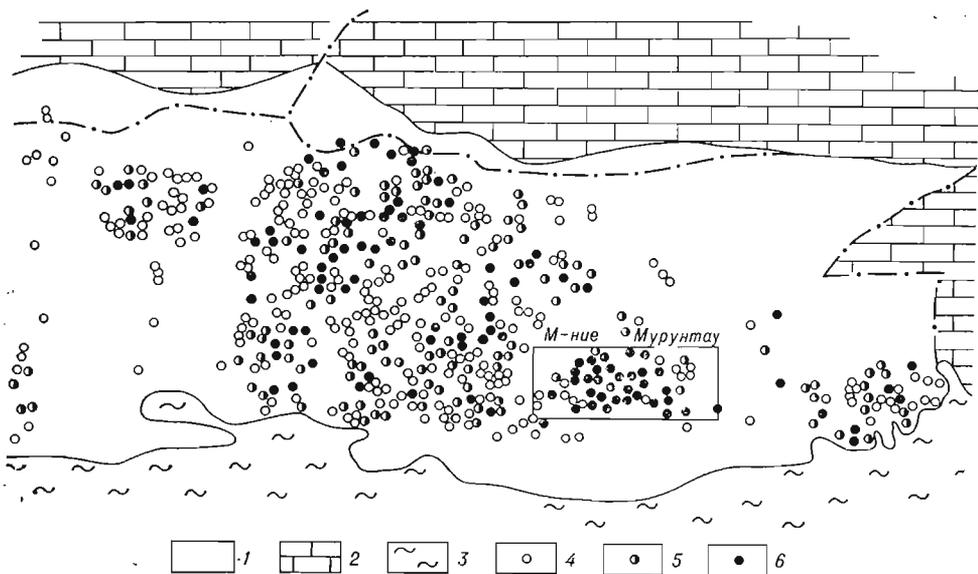


Рис. 10. Распределение золота в песчано-сланцевых отложениях Мурунтауского рудного поля (составлена по материалам П. В. Храмышкина).

1 — песчано-сланцевая толща; 2 — известняки и доломиты; 3 — рыхлые отложения. Содержания золота (мг/т): 10—40 (4), 40—300 (5), >300 (6).

Как и ореолы предыдущих рудных полей, ореол Дарасунского рудного поля контролируется степенью, характером и площадным развитием измененных пород. Здесь амфиболизация основных пород, серицитизация и хлоритизация кислых и средних пород способствовали перераспределению золота и формированию его повышенных концентраций.

Региональные геохимические исследования в Мурунтауском рудном поле нами не проводились. Материалы Г. М. Чеботарева (1969) и А. Т. Бендика (1970) показывают, что Мурунтауское рудное поле залегает в породах, имеющих повышенные концентрации золота, причем распределено оно в них неравномерно. Площадь, занимаемая этими породами, составляет несколько сот квадратных километров. А. Т. Бендик (1970) показал, что из 6 свит, слагающих Мурунтауский рудный район, в пяти средние содержания золота колеблются от 7,8 до 483,5 мг/т, т. е. выше регионального фона. Наиболее крупные месторождения этого рудного района приурочены к песчано-алевритовой толще низов беспанской свиты, характеризующейся, по данным А. Т. Бендика, максимальным средним содержанием золота 483 мг/т. Протяженность только этой толщи — около 10 км при максимальной мощности в районе месторождения Мурунтау 1500 м. Г. М. Чеботарев (1969), изучавший распределение золота в песчано-сланцевых породах, расположенных за контурами месторождения Мурунтау на 300—2500 м, установил в них средние содержания 11,2—25,8 мг/т.

Довольно высокую золотоносность песчано-сланцевых пород Мурунтауского рудного поля отмечает П. В. Храмышкин. Выполненный по его данным рис. 10 охватывает всего лишь часть рудного поля и демонстрирует характер распределения золота в пределах центральной части. Из рисунка видно, что содержания золота в пределах 10—40 мг/т обнаруживаются на всей площади. На самом же месторождении в породах преобладают концентрации более 300 мг/т.

А. Т. Бендик (1970) повышенную золотоносность в породах Мурунтауского рудного поля объясняет первичной, хемогенной аккумуляцией

золота в углистых алевролитах и песчаниках. Последующий метаморфизм пород привел к его перераспределению с относительным обогащением повсеместно развитых послонных кварцевых прожилков.

В Натальевском рудном поле породы опробованы по трем профилям протяженностью по 8 км каждый. Характер распределения золота на одном из них показан на рис. 2 (профиль). Площадь ореола Натальевского рудного поля порядка 50 км². В порфиригах среднее содержание золота по 3 анализам равно 20,3 мг/т. Это почти на порядок выше регионального фона в породах аналогичного состава. Значительно увеличился и разброс содержаний — от 1,5 до 58 мг/т. В известняках ореола вариации содержаний золота несколько меньше, чем в эффузивах (от 1,3 до 15 мг/т). Среднее содержание его в этих породах по 10 анализам оценивается в 7,8 мг/т, что почти в 3 раза выше регионального фона.

По данным Ю. Г. Щербакова (1974), ореол Синюхинского рудного поля, золотоносность которого, как и на Натальевском месторождении, связана со скарнами, характеризуется также очень неравномерным распределением золота в скарнированных породах. Им установлено, что плотные скарны, не подвергнутые гидротермальному метаморфизму, содержат золото в пределах регионального фона (1—5 мг/т.) Отклонения в меньшую сторону свойственны перекристаллизованным в процессе гидротермального метаморфизма скарнам, а в большую сторону — скарнам, обогащенным магнетитом и сульфидами. Преобладающее количество проб характеризуется отклонением от фона в 3—4 раза как в большую, так и в меньшую сторону, отчего среднее содержание золота в золоторудных полях, связанных со скарнами, мало отличается от регионального фона. В данном случае эндогенный ореол золота выявляется не столько по повышению среднего содержания, сколько по неравномерности его распределения в гидротермальноизмененных скарнах.

Ореолы рудного поля, судя по отдельным профилям, присутствуют и на всех остальных обследованных месторождениях. Так, на Акбакае нами было пройдено два геохимических профиля протяженностью по 7,5 км каждый. По данным 40 проб содержание золота здесь колеблется от 0,8 до 100 мг/т, а в дайке гранит-порфира установлено 2 г/т. Изверженные породы по сравнению с осадочными более обогащены золотом. Контрастность особенно тяготеет к контакту гранодиоритов с песчаниками, где находится рудная зона (см. рис. 3). По среднему содержанию золота в ореоле и его дисперсии, а также по аналогии с вышеохарактеризованными рудными полями можно предположить, что площадь ореола рудного поля на Акбакае составит несколько сотен квадратных километров. В его же пределах находится месторождение Кенгир. Эти данные позволяют высоко оценить перспективы Акбакайского месторождения.

На рудопроявлениях Атабасар и Дьяковском содержания золота, отличные от регионального фона, тяготеют к оруденелым участкам. При удалении от них на 200—500 м распределение золота на профилях становится равномерным — в пределах 2—5 мг/т.

В последние годы появились публикации, содержащие сведения о поведении золота вокруг месторождений, хотя авторы многих из них не затрагивают обсуждаемого нами вопроса.

Так, Л. З. Палей и др. (1967), А. В. Муровцев (1968), О. К. Кушмурадов (1970), Ю. В. Михайлова (1970), В. А. и Л. И. Поздзерские (1970), Х. Н. Баймухамедов и др. (1972), И. Х. Хамрабаев и др. (1972) на примере отдельных золоторудных полей Средней Азии показали повышенную относительно кларка золотоносность вмещающих оруденение пород на большой площади. О. К. Кушмурадов это явление считает характерной геохимической особенностью для магматических пород Западного Узбекистана. Л. З. Палей и др., наоборот, утверждают, что даже в макроскопически неизменной породе по крайней мере четвертая часть золота

накопилась за счёт эпигенетических процессов, главным образом площадного проявления серицитизации и в меньшей степени окварцевания магматических пород. К аналогичному выводу приходит и А. В. Муровцев.

Большую площадь, зараженную золотом, установили А. П. Гуров (1971), Г. Г. Горошко и др. (1971), Г. И. Неронский и др. (1971) на дальневосточных месторождениях, а И. И. Толмачев и др. (1971) — в Боцескульском районе. А. П. Гуров считает, что в изверженных породах золоторудного поля основным концентратором золота является биотит. В диоритах на его долю приходится 84,8% всего золота, а в гранодиоритах — 44,9%. Ш. О. Амирян (1970), обсуждая источники золоторудной минерализации ряда кавказских месторождений, отмечает аномально низкие и высокие содержания золота в породах их рудных полей.

В. Г. Петров (1968) описал высокую золотоносность углисто-глинистых сланцев на большой площади одного из рудных полей Енисейского кряжа.

К. Т. Рёк и др. (Wruske a. o., 1968) установили наличие повышенных содержаний золота, серебра, свинца и других элементов и вокруг золоторудных месторождений Невады на участках шириной 1,6—3,2 и длиной 8—10 км. Их распределение контролируется тремя основными разломами. Золото определенной связи с другими элементами не проявляет, хотя они тоже образуют аномальные зоны.

Д. Норман и К. Д. Фан (1971) при изучении закономерностей распределения золота в золотоносном районе Сент-Ирье (Франция) выявили в целом довольно высокие содержания данного элемента при колебаниях от 6,5 до 310 мг/т. Эти авторы отмечают увеличение содержаний золота в породах с возрастанием интенсивности прошедшего в них высокотемпературного метасоматоза.

Приведенные литературные данные свидетельствуют о том, что выявленные нами ореолы золоторудных полей имеют не частный, а общий характер. Учитывая важное поисковое значение этих ореолов, в дальнейшем на их изучение следует обратить самое пристальное внимание.

В обследованных авторами рудных полях совместно с золотом в ореолах обнаруживается большой комплекс халькофильных элементов, свойственных рудам изученных месторождений. Некоторые из этих элементов образуют аномалии. В частности, в золотом ореоле Козловского рудного поля присутствуют аномалии свинца и мышьяка (см. рис. 7). На Калбе и в Средней Азии региональным индикатором золотого оруденения является мышьяк (Рахматулаев, Гамалаев, 1964; Курбанаев и др., 1968). Несмотря на это, в ореолах рудных полей золото с этими элементами отчетливой связи не проявляет. В отдельных случаях оно коррелирует с барием.

Приведенный материал позволяет сделать следующие основные выводы по распределению золота в ореолах рудных полей.

1. Ореол рудного поля служит местным фоном золоторудного месторождения. При этом чем крупнее месторождение, тем больше масштабы, средние содержания и дисперсия распределения золота в ореоле рудного поля. Площадь ореолов крупных рудных полей составляет сотни, сравнительно небольших — десятки, отдельных рудопроявлений — первые квадратные километры.

2. Ореолы рудных полей имеют сложную морфологию, которая контролируется основными структурами района. Средние содержания золота в них в 3 и более раз выше регионального фона. Частные его значения варьируют в пределах 3—4 порядков, причем нередко, особенно вблизи месторождений, содержания золота на порядок ниже регионального фона. Поэтому при выделении ореолов рудных полей важно выявить не только повышенные, но и пониженные содержания золота, а также характер его распределения в различных по составу и степени изменения участках рудного поля.

3. Концентраторами золота в эндогенных ореолах рудного поля являются вкрапленные сульфиды, аксессуарный магнетит, темноцветные минералы и слюды. Золото в ореолах не проявляет надежной корреляционной связи с другими элементами первичных руд. Иногда намечается его прямая связь с барием и медью.

4. Повышенные концентрации золота (десятки миллиграммов на тонну) и отчетливо выраженная неравномерность его распределения на больших площадях являются важным геохимическим поисковым критерием золотого оруденения. Наличие на повышенном фоне аномально низких содержаний золота может быть надежным признаком близости месторождения.

ОРЕОЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В породах месторождений, по сравнению с породами рудных полей, золото распределяется еще более неравномерно. Обнаруживаются значительно обогащенные и в различной степени обедненные им участки. Расположение этих участков на всех изученных месторождениях подчиняется определенной закономерности относительно рудных тел, создавая вокруг них ореолы. Совокупность ореолов рудных тел, слагающих месторождение, представляет его ореол в целом. Как известно, геохимическая съемка обычно производится в несколько этапов. Сначала выявляются перспективные площади, затем аномальные участки, а в их пределах — отдельные рудные тела или зоны. В этой связи представляется интересным рассмотреть основные черты распределения золота на площади всего месторождения, а затем в его отдельных составляющих — в ореолах рудных тел.

Ореолы месторождений на местном фоне обнаруживаются по большому разбросу содержаний золота в 4—5 порядков, при возрастании его среднего в 3—5 раз и более. В повышенных количествах обнаруживаются медь, свинец, цинк и другие халькофильные элементы. Совершенно иной характер приобретают вариационная кривая распределения золота и его корреляционные связи с другими элементами первичных руд.

Ореолы месторождений имеют сложное строение. В их пределах развиты содержания золота самых различных классов: ниже региональных фоновых, соответствующие региональным и местным фоновым, а также более высокие концентрации, порой достигающие таковых в рудах. Это очень затрудняет определение средневзвешенного содержания золота в ореоле. Появление всего лишь одной пробы с содержанием 1 г/т и выше резко влияет на среднее. Исключение таких проб из подсчета тоже не отражает истинного среднего. Но и в этом случае при достаточной представительности выборок получаются различные средние. Например, среднее содержание золота в породах, отобранных по разрезу из штольни Нагорной (Дарасунское месторождение) по 44 анализам равно 23,3 мг/т, а в породах профилей на рис. 5 — 22,2 мг/т по 134 анализам. По критерию Стьюдента эти средние значимо различаются, т. е. при числе степеней свободы 176 $t_{рас} = 4$, что больше граничных значений 5% и 0,1% уровней значимости [$t_{0,5}(176) = 1,97$ и $t_{0,01}(176) = 3,34$].

Еще более несопоставимые результаты получены при подсчете средних по другим участкам этого месторождения. В одном случае по данным 64 анализов среднее составляло 13,7 мг/т, во втором — по данным 90 анализов 21,6 мг/т, в третьем — по 250 анализам 171 мг/т. В этой связи следует заметить, что приведенные в табл. 15 средние содержания золота имеют приближенное значение. При анализе ореолов месторождений более представительную информацию дает характер распределения содержаний золота, сгруппированных по классам.

Различия в распределении золота в ореолах рудных полей и ореолах месторождений иллюстрируются рис. 11. В первом случае гистограмма рас-

Распределение золота в породах изученных месторождений (% от общего числа проб)

Класс содержания золота, мг/т	Месторождения												
	Жильные					Штокверковые	Прожилково-вкрапленные				Линзы и залежи		
	Беринкуль	Атбасар	Ю. Бесаян	Дарасун	Оганча		Погромное	Бакырчик		Жолпак-Тюбе	Ключи	Натальева	Козловка
Меньше $C^1_{ан}$	2,8	6,7	9,0	4,4	9,3	3,0	0,8	45	18,2	2,0	5,3	10,5	6,0
$C^1_{ан}-C^2_{ан}$ (региональный фон)	39,3	23,3	33,3	18,8	27,2		12,9						
$C^2_{ан}-10$	15,1		9,0	12,3	17,5	14,0	23,5	20,0	9,1	4,0	39,1	21,1	46,0
11—20	8,4		16,7	13,9	3,6		129		7,6	5,9		16,0	
21—30	6,2		5,1	8,0		63,0	7,6	35,0	27,3	5,9	53,4	16,0	48,0
31—40	3,4		5,1	5,2	3,6		3,0		3,0	6,9		5,2	
41—50	5,5	3,3	1,3	6,3	5,5	63,0	0,8	35,0		3,0	53,4	2,6	48,0
51—100	10,4	6,7	9,0	16,0	15,7		8,0			17,6		12,3	
>100	18,9	6,7	11,5	15,0	17,6	63,0	30,5	35,0	36,3	54,7	53,4	29,7	48,0
<i>n</i>	145	30	78	384	55	250*	132	664*	21	102	319*	204	330*
\bar{x}	82,9	22,4	120,7	125		350	140	190	210	174,4	300	153,9	
σ^2	197	30,7	110	365		373	174	183	116	216	397	422	
$C^1_{ан}-C^2_{ан}$	0,7-5,1	0,5-3,5		0,8-6,0	0,8-6,0	0,8-6,0	0,4-3,2		0,5-3,5	0,5-4,1	0,7-5,1	0,7-5,1	

Примечание. Содержания золота более 1 г/т в подсчет не включены;

* Для сравнения приведены данные по пробирному анализу. В последней строке приведены нижние и верхние пределы региональных фоновых содержаний золота, мг/т.

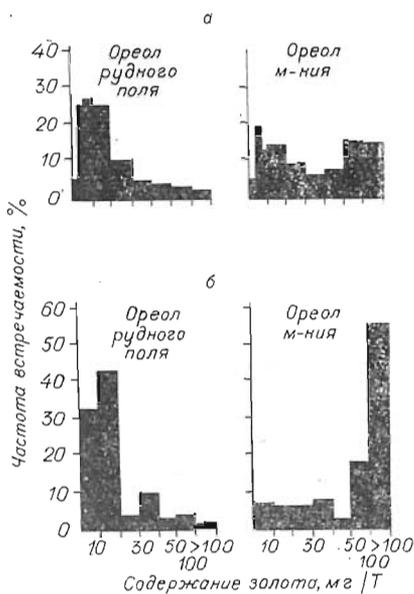


Рис. 11. Гистограмма распределения золота в ореолах Дарасунского (а) и Ключевского (б) месторождений.

по повышенным содержаниям золота может дать ошибочную информацию.

Ореолы месторождений птогверкового и вкрапленного типа характеризуются более равномерным распределением золота. Преобладают содержания, в общем отражающие концентрацию золота в ореоле. Содержания, соответствующие региональному и местному фону, здесь редки.

Размеры ореолов месторождений в общем согласуются с масштабами оруденения. Так, площадь ореола Дарасунского месторождения составляет порядка 10 км², Ключевского, Козловского, Оганчинского — около 5 км², Жолпак-Тюбекского — 2 км². Площади ореолов мелких рудопроявлений золота редко превышают 1 км².

Основным носителем золота в ореолах месторождений являются пирит и арсенопирит, а в месторождениях, связанных со скарнами, — еще и скарновые минералы.

В ореолах месторождений золото приобретает корреляционные связи со многими элементами (табл. 16). В порфиритах Бериккульского месторождения наблюдается довольно отчетливая корреляция золота с медью, свинцом, серебром, кобальтом и барием, тогда как в золоторудных жилах она установлена только с серебром. Золото гранодиоритов Центрального месторождения коррелируется с никелем и медью. В жилах его спутниками являются свинец, мышьяк и медь. Вполне достоверная корреляционная зависимость между золотом, серебром, свинцом, иногда цинком и мышьяком выявлена в ореолах Дарасунского месторождения. Здесь золоту в породах сопутствует несколько иной комплекс элементов, чем в рудах. Аналогичное явление наблюдается и в месторождениях других морфологических типов. В частности, на Козловском в залежах сливных золотосодержащих руд золото коррелирует с серебром, свинцом и цинком. В турмалинизированных гранитах оно сопровождается серебром и цинком, в окварцованных — серебром и свинцом, в хлоритизированных разновидностях золото с этими элементами не коррелирует (табл. 17). Можно считать, что формирование ореолов изученных месторождений прошло в несколько этапов, соответствующих этапам гидротермального изменения вмещающих пород.

пределения имеет одновершинный характер с максимальной частотой встречаемости в области 20 мг/т. В ореолах месторождений усредняющая вариационная кривая имеет две вершины: с содержаниями на уровне ореолов рудного поля и на уровне ореолов месторождений. Последняя включает классы содержания золота более 50 мг/т. Наблюдается взаимосвязь между морфологией рудных тел месторождения и соотношением этих максимумов в его ореоле.

В ореолах месторождений жильного типа оба максимума проявлены отчетливо. На Дарасунском месторождении на их долю приходится 18,8 и 16%, на Бериккульском — 39,3 и 18,9%, на Оганчинском — 27,2 и 17,6% соответственно (см. табл. 15). Пробы с низкими содержаниями золота встречаются как в непосредственных контактах жил, так и вдали от них, что будет показано при характеристике ореолов рудных тел. Поэтому оконтуривание ореола месторождения только

Таблица 17

Коэффициенты корреляции золота со свинцом, серебром и цинком в околорудноизмененных гранитах Козловского месторождения

Элемент	Хлоритизированный гранит, n=20				Серпентинизированный гранит, n=51				Окварцованный гранит, n=17				Турмалинизированный гранит, n=19				Сульфидная руда, n=24			
	Au	Ag	Pb	Zn	Au	Ag	Pb	Zn	Au	Ag	Pb	Zn	Au	Ag	Pb	Zn	Au	Ag	Pb	Zn
Ag	0,05				0,95				0,88				0,88				0,98			
Zn	0,19	-0,22			0,98	0,94			0,90	0,98			-0,14	-0,31			0,98	0,93		
x	0,06	0,55	-0,13		0,08	0,09	0,15		0,04	0,21	0,24		0,42	-0,82	0,42	0,55	0,59	0,54		
\bar{x}	222	0,61	0,04	0,04	820	8,86	0,18	0,06	230	17,1	1,16	0,04	2	2,90	0,03	0,01		1,2	0,3	
σ^2	420	1,06	0,02	0,03	411	23,7	0,57	0,09	350	23,5	1,64	0,03	2	5,90	0,03	0,07	1430	84,2	3,2	0,5

Таблица 18

Коэффициенты корреляции между химическими элементами в положительных ореолах золота (по данным 18 анализов)

Элемент	Pb	Zn	Cu	F	S	Y	Yb	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	FeO	Mo	Ni	Co	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CO ₂	MgO
Au	0,98	0,56	0,63	0,47	0,81	0,78	0,60	0,70	0,54	-0,57							
Pb		0,64	0,63	0,55	0,81	0,82	0,67	0,70	0,59	-0,55							
Zn			0,57	0,78		0,93	0,97	0,49			0,53				0,62		
Cu				0,53	0,71	0,65	0,56	0,82		-0,62	0,64				0,53		
F						0,72	0,75	0,68			0,58		-0,66		0,78		
S						0,52		0,71	0,56	-0,70							
Yb						0,96											
Fe ₂ O ₃										-0,63							
As			0,64					0,64			0,95			-0,52	0,51		
Sn		-0,69		-0,61		-0,59	-0,64					0,48	0,58				
Al ₂ O ₃						0,61	0,59				0,59	-0,69	-0,56				
MgO			-0,57	-0,70				-0,57				0,71			-0,79		
Na ₂ O			-0,49		-0,56			-0,62						0,53		-0,80	
K ₂ O						0,56				-0,62	0,61				0,58	0,54	
H ₂ O		0,63		0,85		0,54	0,57	0,55			0,56		-0,52		0,52		
CaO												0,78			-0,52		0,78
CO ₂																	

Примечание. Остальные возможные сочетания коэффициентов корреляции между приведенными в таблице элементами менее первой степени достоверности ($\pm 0,47$).

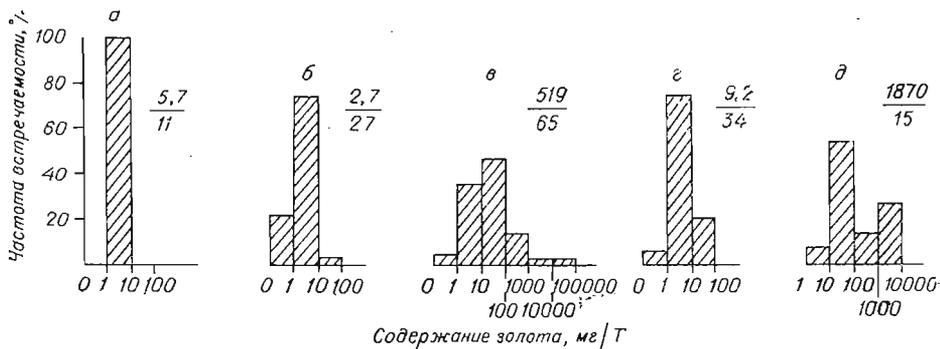


Рис. 12. Гистограмма распределения золота в порфиритах Беркульского месторождения.

а — ореол рудного поля; б — внешние отрицательные ореолы; в — положительные ореолы; з — экзоконтактовые отрицательные ореолы; д — ореолы позднего наложения. В числителе — среднее содержание золота (мг/т), в знаменателе — количество анализов.

рождения ниже миллиграммовых содержаний золота не встречено, то здесь более 20% проб имеют его десятые доли миллиграмма на тонну (рис. 12). Приведенные данные свидетельствуют о происшедшем в рассматриваемом интервале перераспределения золота с частичным выносом его. Это *внешний отрицательный ореол* золота. Оно здесь ни с породообразующими элементами, ни с элементами-примесями не коррелирует. В магнетите оно составляет от 60 до 400 мг/т, т. е. столько же, сколько и в неизмененных порфиритах, где, по данным Ю. Г. Щербакова (1974), этот минерал является концентратором золота. Выделить мономинеральный пирит в рассматриваемом интервале не удалось.

2. Интервал 5—0,5 (0,25) м. Характеризуется наиболее высокими концентрациями и дисперсией золота — *положительный ореол* (см. рис. 12, в). При высоком среднем содержании — 519 мг/т по данным 65 анализов, что почти на 2 порядка выше местного фона, виден очень большой разброс — от следов до граммов на тонну. В положительных ореолах основным носителем золота является пирит, где оно составляет 0,12—20 г/т при среднем 6,1 г/т (рис. 13). В магнетите наиболее часты содержания 0,1—0,2 г/т и редко (1 случай из 7) — выше.

В положительных ореолах микроскопически обнаружить золото не удалось. Расчет коэффициентов корреляции показал, что золоту здесь сопутствуют две группы элементов (табл. 18): 1) Au—Pb—S_{сульфид}—Fe³⁺ и Au—Pb—K—I—Ib—In—Cu—F.

Сопоставляя первый и второй ряды, видим, что в обоих случаях золоту сопутствует свинец. Первый корреляционный ряд обусловлен присутствием этой пары элементов в пирите и магнетите. Второй ряд свидетельствует о наличии других, кроме пирита и магнетита, носителей золота в его положительных ореолах. Судя по набору коррелирующихся элементов, можно думать о некотором накоплении золота совместно со свинцом, цинком и медью в слюдах. По данным Р. Штарке и др. (Starke, Rentzon, 1959), слюды являются очень хорошим концентратором элементов-примесей, в том числе свинца, цинка и меди, в процессе околожильного изменения вмещающих пород. Более того, В. А. Подзерским и др. (1971)

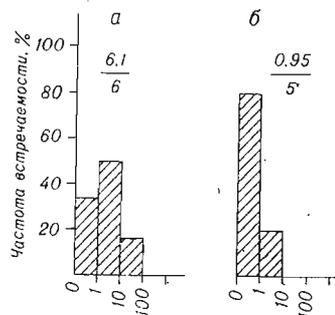
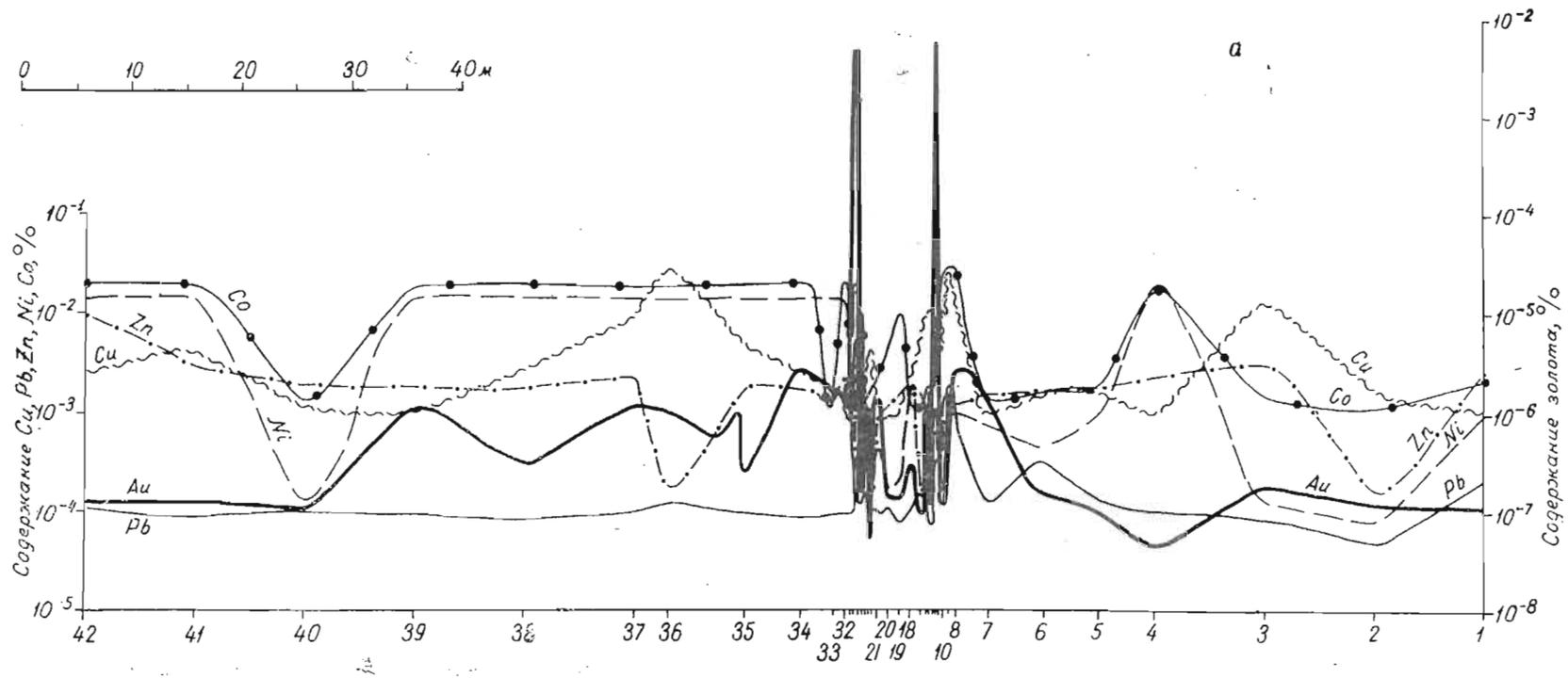


Рис. 13. Гистограмма распределения золота в пиритах Беркульского месторождения. а — положительные ореолы золота; б — экзоконтактовые отрицательные его ореолы. В числителе — среднее содержание золота (мг/т), в знаменателе — количество анализов.



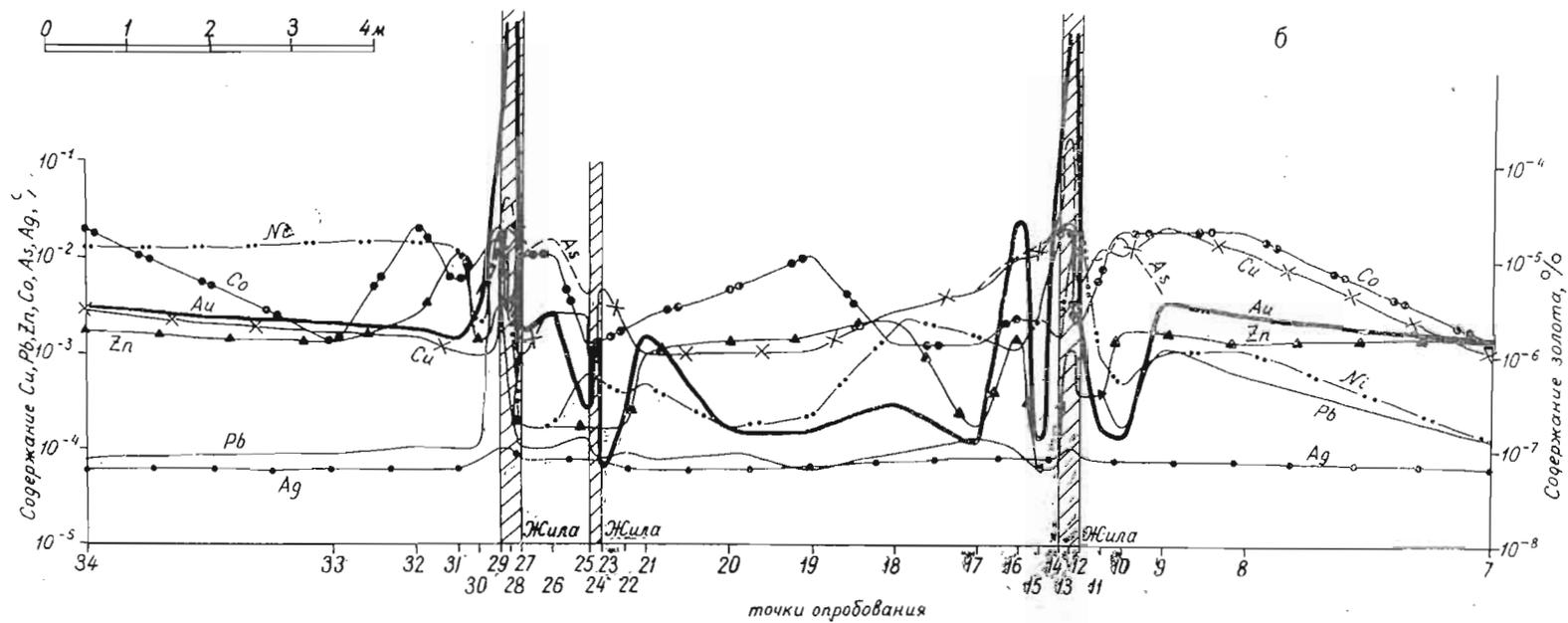


Рис. 14. Распределение золота, меди, свинца, цинка, серебра, никеля и кобальта вкост простираия кругонадающих жил Беркульского месторождения. Квершлаг 278.
 а — общий вид; б — увеличенная деталь околожильного интервала.

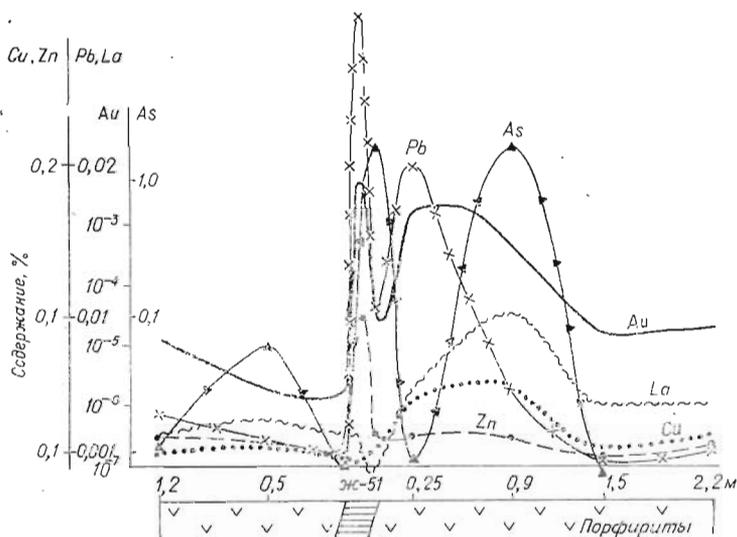


Рис. 15. Распределение золота, мышьяка, свинца, меди, цинка и лантана вкрест простирания жилы 51 Беркульского месторождения.

показана прямая зависимость между содержанием золота и серицита в гидротермальноизмененных гранитоидах Средней Азии.

3. Интервал 0—0,2 (0,5) м. Породы очень обеднены золотом по сравнению с предыдущим интервалом (рис. 14, 15). Это *экзоконтактовые отрицательные ореолы*. По данным 34 анализов среднее его содержание составляет 9,2 мг/т (см. рис. 12,2). Здесь даже пириты содержат его в количестве всего лишь десятых долей граммов на тонну, редко до первых граммов на тонну. Золото-серебряное отношение в пиритах отрицательных ореолов составляет 0,3 и равно таковому в раннем жильном пирите.

В значительной степени изменяются корреляционные связи золота с другими элементами (табл. 19). Очень ослабевают они с серой, калием

Таблица 19

Коэффициенты корреляции между химическими элементами в экзоконтактовых отрицательных ореолах золота (по данным 18 анализов)

Элемент	Pb	As	S	FeO	Zn	F	Ni	Co	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	CO ₂	H ₂ O
Au	0,73	0,95	0,64	0,47									
Pb		0,67	0,47	0,58	0,76								
As			0,48	-0,56									
Mo					0,50	0,64	0,62						0,53
Cu			0,69					0,63					
FeO				-0,77						0,65			
SiO ₂							-0,63		0,72	-0,47	-0,88	-0,75	-0,53
Al ₂ O ₃			0,48				-0,58			-0,65	-0,70	-0,49	0,59
MgO			-0,68				0,57						0,51
CaO					-0,49							0,73	
Na ₂ O			-0,63									-0,61	
H ₂ O							0,63						

Примечание. Остальные возможные сочетания коэффициентов корреляции между приведенными в таблице элементами, а также Fe₂O₃, Cr и Sn менее первой степени достоверности ($\pm 0,47$).

Содержания золота (мг/т) и элементов-примесей ($10^{-3}\%$) в порфиритах и жилах Бериккульского месторождения

Элемент	Неизмененные порфири-ты	Порфириты из внешнего отрицательного ореола золота			Порфириты из положительного ореола золота			Порфириты из аэзоконтактного отрицательного ореола			Порфириты из ореолов позднего наложения			Жилы
		мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.	средн.
Au	2,8	1	14	2,7	сл.	2400	500	сл.	5,8	9,22	11	10 000	1874	
Ag	—	—	сл.	—	—	0,3	сл.	—	0,2	сл.	—	0,6	0,1	1,5
Pb	1	—	1,6	0,3	—	20	1,5	—	10	1,3	—	30	5,9	50
Zn	2	0,3	10	4,6	0,3	20	6,4	—	100	9,6	—	30	6,4	170
Cu	3	1,1	2,3	1,9	1	50	8,7	1	20	8,1	1	30	10	50
As	—	—	—	—	—	1000	30	—	50	30	—	1000	130	1010
Cd	—	—	—	—	—	10	1	—	2	сл.	—	8	1	сл.
Mo	—	—	—	—	—	1	0,1	—	1	»	—	сл.	сл.	»
Sb	—	—	—	—	—	3	0,1	—	20	2	—	3	»	»
Bi	—	—	0,1	—	—	—	0,6	—	—	0,4	—	—	0,5	0,5
Ni	3	0,1	30	7,2	0,1	10	2,9	0,3	30	6,3	0,1	30	5,7	3,5
Co	3	1,3	30	16,5	0,5	30	7,7	0,5	30	8,1	8,5	305	9	10
Cr	4	0,1	20	7,8	сл.	17	5,8	сл.	100	19	0,7	54	5	1,3
Sn	—	сл.	1	0,2	—	0,7	0,1	—	0,5	0,1	—	0,7	0,2	0,3
Zr	7	10	50	23	3	30	11	3	30	11	3	26	9,4	7
Ga	1	0,3	2	0,8	0,3	3	1,3	0,3	3	1,4	0,5	2	1	0,3
Кол-во анализов	золота			27			65			34			15	
	остальных элементов . . .			20			40			28			18	20

Примечания. 1. Золото определялось спектрохимическим методом; кадмий, висмут и мышьяк — химическим; свинец, цинк, медь, никель, кобальт и хром — количественным спектральным, а остальные элементы — приближенным количественным спектральным. 2. Содержания элементов-примесей в неизмененных порфиритах (региональный фон) приведены по Л. В. Алабину (1968).



Рис. 16. Плагноклазовый порфирит из ореола рудного поля Беркульского месторождения.

Порфирировое выделение несколько измененного андезина (в левом верхнем углу рисунка) и основная масса, представленная главным образом андсином (белое) и роговой обманкой (темно-серое). Черное — магнетит и ильменит. Ув. $\times 90$.

и свинцом, совсем теряются с цинком, медью, фтором, иттрием, иттербием и железом, но резко возрастают с мышьяком.

В экзоконтактах с богатыми участками жил на фоне отрицательных ореолов, иногда затушевывая последние, нередко наблюдаются резкие возрастания содержания золота. Так, по 15 анализам из экзоконтактов богатых рудных столбов среднее содержание золота составляет 1870 мг/т при колебаниях от 5,2 мг/т до 10 г/т и более (табл. 20 и рис. 12, *д*). Здесь же наблюдается увеличение содержания свинца и цинка, что не свойственно отрицательным ореолам жил с рядовым содержанием золота. Это *ореолы позднего наложения*.

Зональное распределение различных концентраций золота около рудных тел контролируется зональным распределением околожильноизмененных пород, что отчетливо устанавливается по изменению минерального и химического состава порфиритов.

Макроскопически гидротермальные изменения порфиритов заметны только в непосредственной близости от жил. Мощность таких околожильноизмененных пород не превышает мощности жил — до 0,25, реже до 0,5 м. Выявленные нами закономерные изменения химического состава пород на удалении от жил до 50 м свидетельствуют о значительно более широком проявлении гидротермального метаморфизма вмещающих порфиритов в процессе формирования жил. Микроскопические исследования породообразующих и рудных минералов позволили выявить закономерные изменения в минеральном составе пород по мере удаления от жил. Рассмотрим эти изменения по интервалам, выделяемым по золоту.

Во внешнем отрицательном ореоле золота порода под микроскопом значительно отличается от исходной (рис. 16,17). Прежде всего обращает внимание появление пирита. В порфиритах за пределами месторождения нами не было встречено ни одного его зерна. Здесь же он наряду с мелкими (0,01 мм и мельче) зернами магнетита и ильменита в виде относительно

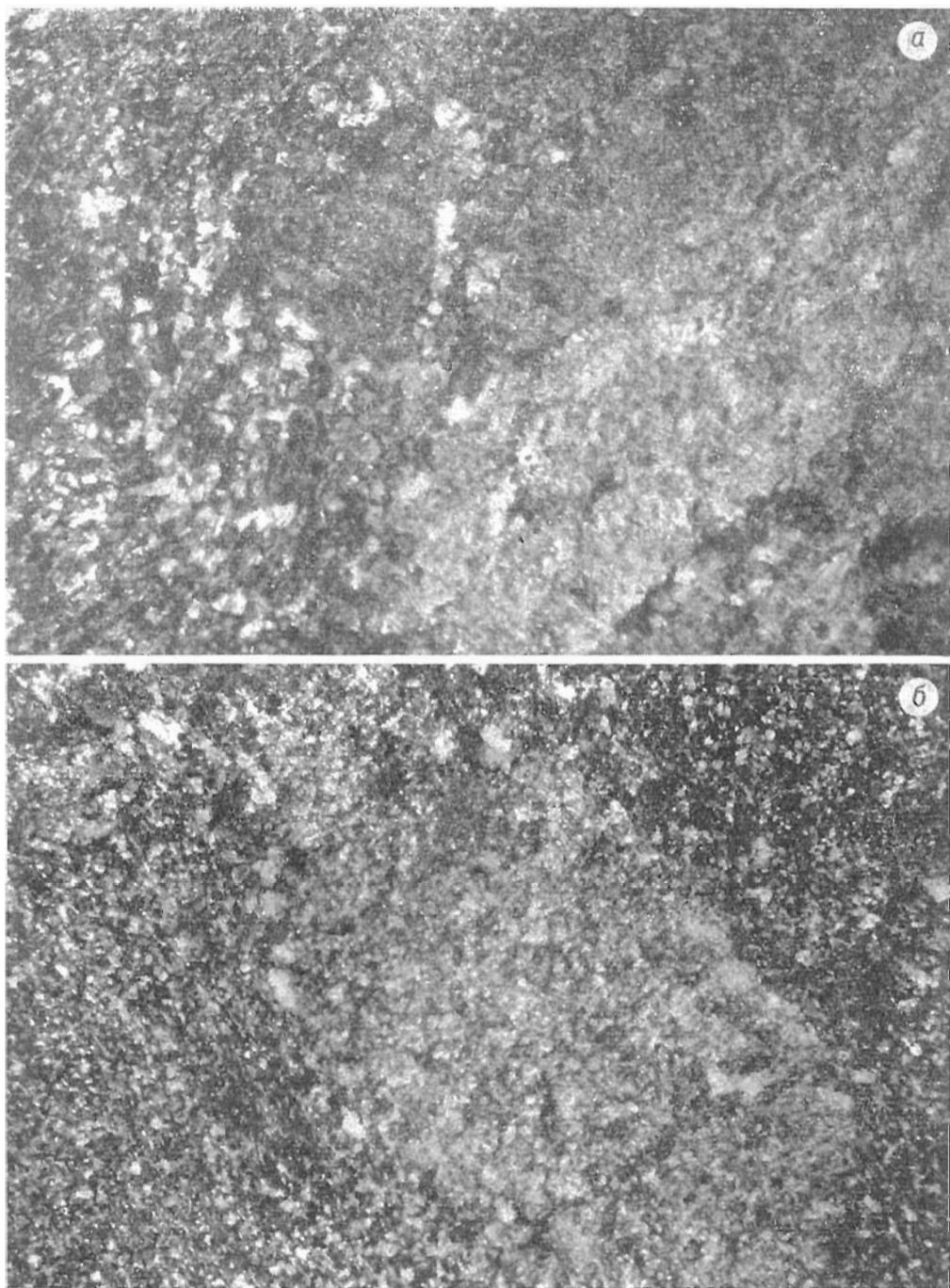


Рис. 17. Порфирит из внешнего отрицательного ореола золота. Берикуль.
 а — порфирит в 20 м от жил. Николи+. Ув. $\times 110$; б — порфирит в 10 м от жил. Николи+. Ув. $\times 98$

правильных зерен размером до 0,05 мм неравномерно распределен в породе, как правило в ассоциации с темноцветными минералами. Кроме того, плагиоклазовые порфировые выделения уже на 20—30% замещены серицитом, кальцитом и альбитом. Интенсивность замещения увеличивается по мере приближения к жилам. На рис. 17, а показан порфирит в 20 м от жилы, а на рис. 17, б — в 10 м от нее. Изменение порфировых выделе-

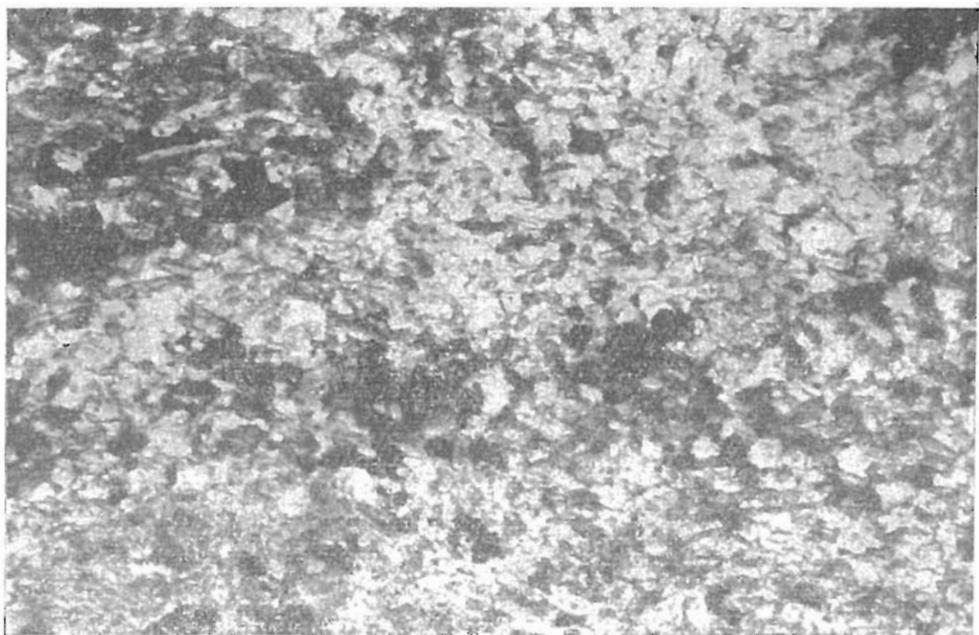


Рис. 18. Основная масса порфиритов из внешнего отрицательного ореола золота Беркуль, 20 м от жил. Плагиоклаз — белое; биотит и роговая обманка — темно-серое; пирит, магнетит и ильменит — черное. Ниоли+. Ув. $\times 125$.

ний усилилось примерно на 10—15%. Основная масса порфиритов в рассматриваемом ореоле изменена слабо. Она характеризуется главным образом роговиковой структурой и состоит из мелких зерен плагиоклаза (альбита), биотита, реже роговой обманки и пироксена (рис. 18).

В 50 м от жил наблюдается только начальная стадия замещения биотита хлоритом. В 40 м хлоритизация несколько усиливается, и в очень небольшом количестве появляется карбонат. Далее к жилам эти изменения еще более возрастают. Роговая обманка частично замещается биотитом, эпидотом и, менее, хлоритом и карбонатом.

С целью установления химического преобразования пород в процессе околожильного изменения был произведен пересчет результатов их сводных анализов окисно-объемным методом с учетом пористости. Сущность этого метода и подробное описание приводятся Н. И. Наквником (1958). Напомним, что при данном методе весовые проценты окислов, полученные химическим анализом, сначала приводятся к 100%. Затем рассчитывается количество грамм-окислов в 100 см^3 породы. После этого для измененной породы определяется «привнос-вынос» вещества в граммах и процентах относительно ее исходного состава. В качестве исходных пород приняты порфириты из ореолов рудного поля. Объемный вес, необходимый для пересчета результатов химических анализов, определялся по методике гидростатического взвешивания на денситометре. Результаты анализов и расчеты «привноса-выноса» вещества при изменении порфиритов по мере приближения к жилам приведены в сводной табл. 21 и иллюстрируются рис. 19—22. Чтобы избежать повторений, содержания окислов на графиках даны в граммах на 100 см^3 породы, а в табл. 21 они опущены. Не приведены также значения химических анализов, приравненные к 100%.

Во внешнем отрицательном ореоле золота породы по химическому составу сильно отличаются от пород ореола рудного поля. Значительно повысились содержания сульфидной серы, уголекислоты, калия, магния

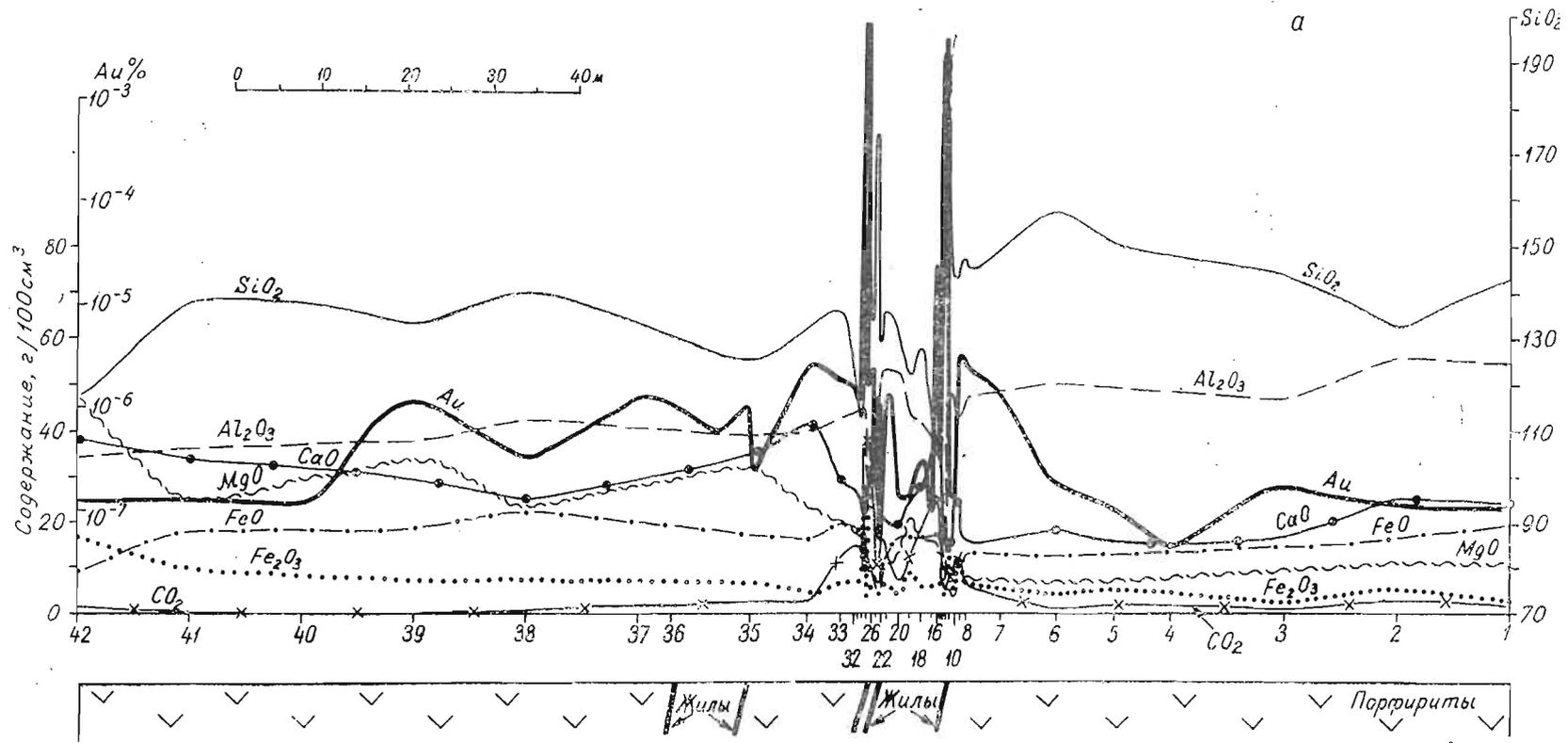
Изменение химического состава порфириров в процессе гидротермального метаморфизма (по данным опробования 14 разрезов)

Элемент	Содержание фактического, вес. %						Привнос-вынос									
							г/ 100 см ³					%				
	I	II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI
SiO ₂	18,63	50,92	48,15	46,36	47,98	60,39	+1,32	-1,34	-7,74	-3,74	+31,84	+0,97	-0,98	-5,86	-2,75	+23,38
TiO ₂	0,81	0,97	1,09	1,07	0,93	0,29	+0,35	+1,38	+0,69	+0,30	-1,46	+15,42	+60,79	+30,40	+13,22	-64,32
Al ₂ O ₃	17,85	16,10	17,31	16,40	14,74	4,73	-6,51	-1,71	-4,55	-9,91	-36,82	-13,02	-3,42	-9,10	-19,83	-73,67
Fe ₂ O ₃	3,67	2,62	2,38	2,01	2,83	5,36	-3,21	-3,62	-4,71	-2,47	+4,56	-31,23	-35,21	-45,82	-24,03	+44,36
FeO	0,35	5,69	5,94	5,33	5,36	2,40	-2,42	-1,15	-3,02	-3,01	-11,06	-13,61	-6,47	-16,99	-16,93	-62,20
MnO	0,20	0,14	0,14	0,14	0,14	0,054*	-0,18	-0,17	-0,17	-0,17	-0,42	-32,14	-30,36	-30,36	-30,36	+75,00
MgO	5,32	7,36	4,89	4,59	4,80	4,30*	+4,97	-1,21	-2,19	-7,42	-2,86	+33,36	-8,12	-14,70	-49,80	-19,20
CaO	9,20	9,04	8,83	9,84	8,62	5,69*	-1,35	-1,04	+1,40	-2,03	-10,08	-5,24	-4,04	+5,43	-7,88	-39,13
Na ₂ O	4,06	3,17	2,58	1,06	0,60	0,08*	-2,81	-4,09	-8,43	-9,71	-11,15	-24,71	-36,97	-74,14	-85,40	-98,06
K ₂ O	1,46	1,70	2,25	3,09	2,97	0,99*	+0,50	+2,21	+4,47	-4,11	-1,32	+12,12	+54,03	+109,29	+100,49	-82,27
P ₂ O ₅	0,40	0,52	2,94	5,76	6,23	7,93	+0,28	+7,11	+14,84	+16,08	+21,00	+25,00	+634,85	+1,88	-27,36	-81,13
CO ₂	0,33	0,23	0,38	0,39	0,28	0,07*	-0,44	-0,03	+0,02	-0,29	-0,86	-41,51	0,0	+1326,0	+1435,71	+1875,0
F	0,05	0,049	0,071	0,08	0,075	0,026*	-0,01	+0,06	+0,08	+0,07	-0,05	-7,14	+42,85	+57,14	+60,00	-35,71
S сульфидн.	0,08	0,12	0,545	0,64	1,475	8,91	+0,10	+1,31	+1,28	+3,85	+22,60	+45,45	+595,45	+581,82	+1780,0	+10272,73
H ₂ O	0,18	0,091	0,114	0,28	0,17	0,04*	-0,25	-0,18	+0,28	-0,03	-0,39	-50,00	-36,00	+56,00	-6,00	-78,00
П. п. п.	1,60	1,30	2,24	2,86	2,50	0,14	-0,86	+3,89	+5,68	+4,68	-2,52	+30,71	+138,98	+202,86	+167,14	-90,00
Сумма	100,24	100,02	99,85	99,80	99,69	101,40										
Об. вес	2,80	2,70	2,80	2,77	2,76	2,30										
Вынос							-17,18	-14,54	-30,31	-38,78	-78,99					
Привнос							+8,38	+15,96	+28,74	+29,09	+80,00					
Сумма							-8,80	+1,42	-2,07	-9,69	+1,01					

Примечание. Порфириры: I — из ореолов рудного поля, II — из внешних отрицательных ореолов, III — из положительных ореолов, IV — из экзо-контактовых отрицательных ореолов, V — из ореолов позднего наложения; VI — золото-кварцевые жилы.

* Подсчет произведен по 3 анализам.

a



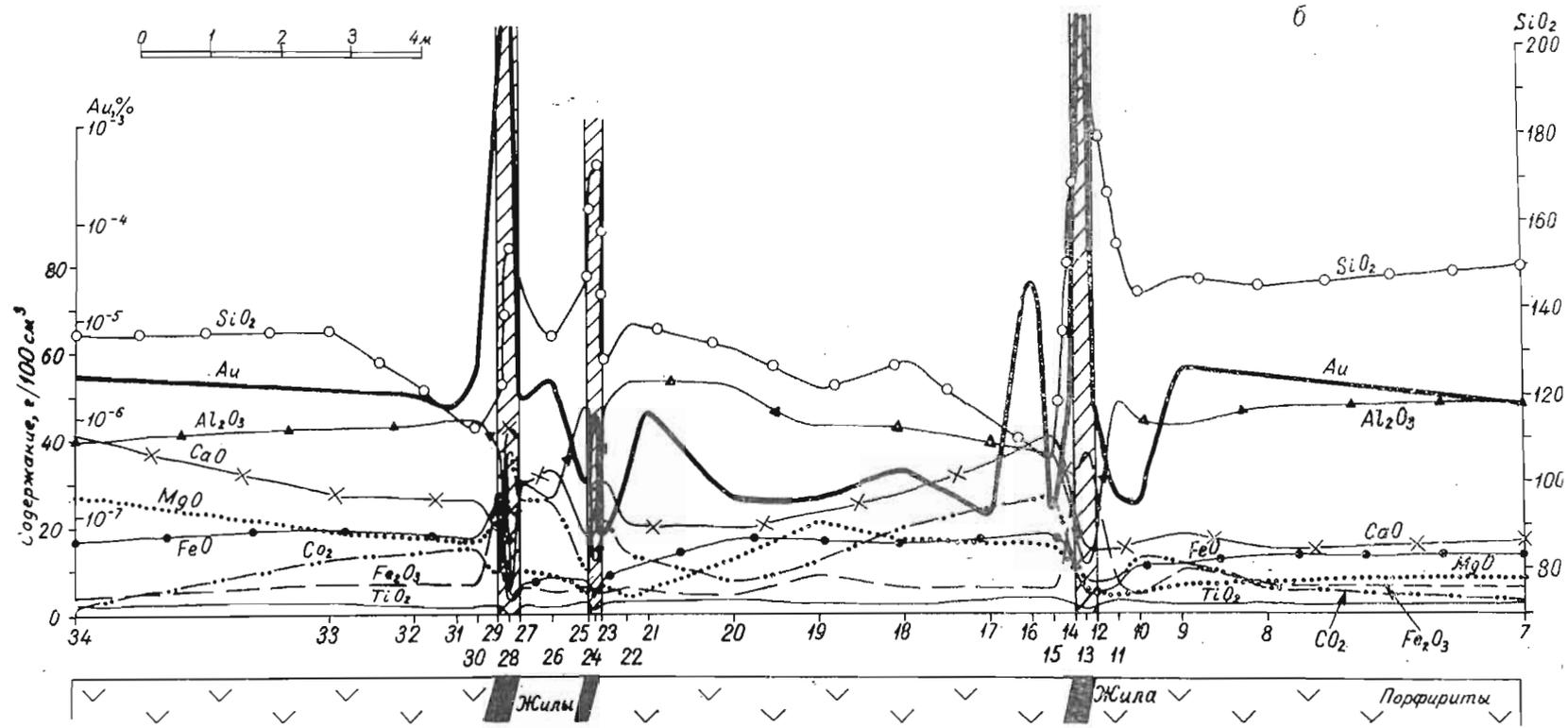
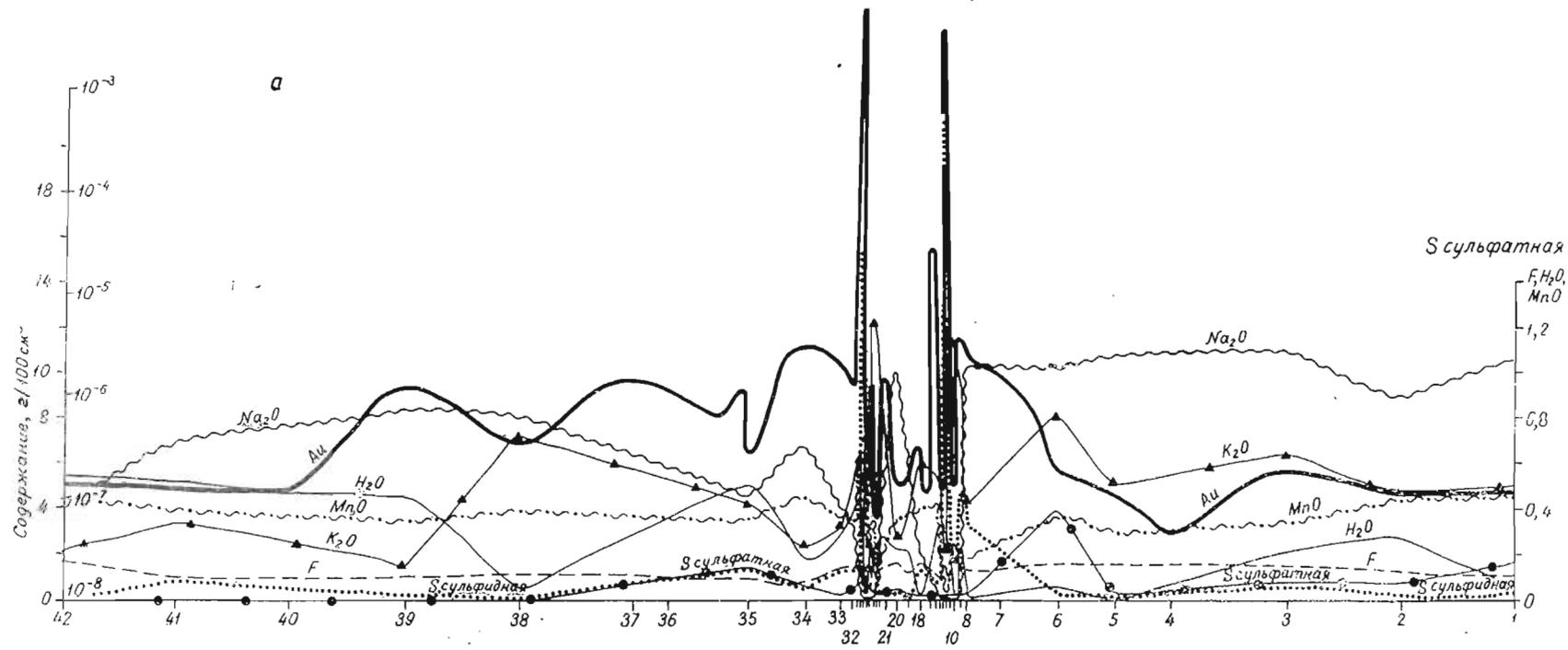


Рис. 19. Распределение золота и породообразующих элементов вкост простирания крутопадающих жил Бериккульского месторождения. Квершлаг 278.

а — общий вид; б — увеличенная деталь околожильного интервала.



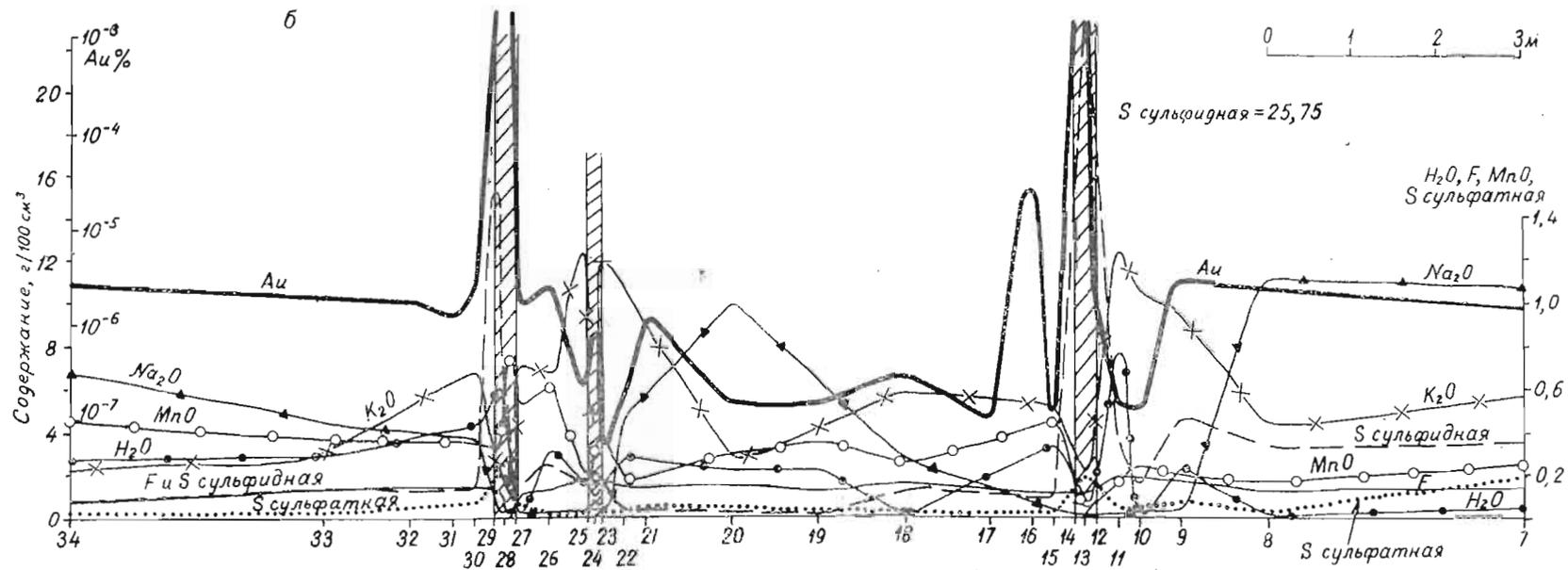


Рис. 20. Распределение золота, серы и породообразующих элементов вкост простирания крутопадающих жил Беркульского месторождения. Квершлаг 278.

а — общий вид; б — увеличенная деталь околожильного интервала.

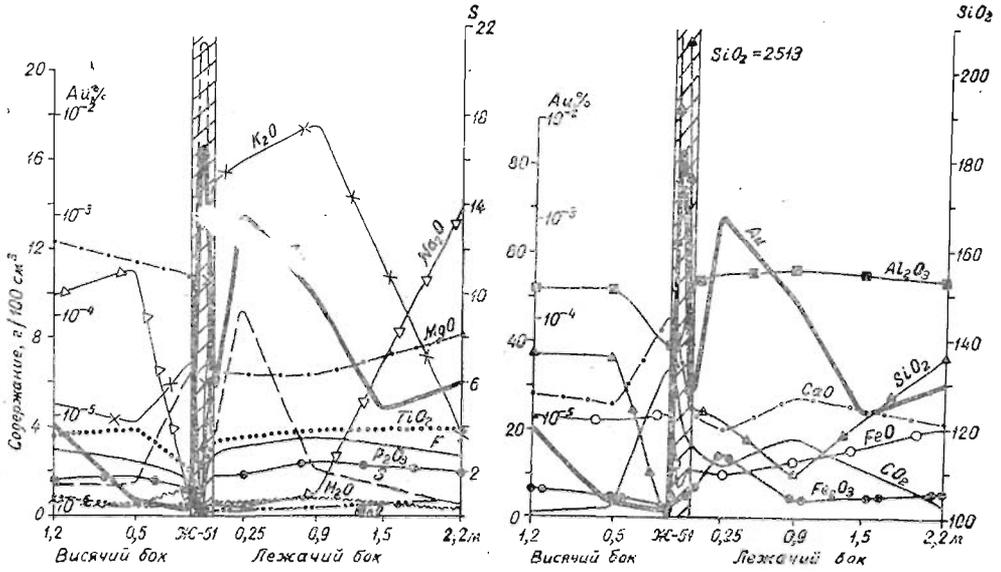


Рис. 21. Распределение золота, сульфидной серы и породообразующих элементов вкост простирания жилы 51 Беркульского месторождения.

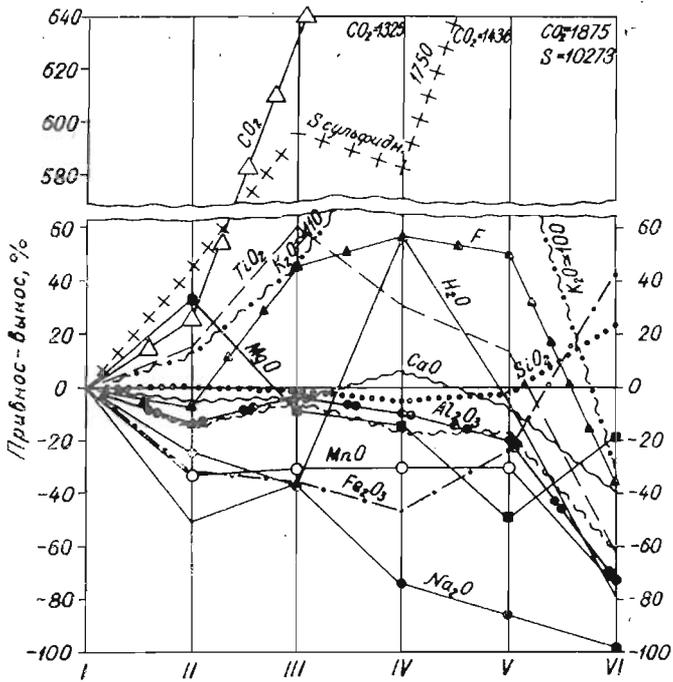


Рис. 22. Изменение химического состава порфиритов в процессе гидротермального метаморфизма. Беркульское месторождение.

I — ореолы рудного поля (местный фон); II — внешние отрицательные ореолы золота; III — положительные его ореолы; IV — эндо-контактные отрицательные его ореолы; V — ореолы золота позднего наложения; VI — золоторудные жилы.

и титана. Пониженными оказались содержания воды, марганца, железа, натрия и, в меньшей степени, — алюминия, фтора и кальция.

В пределах рассматриваемого ореола по направлениям к жилам наряду с золотом наблюдается постепенное увеличение количеств углекислоты, серы сульфидной и сульфатной, калия и, очень незначительно, — фтора. Количества магния, кальция, марганца, суммарного железа, воды и, меньше, натрия в этом направлении, наоборот, понижаются (см. рис. 19). Слабые изменения без определенной направленности отмечаются у кремнезема.

В порфиритах переходной части от внешних отрицательных ореолов к положительным (интервал 10 — 5 м от жил) изменения минерального и химического состава проявлены уже в значительной степени. Порфириновые выделения плагиоклазов примерно на 40—50% замещены серицитом, мелкозернистым агрегатом альбита и небольшим количеством карбоната. Темноцветные, в том числе и биотит исходных роговиков, замещены мелкочешуйчатым биотитом с сохранением контуров замещенных минералов (рис. 23, а). Чешуйки нового биотита несколько светлее роговикового, неправильной формы, контуры их часто расплывчатые (см. рис. 23, б). Местами наблюдается переход биотита в хлорит (см. рис. 23, в), который здесь, кроме того, встречается в виде микроскопических жилков. Карбонат, помимо порфирировых замещений, присутствует и в основной массе породы. Магнетит и пирит не выходят за пределы биотитовых агрегатов, иногда подчеркивая контуры замещенного биотитом минерала.

В пределах положительных ореолов золота минеральные превращения становятся все более сложными при постепенном увеличении количества серицита и карбоната по мере приближения к жилам. В 5 — 3 м от жил порфириновые выделения плагиоклазов нередко нацело замещены серицитом, альбитом и кальцитом. Контуры замещенных биотитом минералов уже не устанавливаются. Биотит составляет 20 — 40%. Кроме него из темноцветных присутствует хлорит (около 5%), развивающийся по биотиту и в виде жилков совместно с кварцем и пиритом. В ассоциации с хлоритом по биотиту развивается эпидот. Выделения альбита укрупнены. Карбонат образует отдельные зерна, сопоставимые с зернами основной массы породы, и тоненькие жилки, пронизывающие всю породу. Его около 20%. Пирит, магнетит и ильменит ассоциируют с биотитом и хлоритом.

В 3 — 1,5 м от жил быстро убывает, вплоть до полного исчезновения, биотит. Его место занимает, часто образуя псевдоморфозы, хлорит — уже в количестве до 30% от общей массы породы. За счет биотита развивается в виде многочисленных иголок и рутил. Интенсивно серицитизированные вкрапленники плагиоклаза еще вполне различимы в породе. Иногда они замещены агрегатом гидромусковита и альбита. Выделения рудных минералов ассоциируют с хлоритом. По размерам они в 2—3 раза крупнее (до 0,035 мм), чем в предыдущих интервалах, где сопровождают биотит. Карбоната в породе около 25%. В небольшом количестве он сопутствует хлориту. Наблюдаются карбонатные жилки и более поздние по отношению к ним жилки хлорита в ассоциации с пиритом. Появляется сфен.

Далее, в интервале 1,5 — 0,5 (0,25) м от жил, соответствующем максимуму содержания золота в положительном ореоле, по пироксеновым фенокристам развиваются карбонат, хлорит и сфен. Плагиоклаз порфирировых выделений полностью замещен серицитом, меньше кальцитом, альбитом и тонкораспыленным эпидотом (рис. 24, ср. с рис. 17). Серицит, кроме того, играет значительную роль и в основной массе породы. В сумме он составляет порядка 50% от общего объема породы. В основной массе полностью исчезает хлорит. За счет него развиваются кварц и карбонат. Количество последнего составляет 25—30%. Хлорит здесь наблюдается только в виде жилков.

Таким образом, с переходом от внешнего отрицательного ореола к положительному и далее по направлению к жилам происходит послед-

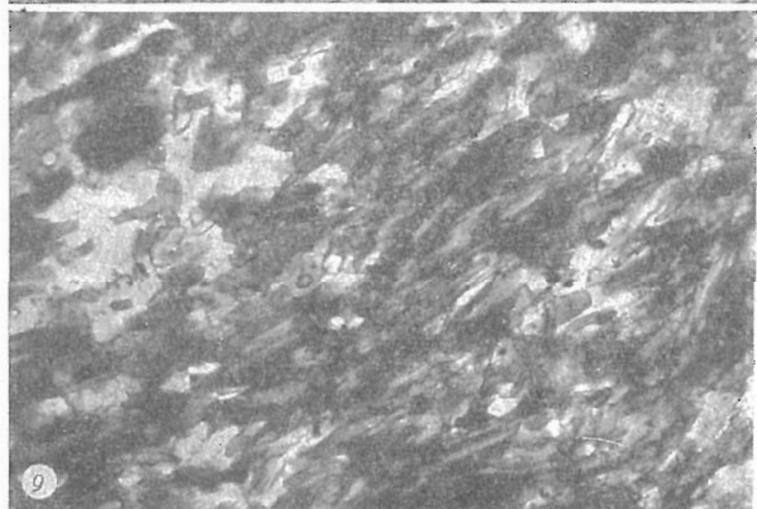
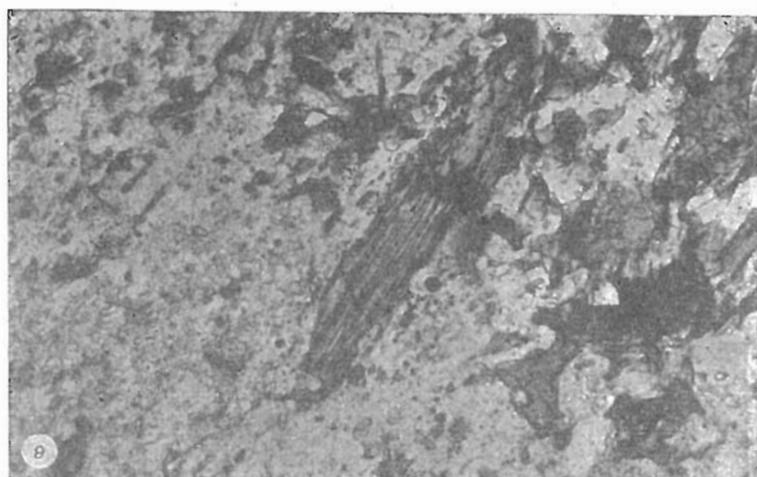


Рис. 23. Околожилльноизмененный порфирит Беркульского месторождения. Положительный ореол золота.

а — агрегат мелкозернистого биотита (темно-серое и черно-серое) с магнетитом (черное) замещает зерно роговой обманки. Pl — серицитизированные и альбитизированные фенокристы плагиоклаза. Белое — мелкозернистый альбит, ув. $\times 400$; б — замещение биотита роговиков (темно- и черно-серые лейсты со спайностью) новым биотитом (серые и темно-серые чешуйки неправильной формы с пчелочными краями). Белое — альбит, ув. $\times 400$; в — замещение биотита роговиков хлоритом (вдоль спайности). Светло-серое — мелкозернистый агрегат альбита, серицита и кальцита, ув. $\times 165$.

довательная смена нескольких зон. Зона с довольно слабым и постепенным увеличением развития биотита и хлорита (5—10 м и более) сменяется зоной довольно быстрого усиления биотитизации путем замещения всех темноцветных минералов пород (5—3 м). Далее (3—1,5 м) идет зона максимального развития хлорита с почти полным замещением биотита. Заключительной (1,5—0,5 м) в этом ряду является зона исчезновения всех темноцветных, в том числе и хлорита. Порода здесь главным образом из серицита, карбоната, альбита и кварца, а содержания в ней золота обычно максимальные для пород месторождения.

В пределах положительных ореолов (см. рис. 19—22) усилены и наиболее выражены те изменения, которые наблюдаются во внешних отрицательных ореолах по мере приближения к жилам. Так, значительно возрастают количества углекислоты, сульфидной серы, калия, фтора и титана, а количества натрия и магния понижаются. Кроме того, повышаются, хотя и в небольших масштабах, содержания воды, закисного железа, алюминия, марганца и кальция. Количество кремнезема, в общем оставаясь на том же уровне, что и в ореолах рудного поля и внешних отрицательных ореолах (см. рис. 22), здесь испытывают некоторое перераспределение (см. рис. 19).

В отрицательных ореолах золота, расположенных в экзоконтактах жил, порода состоит преимущественно из серицита (40—60 %) с подчинен-

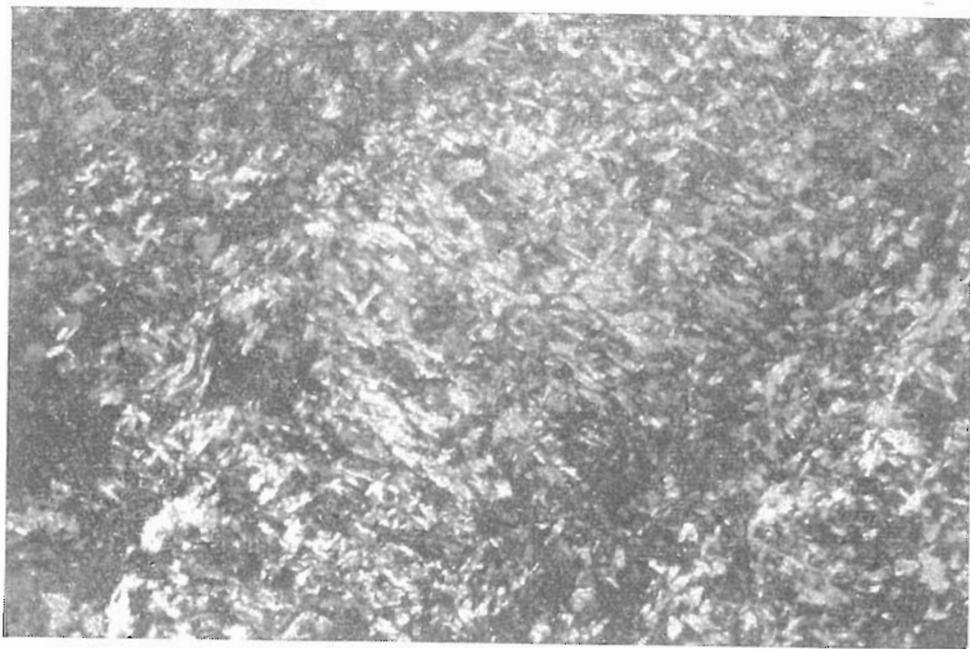


Рис. 24. Порфирит из положительного ореола золота (0,8 м от жилы). Беркульское месторождение.

Порфириновое выделение плагиоклаза целиком замещено серицитом, меньше кальцитом, альбитом и тонкораспыленным эпидотом. Ув. $\times 130$.

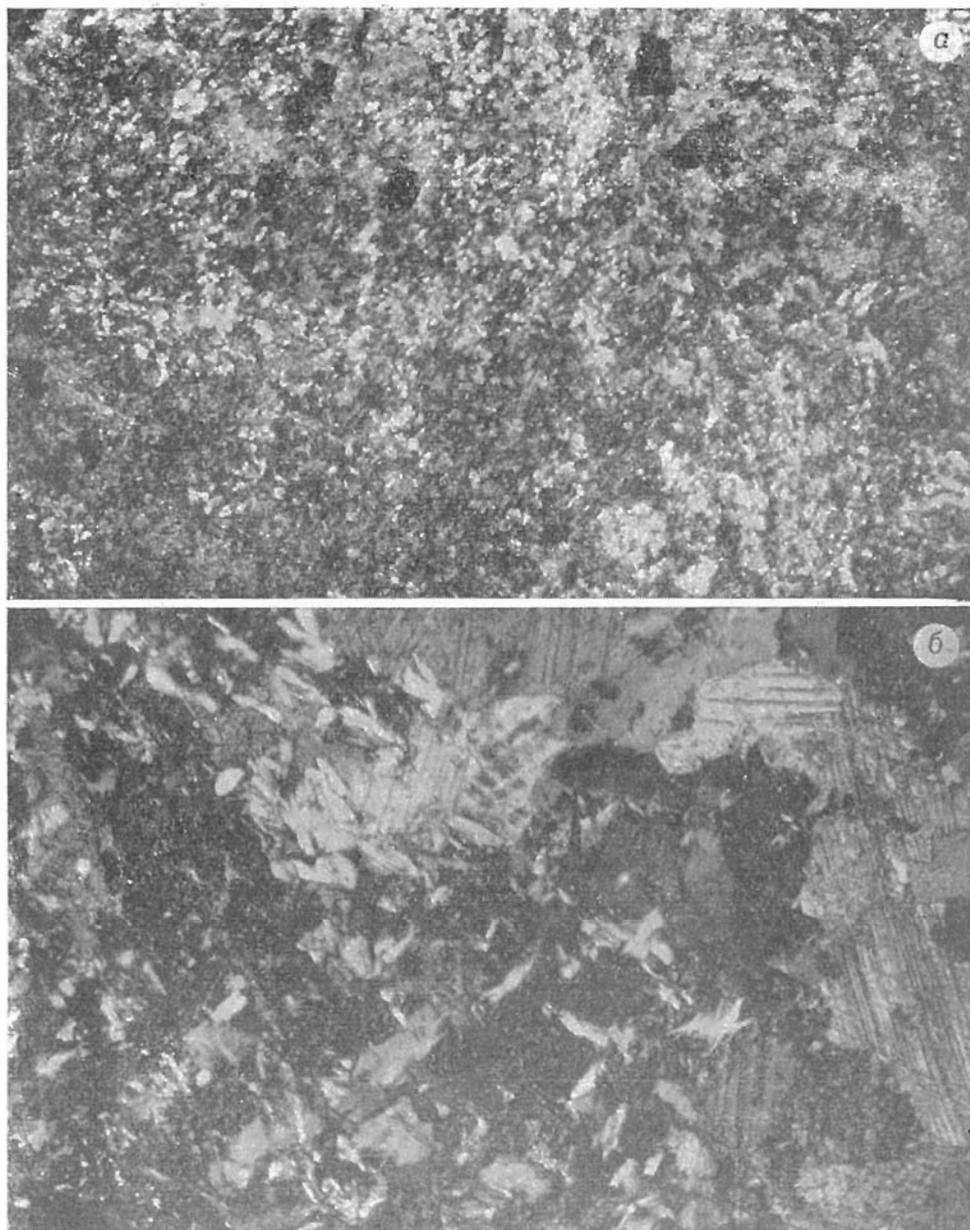


Рис. 25. Порфирит из экзоконтактового отрицательного ореола золота. Бериккульское месторождение.

a — обособленные карбонатные агрегаты (серое) с пиритом (черное). Ув. $\times 73$; *б* — чешуйки серицита в кварце из кварц-карбонатного агрегата. Николит. Ув. $\times 123$.

ним количеством карбоната (15—25%) и кварца (5—8%). Альбит присутствует в незначительных количествах. Для всего ореола характерны обособленные агрегаты кварцевого, карбонатного и кварц-карбонатного состава с сульфидами, присутствующими главным образом в этих агрегатах (рис. 25). В серицитовой массе пирит, магнетит и ильменит образуют мелкие неправильные зерна, но вблизи обособленных кварц-карбонатных агрегатов зерна сульфида укрупняются до 1—1,5 мм и приобретают более правильную форму. Прилегающие к ним участки породы очищены от рудных, а лейсты серицита основной массы укрупняются. Кар-

богатые жилки с правильными и наиболее крупными выделениями пирита пересекают кварцевые зерна. В отрицательном экзоконтактовом ореоле пирит по сравнению с положительным ореолом очень обеднен золотом (см. рис. 13). В этом ореоле наблюдается наибольшее количество сфена.

Большая часть компонентов химического состава порфиритов в рассматриваемом ореоле золота характеризуется резким понижением содержания, что отчетливо видно на рис. 19—22. В результате вдоль контактов жил образуются полосы пород, значительно обедненных многими элементами, в том числе кремнеземом и алюминием. Только содержания калия, углекислоты и воды в экзоконтактах жил резко возрастают. На рис. 19—22 видно, что этому возрастанию концентрации калия, как правило, предшествует некоторое ее понижение.

Таким образом, в экзоконтактах жил, где развиваются отрицательные ореолы золота и многих других элементов, максимума достигают изменения вмещающих пород, присущие месторождению в целом — серицитизация, карбонатизация и др. Вместе с тем обнаруживаются изменения совершенно иного характера, существенные лишь этим участкам пород. К их числу относятся появление в ощутимых количествах кварца, увеличение количества и размеров зерен пирита, широкое развитие обособленных кварцевых, карбонатных и кварц-карбонатных с сульфидами агрегатов как результат интенсивной перегруппировки материала. Она сопровождается значительным изменением не только минерального, но и химического состава исходных пород.

Около богатых участков жил распределение породообразующих элементов нередко осложняется, отклоняясь от приведенной схемы. На фоне обедненных полос наблюдается повышение содержания основных компонентов жил, в том числе золота, кремнезема, кальция, сульфидной серы и железа. При этом в некоторых случаях понижается количество калия.

Итак, интенсивность изменения минерального состава порфиритов и перераспределение в них элементов растут по направлению к жилам. При близости количеств привнесенного и вынесенного материала повсюду, хотя и незначительно, преобладает вынос. Даже на удалении более 10 м от жил, где менее всего проявлены минеральные преобразования порфиритов, привнос вещества в 2 раза меньше, чем его вынос. Здесь, как видно из табл. 21, для порфиритов характерен и наименьший объемный вес. Только в высших боках жил в интервале 5—0,5 м (сводный разрез) количество привнесенного материала на треть преобладает над вынесенным. Соответственно наблюдается и наибольший объемный вес порфиритов.

Все это убедительно свидетельствует о мобилизации вещества в наиболее активную область — к тектонически ослабленным участкам, где впоследствии были образованы жилы.

Ореолы золота на Оганчинском месторождении вкрест простирания рудных тел имеют такую же морфологию, как и на Бериккульском. По мере удаления от жил экзоконтактовые отрицательные ореолы золота сменяются его положительными ореолами, в которых концентрация благородного металла достигает граммов на тонну. Положительные ореолы затем вновь сменяются участками с очень низким (ниже региональных фоновых) содержанием золота — внешними отрицательными ореолами. Еще далее от жил содержание золота в породах повышается до местного фона и выше.

Распределение золота вкрест простирания рудных тел на Оганчинском месторождении контролируется, в общем, теми же факторами, что и на Бериккуле: проявлением гидротермального метаморфизма вмещающих пород, предшествующего образованию рудных тел. Проилитизация, развитая на всей площади месторождения, по мере приближения к жилам усиливается. В пределах положительных ореолов наиболее интенсивно выражены хлоритизация и карбонатизация, причем последняя преобла-

дает во внутренней части этих ореолов. В экзоконтактных отрицательных ореолах на кварц-серицитовые зоны наложены новые изменения, выразившиеся в развитии агрегатов укрупненных зерен, а также жилков кварц-карбонатного состава.

Изменения химического состава пород Оганчинского месторождения, как и минералогии, в общем аналогичны таковым Бериккульского месторождения (рис. 26). Различие состоит, главным образом, в ширине положительных и отрицательных ореолов. Они несколько шире на Оганчинском месторождении. Это можно объяснить более высокой пористостью молодых вулканогенных пород Камчатки по сравнению с древними порфиритами Марининской Тайги.

Ореолы золота на Погромном месторождении нами изучены относительно штокверковой зоны в целом. Она окаймляется полосой пород, обедненных золотом, т. е. отрицательным ореолом (рис. 27). Ширина этого ореола порядка 50 м. За отрицательным ореолом прослеживаются высокие содержания золота в породах — 200 мг/т и более. Основными концентраторами золота являются пирит и арсенопирит, неравномерно рассеянные в породах месторождения. Выявленная ширина данного положительного ореола составляет 250—300 м, а протяженность 2—3 км. Истинные его размеры не установлены.

В экзоконтактных ореолах отдельных рудных тел в пределах штокверковой зоны содержания золота также падают. Особенно обеднены им породы в случае сближенных рудных тел. Ширина экзоконтактных отрицательных ореолов соизмерима с мощностью рудных тел. В остальной массе породы штокверковой зоны концентрация золота соответствует его содержаниям в положительном ореоле (см. табл. 15).

На Васильевском месторождении эффузивные породы залегают только в лежачем боку рудной зоны и не являются рудовмещающими. Поэтому здесь представилось возможным изучить распределение золота в эффузивах только в одну сторону от рудного тела. На рис. 28 обращает внимание широкий (до 35 м) отрицательный ореол в лежачем боку минерализованной зоны, мощность промышленных руд которой в данном сечении порядка 10 м. Содержание золота в этом интервале в 2 раза и более ниже его регионального фона. Отрицательный ореол в непосредственном контакте с рудными телами осложняется наличием повышенных содержаний золота в интервале 1—1,5 м, который соответствует минерализованной тектонической зоне, расположенной в лежачем боку рудного тела.

Ореол с аномально низким содержанием золота контролируется в различной степени лиственитизированными сиенит-порфирами и порфиритами. В незначительных количествах здесь развивается хлорит. Довольно часто обнаруживаются существенно карбонатные, с подчиненным количеством кварца, жилки и агрегаты. Вкрапленники пирита неравномерно рассеяны по породе и интенсивно корродированы карбонатом, развитым по основной массе эффузивов.

С удалением от рудного тела примерно в 40 м отрицательный ореол золота сменяется его положительным ореолом, ширина которого также равна 40 м. В отличие от предыдущего интервала порфириты здесь более интенсивно окварцованы. Где более активно проявлена наложенная на окварцевание карбонатизация, там содержание золота в положительном ореоле снижается, а коррозия рассеянных сульфидных вкрапленников заметно возрастает. Примером является участок в 65 м от рудного тела, разделяющий положительный ореол на две части.

Далее от рудной зоны содержание рассматриваемого элемента вновь понижается до регионального фона и ниже. Здесь лиственитизация порфиритов выражена гораздо слабее, чем в описанных выше ореолах.

Таким образом, в месторождениях типа минерализованных зон распределение золота в эффузивных породах вкрест простирания рудных тел подчиняется тем же закономерностям, что и в месторождениях жиль-

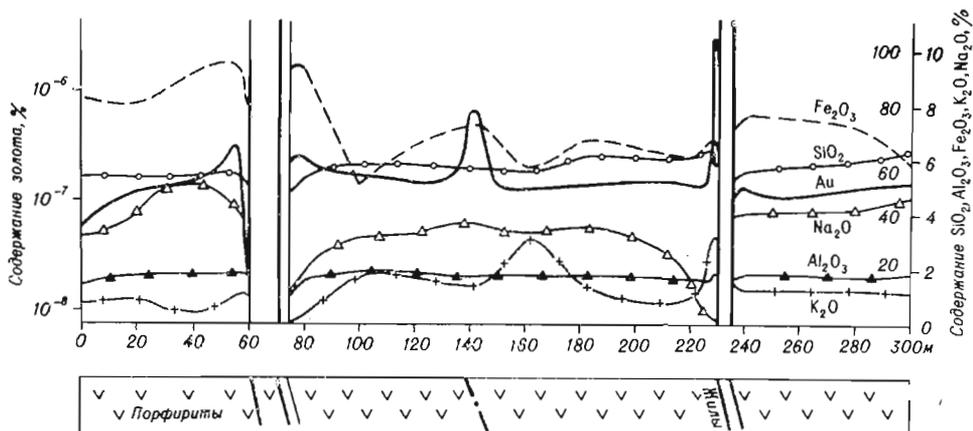


Рис. 26. Распределение золота и породообразующих элементов вкост простирания жил Оганчинского месторождения. (Содержания SiO_2 и Al_2O_3 см. в колонке 0—20—100%, а Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O — 0—2—10%).

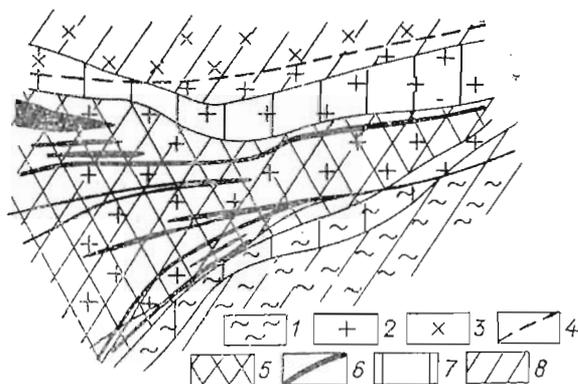


Рис. 27. Ореолы золота штокверковой зоны Погромного месторождения.

1 — углисто-глинистые сланцы с прослоями туфопесчаников; 2 — кварцевые порфиры и их туфы; 3 — кварцевые диориты Ундинского комплекса; 4 — северный разлом; 5 — штокверковая зона; 6 — золоторудные тела; 7 — отрицательный ореол золота; 8 — положительный ореол золота.

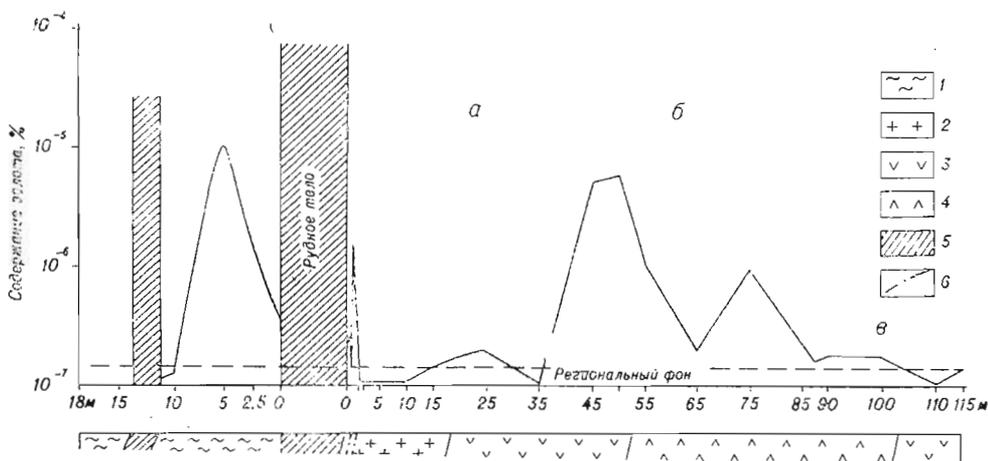


Рис. 28. Распределение золота в эффузивах Васильевского месторождения.

1 — углисто-глинистые сланцы; 2 — сиенит-порфиры; 3 — порфиры; 4 — диабазовые порфиры; 5 — прожилково-вкрапленные рудные тела; 6 — тектонические нарушения; а — эвако-контактовый отрицательный ореол; б — положительный ореол; в — внешний отрицательный ореол золота.

ного типа. Их отличительной особенностью является значительная ширина, превышающая мощность рудных тел, и менее выраженная контрастность. На месторождениях жильного типа ореолы узкие и очень контрастные.

Ореолы рудных тел, залегающих в интрузивных породах

Ореолы золота в интрузивных породах, как и в эффузивных, контролируются гидротермальноизмененными породами.

Ширина положительных ореолов золота около жильных рудных тел, залегающих в гранитах и гранодиоритах, достигает 15—20 м и более (рис. 29), в габбро — 1—2 м (рис. 30), а экзоконтактовых отрицательных ореолов — 2 м в кислых породах и 0,5 м — в основных. Внешние отрицательные ореолы золота имеют ширину порядка 40—50 м и 10 м соответственно. На примерах Дарасунского и Центрального месторождений рассмотрим, какими измененными породами контролируется тот или иной ореол золота.

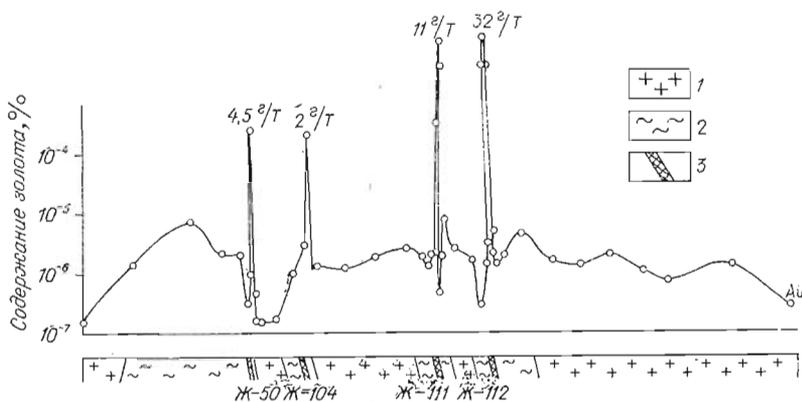


Рис. 29. Распределение золота в гранодиоритах вкост простирания жил Дарасунского месторождения.

1 — гранодиориты; 2 — околожильноизмененные породы; 3 — жилы.

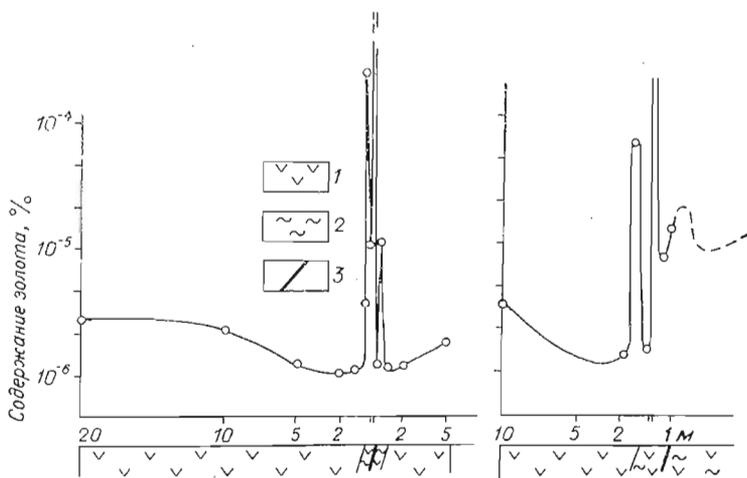


Рис. 30. Распределение золота вкост простирания жилы № 223. Дарасун.

1 — габбро; 2 — околожильноизмененная порода; 3 — жила.

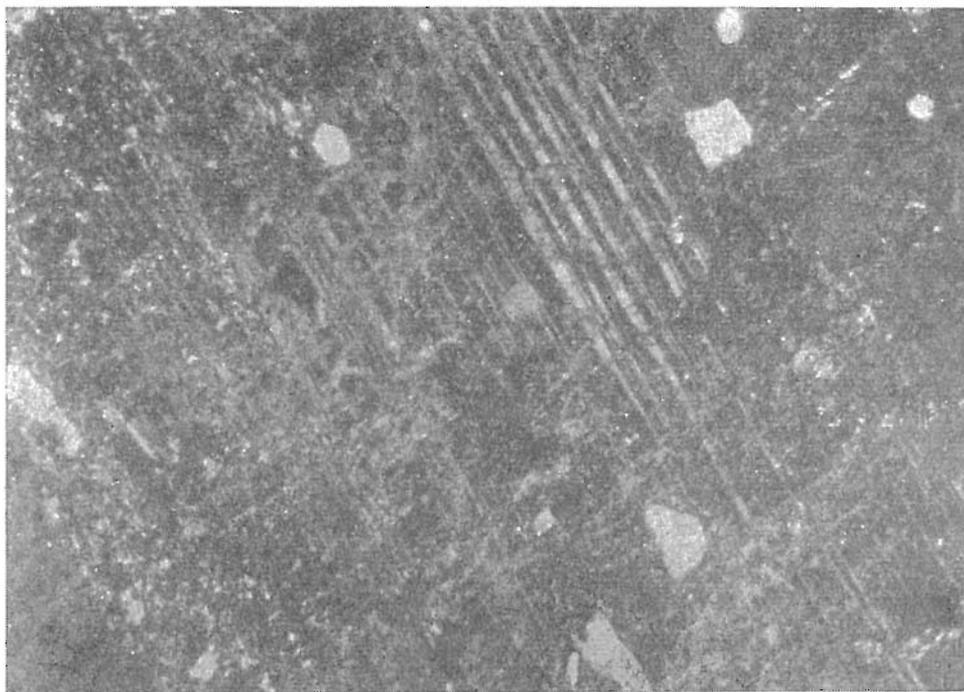
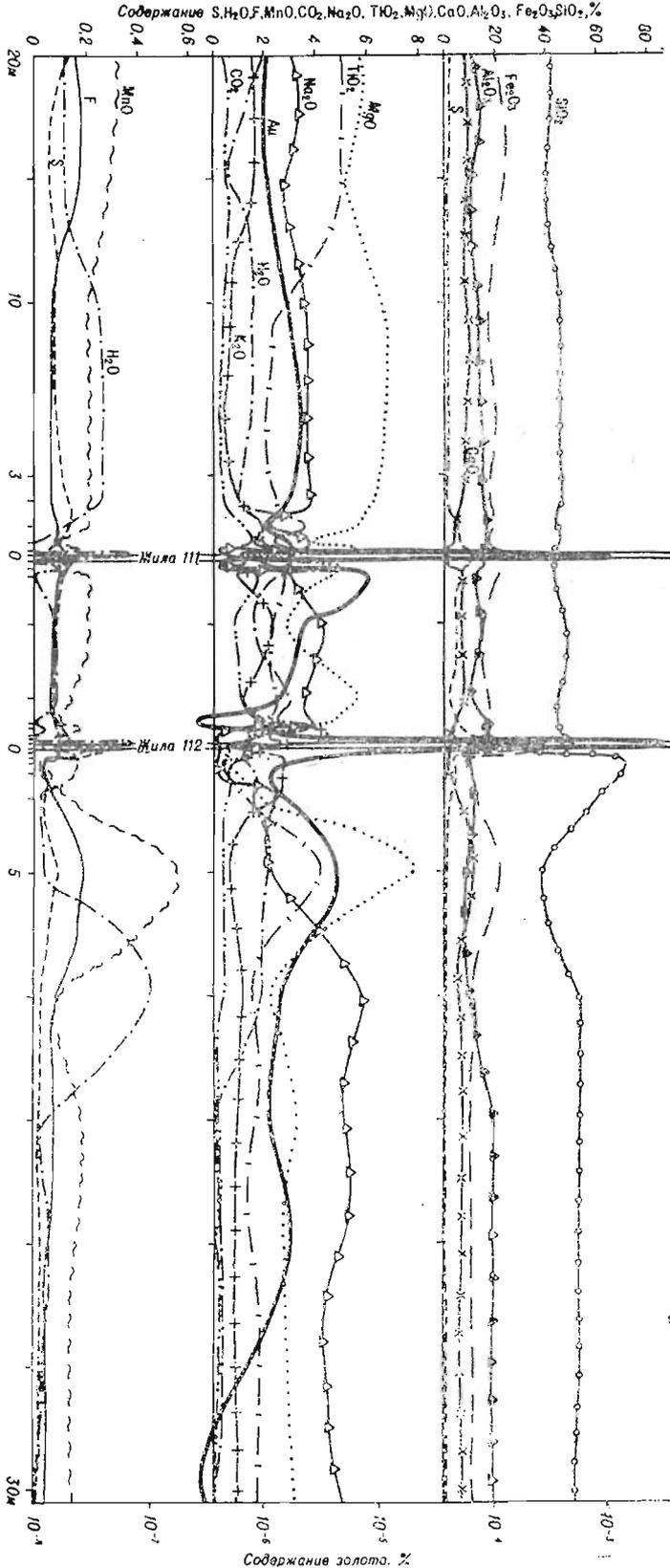


Рис. 31. Гранодиорит из внешнего отрицательного ореола золота Дарасунских жил. Плагноклаз слабо серицитизирован.

Для внешних отрицательных ореолов золота около жил Д а р а с у н с к о г о месторождения характерны серицитизация и слабая хлоритизация пород. По мере приближения к жилам увеличивается степень изменения пород (рис. 31) и несколько повышается содержание золота, титана, марганца, магния и кристаллизационной воды. В отличие от внешних отрицательных ореолов в порфиритах Берикунского месторождения, в гранодиоритах Дарасуна содержание углекислоты и калия с приближением к жилам заметно не изменяется (рис. 32).

В положительных ореолах золота хлоритизация и особенно серицитизация проявлены настолько интенсивно, что с трудом удается установить первичный состав породообразующих минералов. Наряду с этими процессами широко развиты окварцевание и пиритизация, несколько меньше — карбонатизация вмещающих пород. При этом чем интенсивнее проявлено изменение пород, тем больше содержание в них золота. Его максимальные концентрации связаны с березитами. В пределах этих ореолов породы теряют свою первичную структуру, приобретая мелкозернистое строение (рис. 33). Кварц нарастает на зерна сульфидов, почти не корродируя их (рис. 34, а). Основным концентратором золота в положительных ореолах является пирит, содержание в котором составляет граммы на тонну. Совместно с золотом в описываемых ореолах из породообразующих элементов повышаются количества тех же элементов, что и в соответствующих ореолах Берикунского месторождения (углекислоты, калия, серы, фтора, железа, кальция и др. — табл. 22). Кроме того, здесь обнаруживается увеличение концентраций магния, что связано с более интенсивным проявлением хлоритизации. Из главных элементов руд золото коррелирует со свинцом, значительно слабее — с серебром и цинком (табл. 23).

В экзоконтактных отрицательных ореолах повышение интенсивности ранее отмеченных процессов приводит к образованию березитов. Вместе



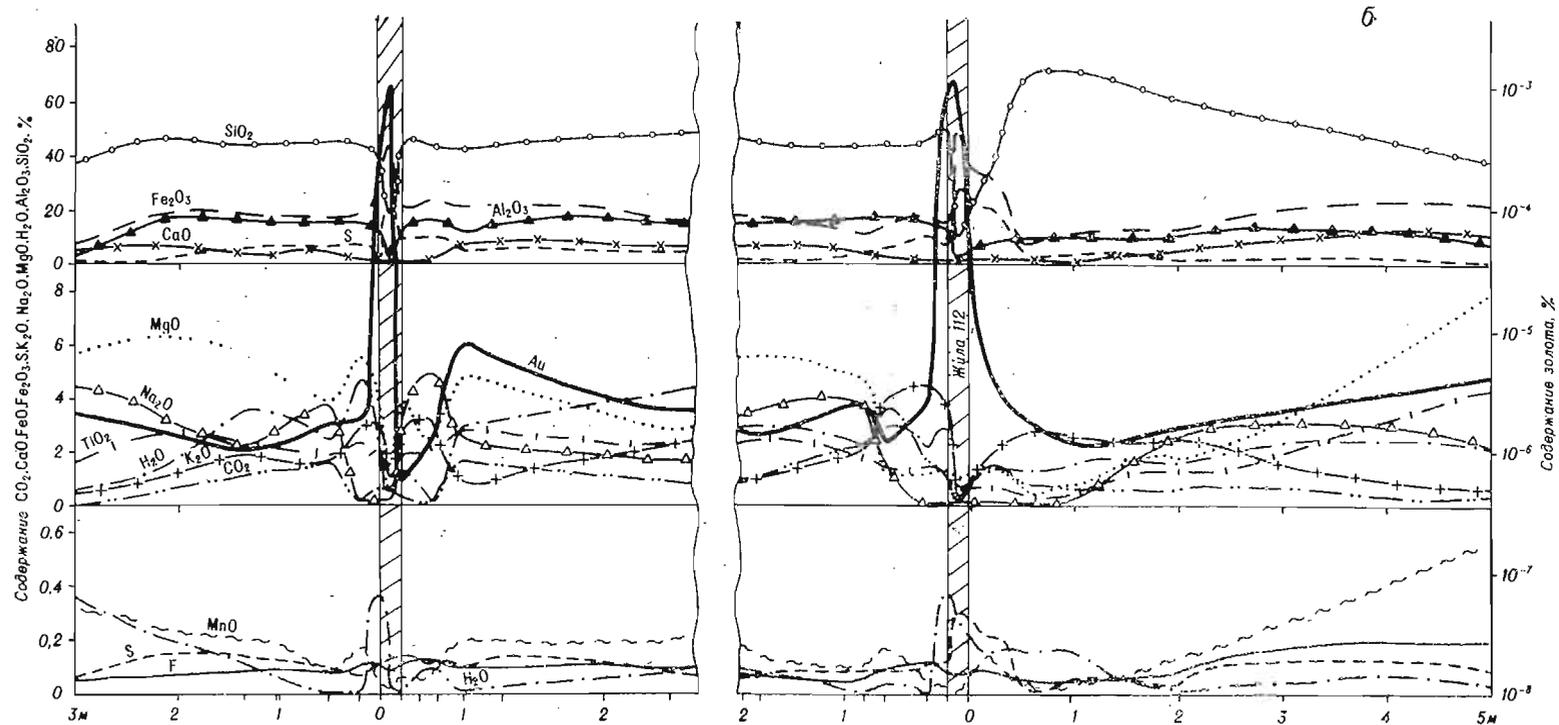


Рис. 32. Распределение золота и породообразующих элементов вкост простирания жил Дарасунского месторождения.
 а — общий вид; б — увеличенная деталь оноложильного интервала.

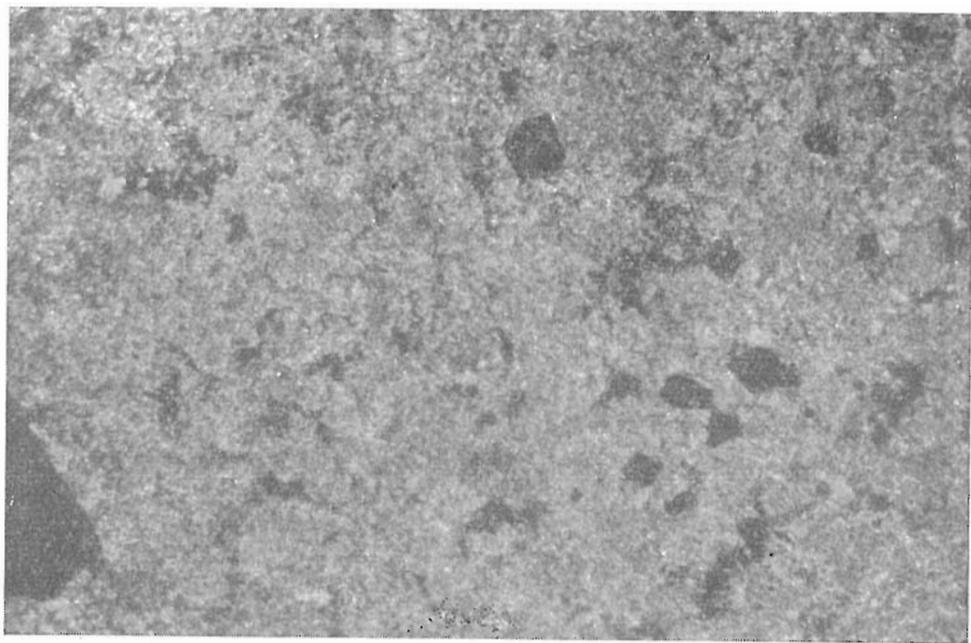


Рис. 33. Гранодиорит из положительного ореола золота. Дарасун, 5 м от жилы. Черное — зерна пирита. Остальная мелкозернистая масса представлена смесью серицита, хлорита, кварца, карбоната и других вторичных минералов. Николы+. Ув. $\times 100$.

с тем размер зерен кварца возрастает, и они часто обособляются в самостоятельные агрегаты среди серицитовой массы. Количество пирита немногим больше, чем в положительных ореолах, но там, где он сопровождается относительно крупнозернистыми агрегатами кварца, его зерна в значительной степени разъедены и переотложены с образованием скелетных кристаллов (см. рис. 34,б). Золото в этих пиритах составляет всего лишь десятые доли грамма на тонну.

Содержания большинства породообразующих элементов — натрия, кальция, магния, железа, марганца, алюминия и конституционной воды — в рассматриваемых ореолах падают (см. рис. 32). Но при этом значительно возрастают количества углекислоты, сульфидной серы, калия, кристаллизационной воды и, в отличие от Берикуля и Оганчи, кремнезема. Его содержания резко понижаются только в непосредственных контактах с жилами, а этому предшествует положительный пик, развивающийся лишь в отрицательных ореолах золота. Одновременно с кремнеземом в приконтактных участках снижаются содержания и калия.

Околожилные изменения гранодиоритов Центрального месторождения охарактеризованы Н. А. Розановой (1965). По ее данным, в 40 м от жил, что соответствует выделенным нами внешним отрицательным ореолам золота, серицит, хлорит и эпидот составляют 5,7%, рудные — 0,9%.

В положительных ореолах золота плагиоклаз значительно серицитизирован. В отдельных случаях по плагиоклазу развивается эпидот, по роговой обманке — биотит, хлорит, эпидот и кварц. Серицит составляет около 50%, хлорит — 4,8, биотит — 2,4, пирит — 0,8%. В химическом составе по сравнению с предыдущим интервалом увеличивается содержание кальция, магния, закисного железа и титана. Содержание кремнезема несколько повышается.

Далее к жиле интенсивность процессов изменения гранодиоритов возрастает, и они, как и на Дарасунском месторождении, превращаются

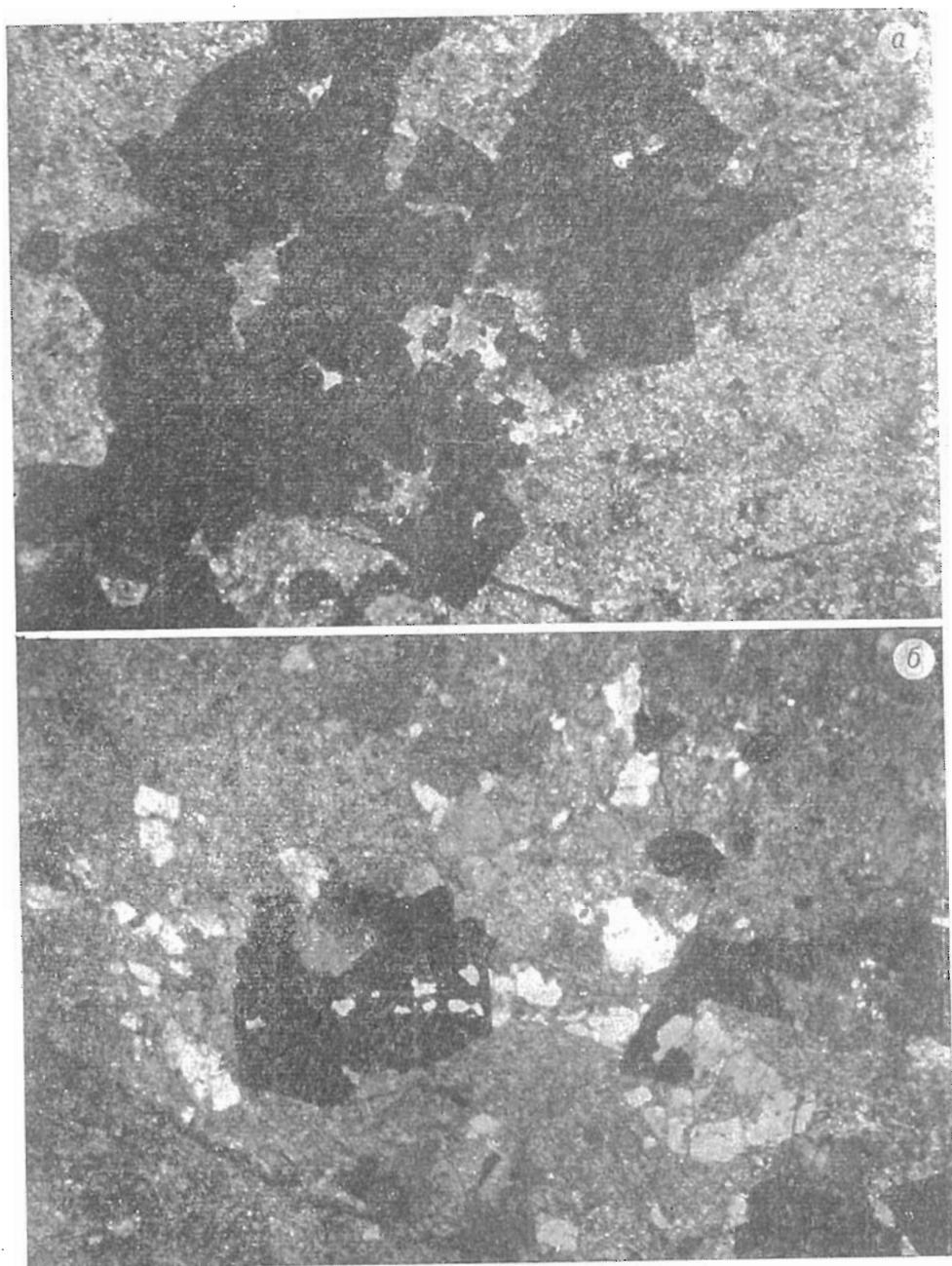


Рис. 34. Граудиорит из положительного (а) и экзоконтактового отрицательного (б) ореолов золота Дарасунского месторождения в 2 и 0,5 м от жилы соответственно. Ср. форму пирита (черное) и размер зерен кварца (белое). Никол+. Ув. $\times 45$.

в березит. Его состав: серицит с примесями других вторичных минералов — 60,8%, кварц — 25, кальцит — 5,2, хлорит — 3,9, пирит — 0,7%. Этот интервал является экзоконтактовым отрицательным ореолом золота. Для него, как и на предыдущих месторождениях, характерно увеличение содержания углекислоты и калия (вода и сера Н. А. Розановой не определялись) с одновременным уменьшением большинства других породообразующих элементов (см. табл. 22).

Изменение химического состава вмещающих пород в положительном и отрицательном ореолах золоторудных тел

Месторождение	Порода	Внешний отрицательный ореол			Положительный ореол			Экзоконтактный отрицательный ореол		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Бериккульское	Порфириды	S, CO ₂ , K ₂ O, MgO, TiO ₂	Na ₂ O, Fe, Al ₂ O ₃ , MnO, H ₂ O, CaO, F	SiO ₂	S, CO ₂ , MnO, K ₂ O, F, CaO, TiO ₂ , H ₂ O, FeO, Al ₂ O ₃	Na ₂ O, MgO, Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CO ₂ , K ₂ O, H ₂ O	Na ₂ O, CaO, SiO ₂ , Fe, Al ₂ O ₃	S
Оганчинское	»				K ₂ O, MnO, SiO ₂ , Fe	Na ₂ O, CaO, MgO		K ₂ O	SiO ₂ , CaO, Fe, Na ₂ O	Al ₂ O ₃
Дарасунское	Гранодиориты	MgO, MnO, H ₂ O, TiO ₂	CaO, Fe ₂ O ₃ , H ₂ O, Al ₂ O ₃	CO ₂ , K ₂ O, S, SiO ₂ , Na ₂ O, F	K ₂ O, CO ₂ , S, Fe, F, CaO, MgO, MnO, H ₂ O, TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃ , Na ₂ O	S, CO ₂ , K ₂ O, H ₂ O, SiO ₂	Na ₂ O, MgO, MnO, Fe, TiO ₂ , H ₂ O, F, Al ₂ O ₃	
Центральное	»				MgO, CaO, FeO, TiO ₂ , H ₂ O, S	CO ₂ , SiO ₂	K ₂ O, MnO, Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃	K ₂ O, H ₂ O, CO ₂ , S	SiO ₂ , CaO Na ₂ O, MgO, CaO, Fe, Al ₂ O ₃ , MnO	SiO ₂ , TiO ₂
Бакырчицкое	Алевролиты, песчанки				S, F, CO ₂ , MnO MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	TiO ₂ , FeO	SiO ₂ , K ₂ O, Na ₂ O	S, Al ₂ O ₃ , K ₂ O, F, H ₂ O, TiO ₂ , Fe ₂ O ₃	CO ₂ , MnO, MgO, CaO, FeO	SiO ₂ Na ₂ O
Южно-Бесанское	»	S	CO ₂ , MgO, CaO, TiO ₂ FeO, K ₂ O	Na ₂ O, F, Al ₂ O ₃ , SiO ₂	S, K ₂ O, MgO, F, CaO, FeO, TiO ₂	CO ₂ , SiO ₂ , Al ₂ O ₃	Na ₂ O	S, F, K ₂ O, CaO	Na ₂ O, MgO, FeO, CO ₂ Al ₂ O ₃ , SiO ₂	TiO ₂

Примечание. I—привнос элементов; II—вынос элементов; III—содержания элементов остаются без изменений.

Коэффициенты корреляции элементов в положительных ореолах жил Дарасунского месторождения (по данным 40 химических анализов)

Элемент	Ag	Pb	Zn	As	\bar{x}	σ
Au	0,37	0,78	0,22	0,02	0,63	0,91
Ag		0,36	0,58	0,03	81,6	257,2
Pb			0,16	0,14	1,35	2,22
Zn				0,22	0,51	0,94
As					1,82	2,55

Примечание. \bar{x} для Au и Ag в г/т, а Pb, Zn и As — в %.

Таким образом, аналогично Дарасунскому месторождению, для внешних отрицательных и положительных ореолов золота Центрального месторождения характерны усиливающиеся к жилам, главным образом, процессы серицитизации, хлоритизации и пиритизации рудовмещающих пород. В экзоконтактных отрицательных ореолах наряду с выше названными изменениями заметно развивается карбонатизация.

Эндогенные ореолы золота вокруг прожилково-вкрапленных рудных тел, залегающих в изверженных породах, намного шире соответствующих ореолов жильных рудных тел. Как и в эффузивах, для данного морфологического типа руд также уменьшается контрастность положительных и отрицательных ореолов, что согласуется с более равномерным и низким содержанием золота в прожилково-вкрапленных рудах по сравнению с жильными. Примером являются ореолы рудных тел Илийского, Ключевского и Козловского месторождений.

По данным А. И. Шевцова, на Илийском месторождении между рудным телом и его положительным ореолом отчетливо вырисовывается зона с пониженным содержанием золота шириной от 1 до 11 м (рис. 35). Аналогичные полосы обедненных золотом пород наблюдались нами на Козловском и Ключевском месторождениях (рис. 36,а). Положительные ореолы рудных тел названных месторождений, как и на штокверковом Погромном месторождении, занимают большую площадь (см. рис. 36,б). Приведенные здесь положительные ореолы не отражают их истинных размеров. Они оконтурены по содержанию золота свыше 100 мг/т, тогда как местный фон здесь составляет десятки миллиграммов на тонну. Большие размеры положительных ореолов связаны с развитием широких полей вкрапленной сульфидной минерализации и окварцевания в данном морфологическом типе месторождений (Петровская и др., 1969).

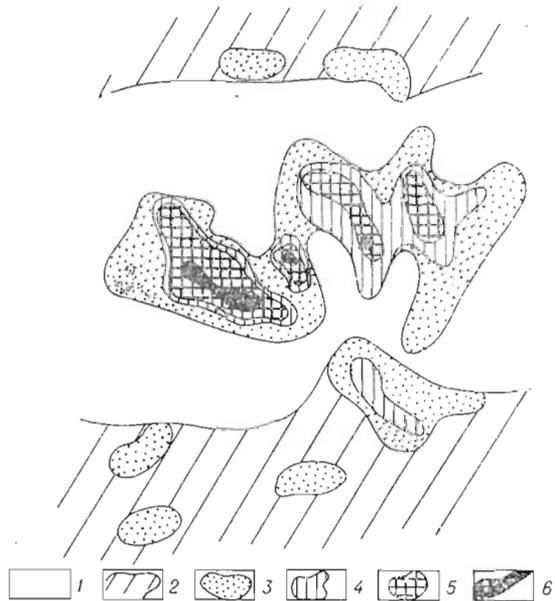


Рис. 35. Ореолы золота одного из рудных тел Илийского месторождения (построены по данным А. И. Шевцова).

1 — экзоконтактный отрицательный ореол; 2 — положительный ореол; содержание золота (усл. ед.): 1—3(3), 3—10 (4), 10—100 (5), > 100 (6).

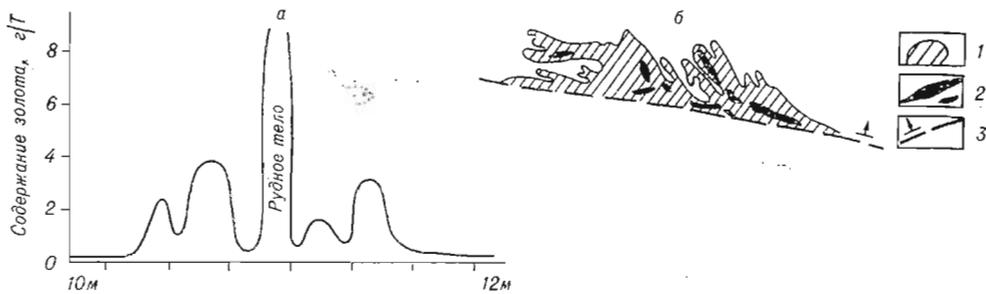


Рис. 36. Ореолы золота одного из рудных тел Ключевского месторождения.

1 — вкрест простирания рудного тела; б — в плане (карьер гор. III по В. А. Борисову, 1968). а — участки с низкими содержаниями золота; 2 — участки с высокими содержаниями золота; 3 — главный широтный разлом и направление его падения. Метраж — от рудного тела.

Э. Мантей и др. (Mantei a. o., 1970) изучили распределение золота в гранодиоритах штока Мэрисвилл (Монтана), в эндо- и экзоконтакте которого локализуются золото-серебряные жилы. В целом породы месторождения (ореол месторождения — *Н. Р.*) характеризуются аномально повышенными содержаниями золота — на несколько порядков выше фоновых. Сами рудные жилы сопровождаются ореолами золота (положительными ореолами — *Н. Р.*), имеющими ширину до 30 м.

Ореолы рудных тел, залегающих в осадочных породах

Ореолы золоторудных жил в песчано-сланцевых толщах рассмотрены на примерах Атбасара, Акжала и Бакырчика.

Жилы Атбасарского рудопроявления, залегающие в песчаниках, кварц-хлоритовых и кварц-серицитовых сланцах, имеют ширину экзоконтактовых отрицательных ореолов до 1,5 м, положительных — до 5 м и более. За положительным ореолом идет внешний отрицательный ореол, ширина которого достоверно не установлена. На рис. 37, а она составляет 3 м. В последнем ореоле появляется лишь начальная стадия гидротермального изменения вмещающих пород, выразившаяся в замещении хлоритом чешуек биотита и слабой перекристаллизации серицита и кварца цемента пород. Встречаются отдельные вкрапленники пирита. В положительных ореолах наряду с усилившимися выше названными изменениями активно проявляется карбонатизация. Иногда количество карбонатов достигает 60%.

Хлорит и биотит встречаются крайне редко, но появляется сфен. Пирит составляет 0,5—1%, большинство его зерен имеет правильную огранку. Для отрицательных экзоконтактовых ореолов характерно присутствие линейно-вытянутых зонков, сложенных крупнозернистым кварцем, укрупненными лейстами серицита и пирита, пересекающих сланцеватость пород. Рассеянный в породе пирит интенсивно корродирован. Роль карбоната существенно понизилась, а хлорит и биотит практически отсутствуют. В непосредственных контактах с жилами количество серицита достигает 60%. Во всех ореолах встречаются отдельные жилки кварц-серицитового состава, секущие все выше названные образования и содержащие тонкую вкрапленность сульфидов.

Таким образом, в рассматриваемых ореолах рудных тел Атбасара наблюдается та же закономерная смена одних минеральных ассоциаций другими по мере приближения к жилам, что и в порфиритах Бериккульского месторождения.

В то же время на Атбасарском рудопроявлении часть жил сопровождается изменениями другого характера, но ореолы золота и в этом случае сохраняют свою морфологию. Эти изменения проявлены в преоб-

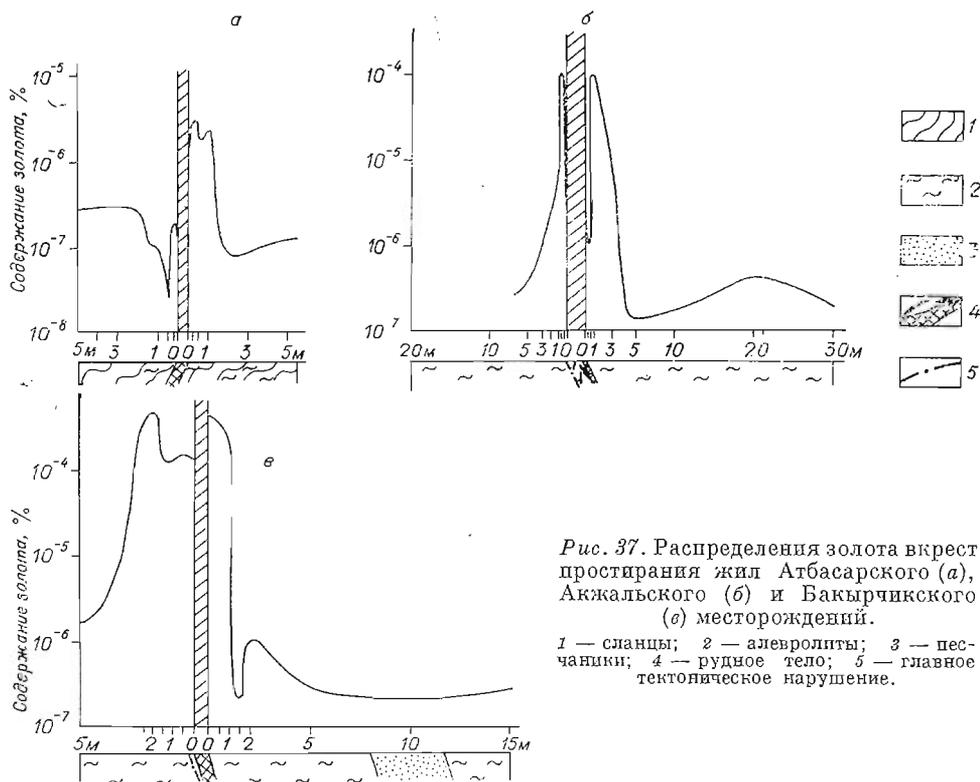


Рис. 37. Распределения золота вкост простирания жил Атбасарского (а), Акжальского (б) и Бакырчикского (в) месторождений.
1 — сланцы; 2 — алевролиты; 3 — песчаники; 4 — рудное тело; 5 — главное тектоническое нарушение.

ладании хлорита и эпидота над остальными новообразованиями в положительных и внешних отрицательных ореолах. В экзоконтактовых отрицательных ореолах эпидота становится намного меньше, а количество хлорита достигает 70% от общего объема породы. Появляется до 20% серицита и переменное количество крупнозернистого кварца. Довольно часты кварц-хлоритовые и кварц-серицит-хлоритовые прожилки с сульфидами. Вкрапленники сульфидов, рассеянные по породе, сильно корродированы.

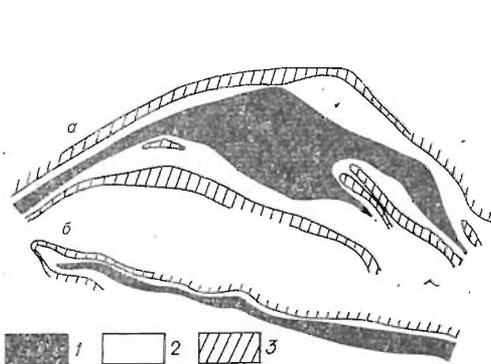


Рис. 38. Ореолы золота прожилково-вкрапленных рудных тел Бакырчикского месторождения (по данным пробирных анализов, выполненных Бакырчиским комбинатом). а — рудное тело № 1, гор. 351 м; б — рудное тело карьера № 5, гор. 340 м; 1 — рудные тела; 2 — экзоконтактовые отрицательные ореолы золота; 3 — положительные ореолы золота.

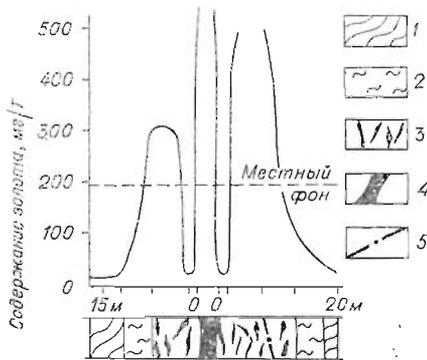


Рис. 39. Схема геологического строения одной из штоковерково-жилых зон Муурунтау и распределения в ней золота (северо-западная стенка карьера, гор. 540 м).

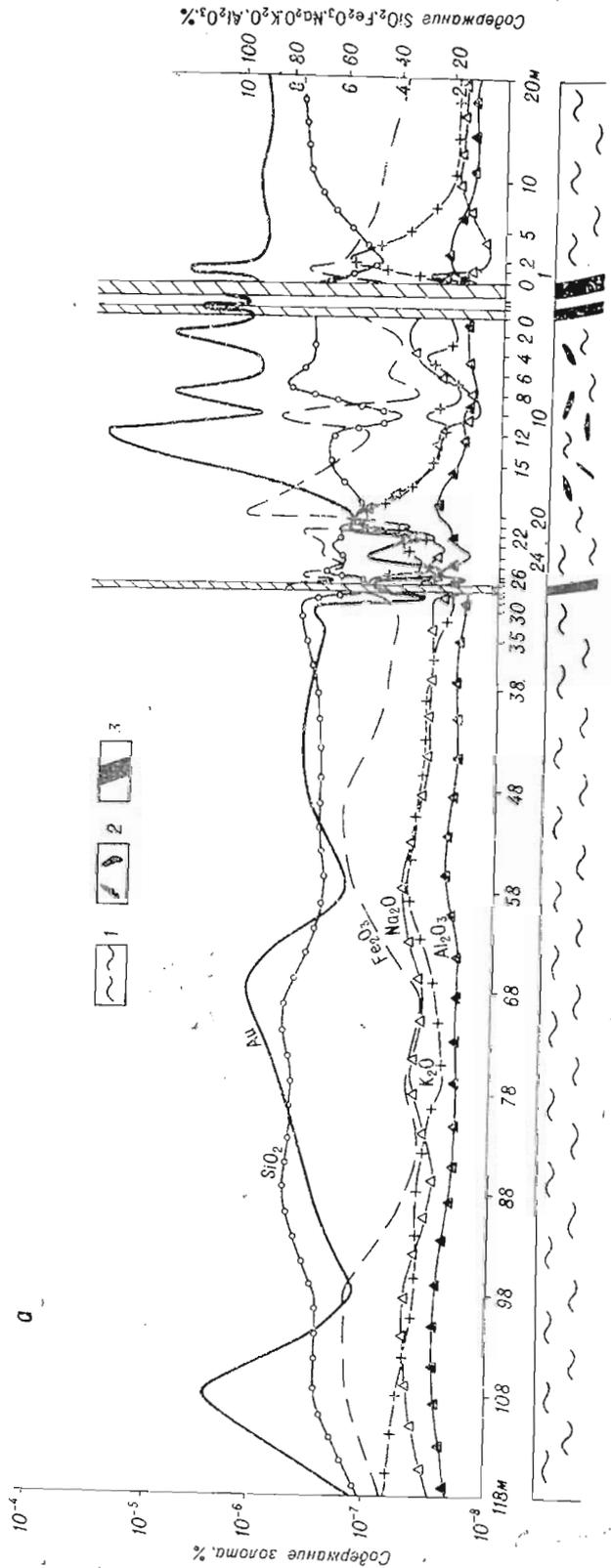
1 — углисто-глинистый алевролит; 2 — околожильноизмененный алевролит; 3 — штоковерковая зона; 4 — кварцевая жила; 5 — тектоническое нарушение.

В песчано-сланцевых породах Акжальского месторождения ширина экзоконтактовых отрицательных ореолов около 1 м, а положительных — 3—5 м. Внешние отрицательные ореолы с содержанием золота, близким к региональному фону, имеют ширину порядка 10 м (см. рис. 37, б).

Одиночные жилы Бакырчикского месторождения сопровождаются ореолами, по морфологии и размерам аналогичными атбасарским и акжальским (рис. 37, в).

Вокруг прожилково-вкрапленных рудных тел Бакырчика четко вырисовываются экзоконтактовые отрицательные ореолы средней мощностью около 4 м (по 25 разрезам карьеров). Они окаймляются положительными ореолами, имеющими, по данным пробирного анализа, примерно такую же мощность (рис. 38).

По мере приближения к рудному телу изменяется содержание почти всех породообразующих элементов, кроме кремнезема и натрия. В положительных ореолах накапливаются CO_2 , CaO , S , F , MgO , MnO , Fe_2O_3 и Al_2O_3 . Содержание TiO_2 и FeO уменьшается. Экзоконтактовые отрицательные ореолы, кроме золота, обеднены еще и CO_2 , MgO , MnO и FeO . В повышенных количествах отмечаются S , K_2O , Fe_2O_3 , H_2O , Al_2O_3 , TiO_2 . Концентрация F , как и в положительных ореолах, растет к рудным телам, но у самого их контакта уменьшается.



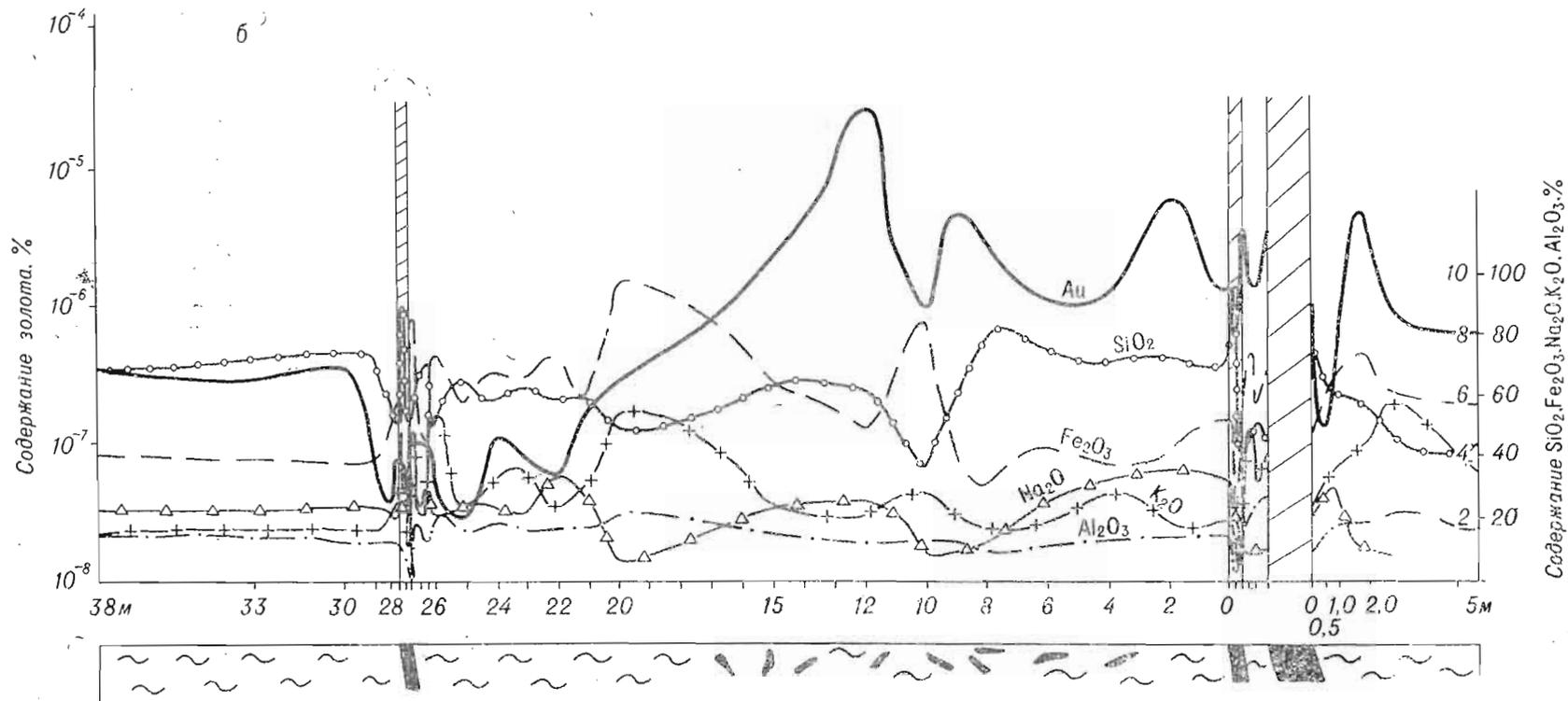
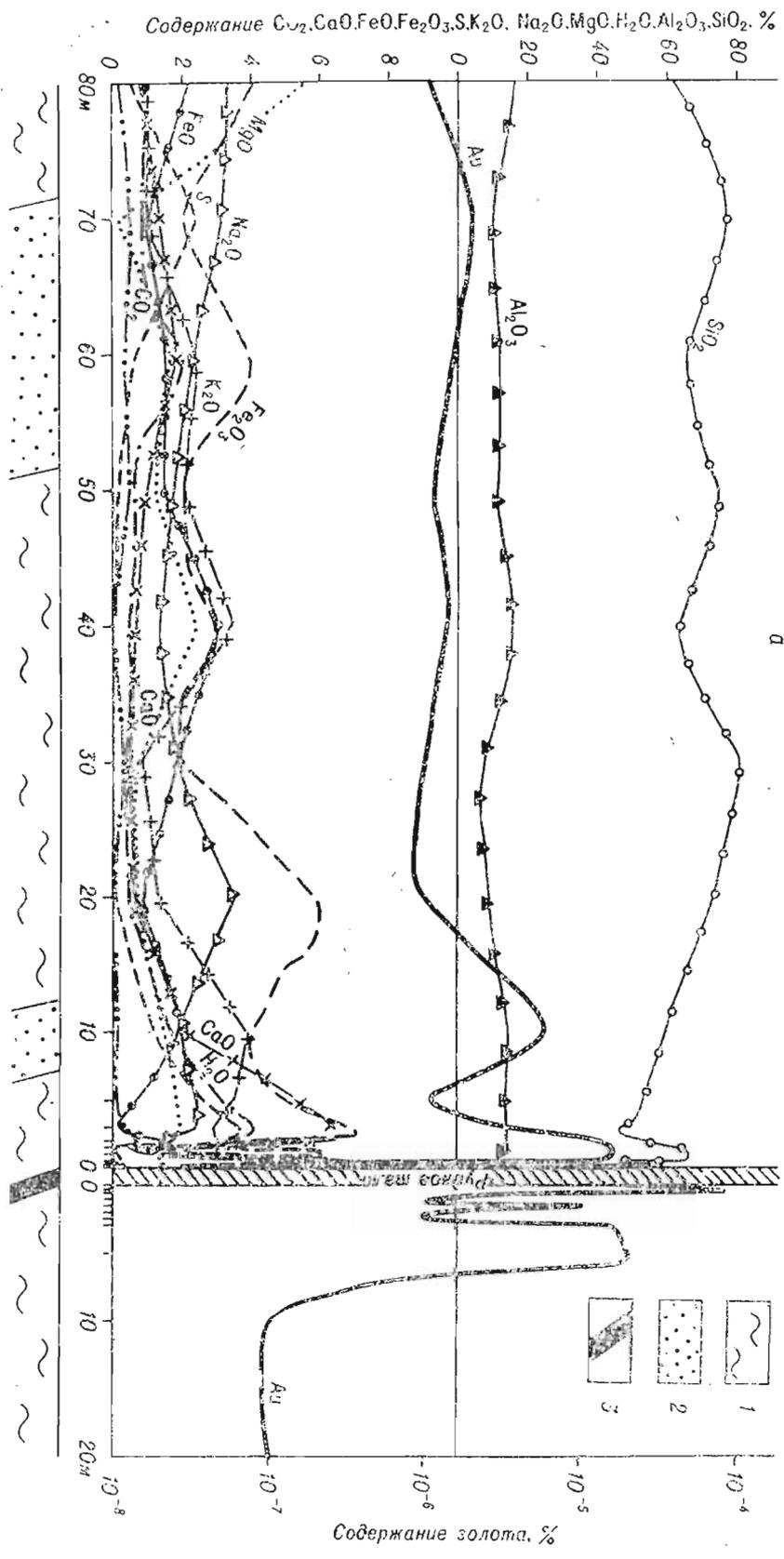


Рис. 40. Распределение золота и породообразующих элементов вкост простирания штокверково-жильной зоны Южного Беслана (SiO_2 и Al_2O_3 см. по шкале 20—100%).

a — общий вид; — увеличенная деталь околорудного интервала. 1 — песчано-сланцевая толща; 2 — штокверково-жильная зона; 3 — кварцевые жилы.



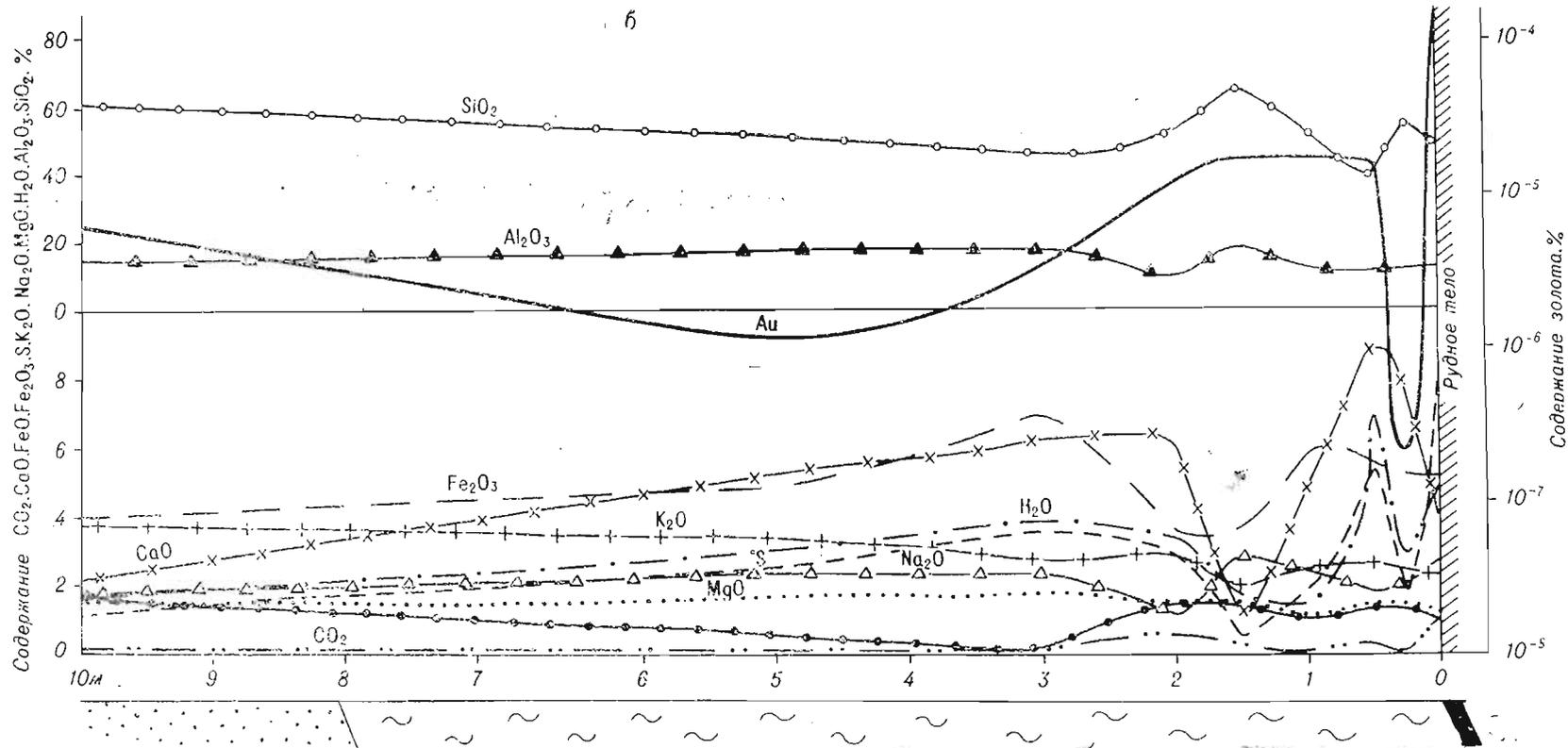


Рис. 41. Схема распределения золота и породообразующих элементов вкрест простирания жил Южно-Бесапанского месторождения. а — общий вид; б — увеличенная деталь околожильного интервала. 1 — сланцы; 2 — песчаники; 3 — жила;

В Мурнтау, как и на Погромном, штокверковая зона в целом окаймляется полосами пород, обедненных золотом. Эта закономерность подробно исследована Х. К. Каримовым (1972). Около отдельных штокверково-жилльных рудных тел в пределах этой зоны содержания золота также низки. При этом около крупных жил, заключенных внутри штокверкового рудного тела, в свою очередь содержания более низкие, чем в остальной части штокверкового тела (рис. 39). Это явление очень интересно и до некоторой степени помогает понять процесс образования ореолов, что будет рассмотрено далее.

Аналогичная картина наблюдается на Южно-Бесапанском и Жолпак-Тюбекском месторождениях (рис. 40—42).

Перераспределение породобразующих элементов в ореолах рудных тел Мурунтауского рудного поля покажем на примере Южно-Бесапанского месторождения. Из рис. 40 и 41 видно, как с приближением к рудным телам вне зависимости от ореолов золота растет содержание серы и уменьшается количество углекислоты. Но в непосредственных контактах штокверковых рудных тел и заключенных в них жил количество серы значительно сокращается, а углекислоты, наоборот, повышается. Закисное железо по ореолам распределяется подобно золоту. Остальные породобразующие элементы ведут себя иначе. Во внешних отрицательных ореолах уменьшается содержание магния, кальция, титана, иногда калия, а в положительных — только в отдельных случаях кремнезема и алюминия. Совместно с золотом в положительных ореолах накапливаются магний, кальций, калий, титан и очень слабо фтор. Отрицательные ореолы характеризуются разубоживанием содержаний не только золота и железа, но и кремнезема, алюминия, магния и натрия. Накапливаются фтор, кальций и калий.

Итак, в ореолах золота рудных тел, залегающих в осадочных породах, перераспределение почти всех породобразующих элементов возрастает в направлении к рудным телам, как это имеет место в вулканогенных и интрузивных породах. Они, подобно золоту, накапливаются в одних участках и разубоживаются в других. Удаленность этих участков от руд для каждого элемента своя. Образуется сложная картина их распределения в околорудном пространстве и часто отсутствует корреляционная связь породобразующих элементов с золотом. Элементы, слагающие руды, в приконтактной зоне, как правило, образуют отрицательные пики, которым обычно предшествует участок с максимальными их концентрациями.

Ореолы золота около рудных тел, залегающих в метаморфических породах типа гнейсов, нами не изучались. Однако в работе В. А. Буряка (1966), освещающей поведение золота в метаморфических породах Ленского золотоносного района, приведены рис. 12 и 13, на которых видны положительные и экзоконтактные отрицательные ореолы золота около жил.

Главный вывод по распределению золота в околорудном пространстве сводится к следующему. Вне зависимости от минерального состава руд, возраста оруденения, структуры

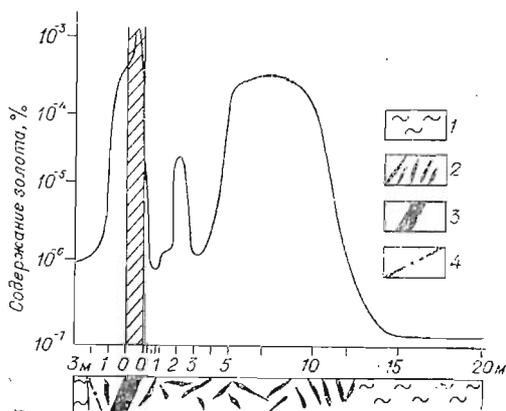


Рис. 42. Распределение золота вкост простирания штокверково-жилной зоны месторождения Жолпак-Тюбе.

1 — сланцы; 2 — штокверково-вкрапленные руды; 3 — золото кварцевая жила; 4 — тектоническое нарушение.

рудного поля, морфологии рудных тел и состава вмещающих пород по специфике распределения золота в околорудном пространстве выделяется три зоны (в направлении к рудным телам): 1) зона с содержаниями золота, близкими к региональному фону—внешний отрицательный ореол; 2) зона, обогащенная золотом,—положительный ореол и 3) зона, значительно обедненная золотом по сравнению с положительным ореолом в непосредственном экзоконтакте рудных тел,—экзоконтактовый отрицательный ореол. В экзоконтактах рудных столбов иногда развиваются наложенные ореолы золота, затушевывающие его отрицательные ореолы.

Это позволяет считать, что закономерная смена ореолов золота одного порядка другими по мере приближения к рудным телам свойственна самым различным гидротермально измененным породам. Его распределение в околорудном пространстве контролировалось не столько характером околорудных изменений, сколько физико-химическими условиями, их вызывающими.

Ореолы золота бывают симметричными и асимметричными относительно рудных тел. Первые наблюдаются у крутопадающих рудных тел, у пологопадающих — более широкие ореолы развиваются в их висячем боку.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В предыдущем разделе настоящей работы основное внимание было сосредоточено на характеристике специфических черт неравномерности распределения золота и их связи с гидротермальным изменением вмещающих пород. Лишь изредка привлекался материал, касающийся взаимоотношений золота с элементами-примесями вмещающих пород.

Эндогенные ореолы таких элементов, как свинец, цинк, медь, мышьяк, сурьма и другие, на золоторудных месторождениях изучались многими исследователями. Некоторые из этих элементов использовались при поисках золотых руд. Однако с целью сопоставления ореолов золота с ореолами других элементов руд в свете новых данных возникает необходимость в рассмотрении и этого вопроса.

Авторы располагают материалами по распределению элементов-примесей в породах всех вышеупомянутых месторождений. Но думается, что будет достаточным показать взаимоотношения золота с этими элементами на примерах Берикунского, Дарасунского, Ключевского месторождений. Для общих выводов будут использованы данные и по другим объектам.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ПОРФИРИТАХ БЕРИКУЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В золотом ореоле рудного поля этого месторождения содержания многих элементов значительно ниже, чем в неизмененных порфиритах. В них цирконий составляет $1/7$ его содержания в неизмененных порфиритах, свинец — $1/5$, медь — $1/3$, кобальт — $1/2$, хром — $3/4$. Цинк, ванадий и галлий находятся примерно в тех же количествах. Дополнительно здесь обнаружены молибден, олово и висмут.

В ореоле месторождения наблюдается тенденция к повышению содержания тех элементов, которые играют существенную роль в первич-

Коэффициенты корреляции между химическими элементами во внешних отрицательных ореолах золота Беркульского месторождения (по данным 18 химических анализов)

Элемент	Fe ₂ O ₃	Pb	F	Ni	Co	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Zn	0,73	0,78				-0,69					
FeO		-0,78	-0,80								
Fe ₂ O ₃		0,80				-0,71	-0,81	0,83	0,83	-0,92	
Sn			-0,78								
Cr				0,85	0,84	-0,71					
Ni					1,0	-0,94	-0,76	0,86	0,80	-0,83	
Co						-0,95	-0,78	0,87	0,82	-0,50	
SiO ₂						0,72					
MgO						-0,89	-0,92				
CaO						-0,81	-0,94	0,89			
Na ₂ O						0,52	0,91	-0,92	-0,94		
K ₂ O						0,67	0,80	-0,81	-0,81		
H ₂ O						-0,68	-0,76		0,87	-0,69	0,83

Примечание. Остальные возможные сочетания коэффициентов корреляции между приведенными в таблице элементами, а также Au, Cu, As, Mo, Y, Yb, S, CO₂ менее первой степени достоверности ($\pm 0,69$).

ных рудах. Сюда в первую очередь относятся мышьяк, серебро, свинец, медь и др. (см. табл. 20). Но, как и у золота, более высокие и неравномерные их содержания тяготеют к рудным телам. По распределению вкрест простирания жил элементы различаются между собой.

Серебро. При чувствительности использованного в данной работе спектрального анализа на серебро, равной 0,0001%, обнаружение его следов во внешних отрицательных ореолах золота только в единичных пробах не позволяет решить вопрос, как распределяется этот элемент в данном интервале. Но, по аналогии с золотом, можно думать о происшедшем местном перераспределении и серебра. На рис. 43 аналогичность распределения золота и серебра в пределах месторождения очевидна. Как меняются при этом золото-серебряные отношения? Об их величине во внешних отрицательных ореолах золота судить трудно. В положительных ореолах она колеблется от 5 до 0,5, в среднем составляя около 1, в экзоконтактных отрицательных — от 0,2 до 0,1. В участках проявления более позднего наложения золота их отношение близко к 2. Все это еще раз свидетельствует о том, что положительные и экзоконтактные отрицательные ореолы благородных металлов формируются в ходе разных процессов (Щербина, 1956₂).

Свинец, цинк, медь, висмут, молибден. При небольшом повышении среднего содержания свинца и более существенном — цинка (примерно в 2 раза) и меди (в 5 раз) относительно местного фона во внешних отрицательных ореолах золота дисперсия их значительно выше (см. табл. 20, рис. 14, 15, 43). Колебания содержаний здесь в пределах двух порядков. При этом достоверная прямая зависимость этих изменений наблюдается только между свинцом и окисным железом (табл. 24). Свинец, кроме того, проявляет обратную корреляционную связь с закисным железом. Отсутствие корреляционной зависимости между серой и рассматриваемыми элементами может служить доказательством того, что сульфиды, как носители этих элементов, в данных ореолах не имеют большого значения. Они, кроме пирита, по-видимому, концентрируются и в минералах окисного железа, т. е. в магнетите и темноцветных.

В положительных ореолах золота количество и дисперсия свинца, цинка и меди еще более возрастают (см. рис. 14, 15). Здесь их содержания коррелируют уже с содержаниями многих элементов, в том числе и с золотом (см. табл. 18).

В экзоконтактных отрицательных ореолах золота содержания этих элементов резко понижены. В табл. 20 среднее для цинка приведено больше, чем в положительных ореолах. Это за счет всего лишь одной пробы из 21. Гистограмма распределения цинка очень хорошо показывает уменьшение количества проб с высокими содержаниями его и появление содержаний более низких порядков (рис. 43).

В ореолах позднего наложения золота совместно с последним возрастают количества свинца, цинка и меди (см. табл. 24, рис. 14, 15, 43).

Висмут в околожильноизмененных порфиритах спектральным анализом не обнаружен. Он определен химическим путем в ограниченном числе проб. Характеризуется таким же распределением, как свинец, цинк и медь (см. табл. 20, рис. 43).

Молибден, подобно висмуту, установлен главным образом в положительных, экзоконтактных отрицательных и наложенных ореолах золота. Его распределение аналогично золоту, серебру, свинцу, особенно цинку и меди. Основными носителями молибдена в околорудном пространстве являются те же минералы, что и у двух последних элементов. Это подтверждается корреляционными связями элемента как с цинком и медью, так и с калием, фтором, алюминием и водой. В положительных ореолах золота молибден, кроме того, надежно коррелирует с мышьяком (см. табл. 18, 19).

Таким образом, свинец, медь, цинк, висмут и молибден в околожильноизмененных породах Бериккульского месторождения распределяются в общем подобно золоту с образованием положительных, отрицательных и наложенных ореолов. Но из-за некоторого несовпадения центров ореолов (максимумов или минимумов) этих элементов, т. е. горизонтального смещения их относительно друг друга и золота (см. рис. 14, 15), коэффициенты корреляции между ними не всегда высоки. Различия между положительными и отрицательными ореолами по корреляционным связям элементов обусловлены, по-видимому, различиями в физико-химических условиях образования этих ореолов.

Лантан, иттрий, иттербий, скандий. Устанавливаются только в участках, близлежащих к жилам, начиная с положительных ореолов. Здесь они распределены подобно золоту, свинцу, меди, цинку, висмуту, молибдену и серебру (см. табл. 20, рис. 43). Кривая распределения, например, лантана, почти повторяющая конфигурацию кривой золота, показана на рис. 15. Коэффициенты корреляции золота с иттрием и иттербием приведены в табл. 18. Судя по коэффициентам корреляции рассматриваемых элементов с другими породообразующими и малыми элементами, иттрий, иттербий и скандий присутствуют в тех же минералах околожильноизмененных пород, которые несут золото, свинец, цинк, медь и другие элементы-примеси, т. е. преимущественно в пирите, магнетите и слюдах.

Таким образом, ореолы, установленные для золота, пространственно близки к ореолам серебра, свинца, цинка, меди, висмута, молибдена, иттрия, иттербия и скандия.

Мышьяк и сурьма. Обнаружены в порфиритах только в интервале до 5 м от жил. По мере приближения к рудным телам содержание их растет. Повышается оно и в экзоконтактных отрицательных ореолах золота. Если у мышьяка среднее содержание остается на том же уровне, что и в положительных ореолах, то количество проб, имеющих более 0,01 % его, значительно возрастает (см. табл. 20, рис. 43). В участках позднего наложения золота среднее содержание мышьяка и встречаемость богатых им проб возрастают, у сурьмы, наоборот, падают. Отрицательные ореолы мышьяка

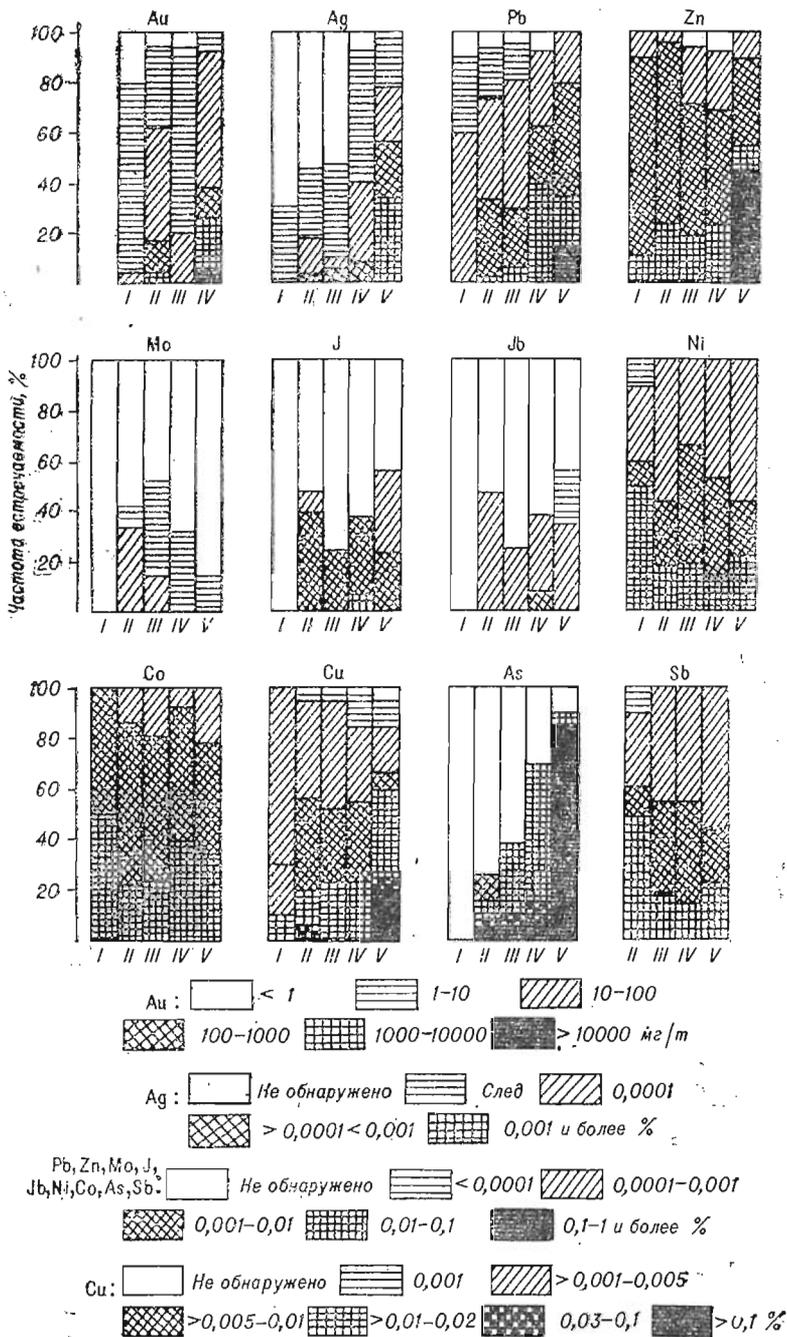


Рис. 43. Распределение элементов-примесей в порфиритах Беркульского месторождения.

I — внешние отрицательные ореолы золота; II — положительные его ореолы
 III — экзоконтактовые отрицательные ореолы золота; IV — ореолы позднего его наложения; V — золотоносные жилы.

и сурьмы в экзоконтактах жил не выявлены. Мышьяк в положительных ореолах золота коррелирует с медью, молибденом, калием и алюминием, а в экзоконтактовых отрицательных — с золотом, свинцом и серой (см. табл. 18, 19). Для сурьмы достоверных коэффициентов корреляции с другими элементами не установлено. По-видимому, обнаруженные нами коли-

чества этих элементов привнесены во вмещающие породы гидротермальными растворами позднего формирования ореолов золота — в процессе образования жил: мышьяк — в кварц-пирит-арсенопиритовую и, отчасти, продуктивную стадию минерализации; сурьма — в кварц-антимонитовую стадию образования руд. Что происходило с мышьяком и сурьмой в процессе предрудного гидротермального метаморфизма, судить трудно. Из-за низкой чувствительности использованного нами спектрального анализа на мышьяк и сурьму в большинстве проб содержания этих элементов остались количественно неопределенными.

Никель, кобальт, олово. Наибольшие содержания никеля, кобальта и олова приходится на внешние отрицательные ореолы золота (см. табл. 20, рис. 14, 43). Здесь же максимальной является дисперсия этих элементов. Наименьшие содержания никеля, кобальта и олова присущи положительным ореолам золота и ранее рассмотренных элементов. Таким образом, их поведение в околожильноизмененных породах противоположно золоту и выше рассмотренной группе элементов. Там, где идет накопление золота, серебра, свинца и т. д., количества никеля, кобальта и олова понижены. Следовательно, они тоже участвовали в процессе, формирующем ореолы золота, но в силу химических особенностей осаждались отдельно с ним. Ореолы этих элементов оказываются значительно большими, чем у золота: положительные приходятся на интервал 10—50 м, а экзоконтактные отрицательные — на интервал до 5—10 м от жил.

На рис. 43 дана гистограмма для ореолов никеля (правая в среднем ряду), подтверждающая, что его поведение аналогично кобальту и олову и противоположно золоту. Об этом свидетельствуют и их коэффициенты корреляции (см. табл. 18, 19).

На рис. 14 показано, что в 2 м от жил на фоне широких отрицательных ореолов никеля и кобальта вырисовываются их небольшие положительные пики, а перед жилами — провалы. Положительные пики, видимо, соответствуют ореолам позднего наложения золота, а провалы являются особенностью элементов более активно переходить в подвижное состояние и мигрировать в поздние стадии минералообразования.

Хром, цирконий, ванадий. По распределению хром и цирконий в порфиритах более близки к кобальту и никелю, причем хром больше тяготеет к никелю, а цирконий — к кобальту (см. табл. 20). Их содержания в порфиритах ореолов рудного поля значительно ниже, чем в неизмененных порфиритах. Во внешних отрицательных ореолах золота они максимальны. Здесь циркония в 25 раз, кобальта в 11, никеля в 7 и хрома в 3 раза больше по сравнению с местным фоном.

Самые высокие содержания ванадия — в экзоконтактных отрицательных ореолах золота. Понижение его содержания — примерно вдвое против местного фона — приходится на положительный ореол.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ПОРОДАХ ДАРАСУНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

В последние годы успешно разрабатывается вариант геохимических методов поисков полиметаллических, свинцово-цинковых, медно-цинковых и других руд по ореолам ртути (Озерова, 1962; Париллов, Егоров, 1968; Фурсов, 1958, 1961, и др.). Возможность использования ртути как поискового признака на золотое оруденение изучалась группой В. В. Поликарпочкина (Китаев, Нарышкин и др., 1968) на Балейском месторождении. Они показали, что ртуть совместно с золотом, цинком, свинцом, мышьяком, сурьмой и другими элементами может служить хорошим индикатором золоторудных месторождений. Нам представилась возможность изучить распределение ртути в Дарасунском рудном поле и сопоставить его с ореолами золота.

Распределение золота и ртути в породах Дарасунского района в $10^{-7}\%$ (аналитики В. Г. Цимбалет, В. З. Фурсов)

Порода	Золото		Ртуть	
	район	м-ние	район	м-ние
<i>Нижний палеозойский метаморфический комплекс</i>				
Кварц-сланцевые сланцы	2,1	—	9,4	—
Оливиновые габбро, габбро-амфиболиты, перидотиты	1,1	12,8	9,6	7,9
<i>Интрузивный комплекс раннего этапа варисского цикла</i>				
Кварцевые диориты, диориты, габбро-диориты	3,8	19,1	9,2	8,3
Гранодиориты	6,5	21,8	9,5	17,1
Порфиридные биотит-роговообманковые граниты	5,8	—	15,1	—
<i>Интрузивный комплекс позднего этапа варисского цикла</i>				
Микроклиновые и лейкократовые граниты	14,1	38,1	7,2	14,4
Сиециты, граносиециты	16,3	14,3	8,3	9,5
Аплитовидные и биотитовые граниты	10,1	—	13,5	—
<i>Нижнемезозойский интрузивный комплекс</i>				
Порфиридные биотит-роговообманковые граниты и гранодиориты	11,9	—	21,0	—
<i>Юрский вулканогенный комплекс</i>				
Порфириты и их туфы	14,3	—	7,8	—
<i>Киммерийский интрузивный комплекс</i>				
Плагиогранит-порфиры, гранит-порфиры	8,6	27,2	8,9	7,6
<i>Послекиммерийский дайковый комплекс</i>				
Фельзиты, фельзит-порфиры	13,3	28,5	12,4	7,6
Всего анализов	130,0	153,0	105,0	98,0
Среднее содержание	9,0	23,8	11,7	10,3

Ртуть, как и золото, обнаружена во всех разновидностях пород района и месторождения. В золотых ореолах рудного поля распределяется более равномерно, чем золото (табл. 25). Если содержание золота в ореоле зависит от состава пород и степени их метаморфизма, то у ртути подобной связи не наблюдается. Ее содержания колеблются в пределах $(7-21) \cdot 10^{-7}\%$, что почти на порядок ниже кларка и в 10—30 раз ниже, чем в соответствующих породах Кличкинского и Балейского районов (Санин, Зорина, 1968; Китаев, Нарышкин и др., 1968). Максимальный фон ртути имеют породы, содержащие повышенные количества биотита (см. табл. 25).

Столь же различно ведут себя золото и ртуть в породах по мере приближения к Дарасунскому месторождению и рудопроявлениям ртути. Вокруг золотоносных участков золото образует площадной ореол, о чем говорилось ранее. Эндеогенных площадных ореолов ртути на золоторудных рудопроявлениях и месторождении не выявлено. Они установлены только на ртутных рудопроявлениях, где повышенных концентраций золота не обнаружено. Содержание его здесь — в пределах местного фона.

На Дарасунском месторождении ртути практически столько же, сколько и в соответствующих породах золотого ореола рудного поля. Так, из 7 случаев в 4 ртути несколько больше в породах месторождения, а в 3, наоборот, — в породах района. Все это в условиях Дарасуна исключает возможность использования ртути в качестве регионального геохимического критерия на золотую минерализацию. Золото в этом отношении является более полезным элементом.

Однако вблизи золото-сульфидных жил золото и ртуть ведут себя почти одинаково. Оба образуют контрастные ореолы висячем и лежащем боках жил (рис. 44), размеры которых довольно близки.

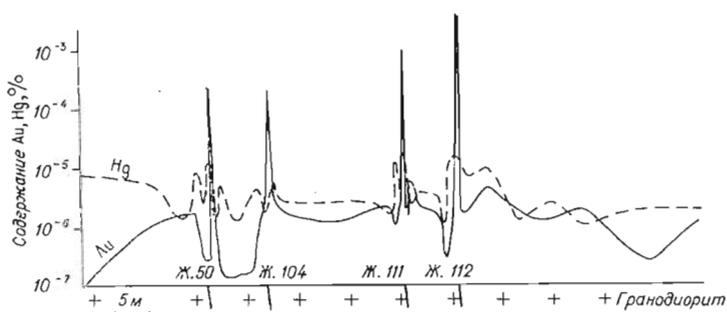


Рис. 44. Распределение золота и ртути вкост простирания жил Дарасунского месторождения.

Специфичность поведения ртути в Дарасунском рудном поле обусловлена, по-видимому, очень низким (ниже кларкового) ее содержанием во вмещающих породах, что, вероятно, является геохимическим барьером для участия в процессе площадного гидротермального метаморфизма.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА И МОЛИБДЕНА В ПОРОДАХ ДАВЕНДИНСКО-КЛЮЧЕВСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Обнаружение четко выраженных площадных и локальных ореолов золота на золоторудных месторождениях побудило нас исследовать распределение этого элемента в месторождениях других металлов. Было выбрано Давендинское молибденовое месторождение, расположенное вблизи от рассмотренного нами Ключевского. Его геологическое строение детально описано В. А. Борисовым (1968). Жилы этого месторождения залегают в протерозойских биотитовых гранитах, тогда как вмещающими для прожилково-вкрапленных руд Ключевского месторождения являются гранитоиды раннемезозойского возраста.

Пробы отобраны: а) в пределах Давендинского и Ключевского месторождений; б) на удалении от них — в 2—3, в 5—10 и более 15 км; анализировались одновременно на золото и молибден.

Региональные фоновые содержания золота, как отмечалось ранее, составляют 0,5—4,1 мг/т (см. табл. 11), для молибдена они колеблются в пределах $(5-8) \cdot 10^{-5}\%$ (табл. 26). Это ниже кларков данных элементов (Виноградов, 1962). Между содержаниями золота и молибдена намечается обратная корреляционная зависимость.

Максимальные концентрации золота приурочены к породам Ключевского месторождения, а молибдена — Давендинского. В то же время сравнительно высокие содержания молибдена наблюдаются и во всех породах Ключей (см. табл. 26, IV). В золотых рудах этого месторождения почти повсеместно присутствует в повышенных концентрациях молибден. Содержание золота в породах Давенды очень низкое (см. табл. 26, V), и в давендинских молибденовых рудах золото встречается редко. Приведенные данные позволяют считать, что соотношение содержаний рассматриваемых элементов во вмещающих породах отражает их концентрацию в рудах.

Кроме приуроченности эндогенных ореолов золота и молибдена к соответствующим месторождениям, подтверждается также зависимость между морфологией рудных тел и размерами ореолов. Жилы Давендинского месторождения контролируются четко проявленными трещинными структурами и сопровождаются линейно-вытянутыми зонами околожильно-измененных пород. Ореолы здесь сравнительно узкие. Вмещающие породы Ключевского месторождения, по составу аналогичные давендин-

Таблица 26

Распределение золота и молибдена в породах Давендинско-Ключевского рудного поля (по А. А. Алабиной, Н. А. Рослякову, В. И. Сотникову и др., 1971)

Порода	Золото, 10 ⁻⁷ %					Молибден, 10 ⁻⁵ %				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Гнейсы, гранито-гнейсы	3,8		8,6			5,0		17,0		
Диориты	2,5		4,0			6,6		9,3	30,0	
Порфиroidные граниты	2,8	2,2	27,8		1,9	8,0	5,0	12,5		110
Лейкократовые граниты и аплиты	1,9	3,1	3,6			6,8	5,0	5,0		
Порфиroidные граниты	2,2		25,6			5,0		7,5		
Биотитовые аплитовидные граниты		1,5	10,4	53,3			7,0	12,2	56,8	
Гранит-порфиры		2,1	17,0				5,0	30,0		
Гранит-порфиры с вкрапленниками сульфидов			145,0					300,0		
Кварцевые порфиры			24,0	70,0				17,5		
Кварцевые порфиры с вкрапленниками сульфидов			427,5	250,0				100,0	300,0	
Фельзит-порфиры			33,0		2,2			25,0		290
Лампрофиры			31,0	27,2				10,0		370
Порфириты	1,9								20,0	
Порфириты с вкрапленниками сульфидов			600,0	500,0				30,0		
Эксплозивные брекчии			14,3					23,3		
Эксплозивные брекчии с вкрапленниками сульфидов			80,0	266,0				155,0		

Примечание. I— на удалении от месторождений более чем на 15 км; II— 5—10 км; III— 2—3 км; IV— Ключевское месторождение; V— Давендинское.

ским, претерпели более интенсивный объемный гидротермальный метаморфизм и оказались на значительной площади зараженными вкрапленниками сульфидов. Это сказалось на распределении не только золота, но и молибдена.

Приуроченность повышенных содержаний золота или молибдена к вмещающим соответствующие руды породам наблюдается и по мере удаления от месторождений. Так, на расстоянии 2—3 км от них содержания рассматриваемых элементов заметно уменьшаются, но остаются почти на порядок выше регионального фона. Эта область рассматривается нами как ореол рудного поля. При переходе ореолов рудного поля к региональному фону намечается зона с наиболее низкими значениями молибдена (см. табл. 26, II). Не исключено, что аналогичная зона имеется и у золота, но она достоверно нами не установлена. Подобная область пониженных содержаний молибдена выявлена В. Д. Козловым и О. С. Рощупкиной (1965) на Кудиканском молибденовом рудопроявлении Восточного Забайкалья. Ее образование связывается с миграцией молибдена в зону теплового потока при развитии эндогенного процесса.

О ЗОНАЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРЕОЛОБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОКОЛОРУДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Относительно горизонтальной зональности распределения можно сказать следующее. В распределении таких элементов-примесей околожилно-измененных пород, как серебро, свинец, цинк, висмут, молибден, иттрий, скандий и ртуть, имеется много общего с распределением золота. По-иному ведут себя никель, кобальт, олово, хром, цирконий, ванадий.

Таблица 27

Коэффициенты корреляции между элементами и расстоянием L от жилы 35 гор. 450 м Беркульского месторождения (по данным спектрального анализа)

Параметры	Cr	Zr	Pb	Zn	Ni	Co	Au	V	Mn	Ti
$\frac{L}{x}$	-0,44	-0,38	-0,34	-0,33	-0,33	-0,16	-0,16	-0,13	-0,04	-0,01
\bar{x}	0,03	0,01	0,005	0,01	0,005	0,003	0,00013	0,03	0,07	0,01
σ^2	0,02	0,005	0,008	0,02	0,005	0,001	0,0002	0,02	0,03	0,005

Примечание: \bar{x} для Au в г/т, остальных элементов — в %.

Но все они также образуют около рудных тел как положительные, так и внешние и экзоконтактовые отрицательные ореолы.

Максимумы положительных и минимумы отрицательных ореолов различных элементов часто не совпадают. Особенно большое расхождение с максимумами и минимумами ореолов золота наблюдается у ореолов никеля, кобальта, олова, хрома, циркония и ванадия, которые имеют значительно большую ширину. Аномально высокие содержания мышьяка и сурьмы обнаруживаются только вблизи руд, охватывая как положительные, так и отрицательные ореолы золота, серебра, свинца и других сопутствующих им элементов. Все это очень осложняет корреляционные связи золота с элементами-примесями вмещающих пород в околорудном пространстве. Подсчет коэффициентов корреляции между содержаниями элементов и расстояниями от рудных тел показал *невысокую* обратную связь между ними (табл. 27). Данное положение обусловлено чередованием отрицательных и положительных ореолов и особенно наличием экзоконтактового отрицательного ореола.

Несмотря на сложность взаимоотношений элементов в гидротермально-измененных породах в общем в направлении от рудных тел вкост их простираения, элементы по максимумам концентраций распределяются следующим образом: AS, Sb—Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Mo, Hg—Ni, Co, Sn, V. В пределах перечисленных трех групп порядок элементов для каждого из месторождений может быть свой. Например, несколько иная горизонтальная зональность элементов выявлена Н. А. Китаевым и др. (1970) в эндогенных ореолах месторождений Белой Горы, Оноховского, Балеиского. Горизонтальная зональность ореолов сильно осложняется в участках, примыкающих к богатым золоторудным столбам. Здесь на фоне экзоконтактовых отрицательных ореолов развиваются полосы с наложенными повышенными концентрациями золота и элементов продуктивной стадии рудообразования.

Вертикальная зональность распределения элементов в ореолах проявляется в приуроченности наиболее высоких концентраций одних ореольных элементов к верхним частям рудных тел, других — к центральным, третьих — к корневым, как это неоднократно уже отмечалось в печати. В частности, В. А. Напартэ (1970) по Дарасунскому золоторудному району приводит следующую вертикальную зональность: в ореолах верхней части рудных тел накапливаются свинец, цинк, мышьяк, серебро, сурьма, в нижней — медь, висмут, резе хром, никель и кобальт. Согласно данным С. В. Григоряна и Ю. И. Петрова (1972), на Мурунтауском месторождении вертикальная зональность ореолов выражается в преобладающем развитии серебра, свинца и меди в надрудной части, а золота, кобальта, молибдена и вольфрама — в нижней части рудных зон. Отсюда видно, что и вертикальная зональность ореолов не является универсальной.

Что касается изменения ширины ореолов золота с глубиной, то она в одних случаях прослеживается без изменения (Квятковский, 1963), в других — возрастает (Курбацаев и др., 1968), в третьих — падает (Миро-

нюк и др., 1971). Н. А. Китаев (1968) на Балейском месторождении, а С. В. Григорян и М. А. Зубов (1971) на золоторудных месторождениях Средней Азии установили, что эндогенные ореолы золота наиболее выражены вблизи зоны оптимального золотого оруденения. Наши исследования показали, что действительно ширина и продуктивность ореолов золота обычно находятся в соответствии с интенсивностью обогащения руд золотом (Рослякова и др., 1970). По мере удаления от рудного столба по восстанию и падению ширина и продуктивность ореолов золота при прочих равных условиях уменьшаются.

На основании выявленных особенностей в распределении элементов-примесей вмещающих пород золоторудных месторождений рассмотрим ряд прикладных вопросов, касающихся поисков золоторудных столбов.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ СТОЛБОВ

Прогнозирование золоторудных столбов по бедным подсечениям — весьма актуальная задача. При ее решении до последнего времени использовались литологические и структурные поисковые признаки золоторудных столбов, описанные В. Линдгреном (1935), К. Д. Хьюлпфом (1938), В. М. Крейтером (1956), Н. И. Бородаевским (1960), Н. В. Петровской (1963) и другими исследователями. Однако во многих случаях выявить золоторудный столб очень трудно. Дело в том, что на многих собственно золотых месторождениях пережимы и «проводники» бедных и богатых рудных тел в общем аналогичны, а тектонические нарушения могут смещать рудный столб, вмещать его или вообще не контролировать оруденение. Околорудные изменения вмещающих пород обычно развиты как около рудных столбов, так и около бедных участков рудных тел. Гидротермальному метаморфизму, как известно, часто подвергнуты породы даже вдоль безрудных тектонических трещин и зон. По минеральному составу бедные участки рудных тел, как переходящие где-либо в столбы, так и не несущие промышленного оруденения, подчас одинаковы. Поэтому применение традиционных геолого-структурных и минералогических поисковых признаков золоторудных столбов далеко не всегда дает желаемый результат. Следствием этого является все возрастающее количество не оцененных подсечений бедных рудных тел, прожилков и тектонических нарушений. Выбор принципов разбуровки этих подсечений на перспективные и безрудные является очень важной проблемой.

Современными геохимическими, термометрическими и другими методами выявлен ряд новых поисковых признаков столбового золотого оруденения. Использование этих признаков широко еще не внедрено. В печати практически отсутствуют геохимические данные по прогнозированию рудных столбов по бедным участкам жил, их проводникам и тектоническим нарушениям. Почти неизвестны геохимические поисковые критерии золоторудных столбов, позволяющие отличать неоднородности в распределении элементов вокруг рудного столба и бедного бесперспективного участка.

Нами выявлен ряд геохимических поисковых критериев, позволяющих оценивать эндогенные ореолы золота и сопутствующих ему элементов и определять по бедным участкам жил, пережимам, проводникам и тектоническим нарушениям наличие близости богатого золотого оруденения:

1. Морфология эндогенных ореолов золота и сопутствующих ему элементов золотых руд;
2. Комплекс ореольных элементов;
3. Характер распределения элементов руд в различных фракциях околорудноизмененных пород;
4. Количественные и качественные соотношения элементов-примесей в минералах бедных участков рудных тел;

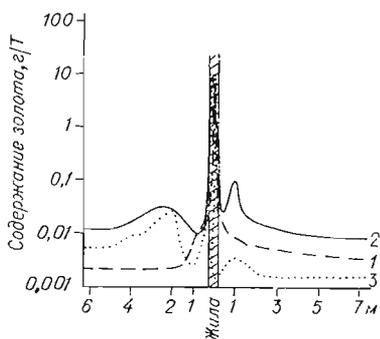


Рис. 45. Морфология ореолов золота около бедных жил. 1, 2 и 3 — кривые распределения золота в породах при его содержании в жилах 2, 4, 11 г/т соответственно.

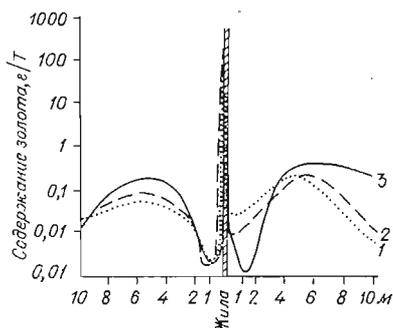


Рис. 46. Морфология ореолов золота около богатых жил. 1, 2 и 3 — кривые распределения золота в породах при его содержании в жилах 71,82 и 264 г/т соответственно.

5. Характер распределения золота и его спутников в тектонических нарушениях, пережимах и проводниках золоторудных столбов.

Рассмотрим эти критерии.

Морфология эндогенных ореолов. В предыдущих разделах показано, что каждое золоторудное тело сопровождается эндогенными ореолами золота, свинца, мышьяка, сурьмы, меди, цинка и других элементов, слагающих руду. Морфология ореолов связана с концентрацией этих элементов в рудном теле.

Около бедных рудных тел эндогенные ореолы золота и сопутствующих ему элементов проявлены слабо как по размерам, так и по контрастности. В этом случае содержания золота в околорудных ореолах колеблются, как правило, в пределах одного порядка (рис. 45).

Рудные столбы сопровождаются интенсивно проявленными ореолами золота и его спутников. Причем наряду с отчетливо выраженными положительными ореолами с содержанием золота на 2—3 порядка выше фонового вдоль экзоконтактов рудных тел наблюдаются отрицательные ореолы золота, ртути, свинца и других элементов, а также ореолы позднего наложения. Чем активнее происходило перераспределение элементов в околорудном пространстве, тем контрастнее положительные и отрицательные ореолы рудных компонентов, в том числе и золота, и тем богаче рудный столб (рис. 46). Признаки такого интенсивного перераспределения элементов в породах устанавливаются и около бедных участков руд в случае, когда на расстоянии до 50—70 м от них находится золоторудный столб. Поэтому присутствие около непромышленных пересечений отчетливо проявленных положительных и отрицательных ореолов может быть использовано как геохимический поисковый критерий на близость от данного подсечения золоторудного столба. Покажем эту закономерность на примерах Дарасунского, Бериккульского, Бакырчикского, Оганчинского и Козловского месторождений.

В юго-западной части Дарасунского месторождения в последние годы открыто более трех десятков жил (участок Нагорный). В некоторых из них на поверхности установлены очень богатые рудные столбы. На горизонте 30—90 м от поверхности жилы подсечены штольной, но промышленных участков в них практически не обнаружено. Однако те жилы, которые на поверхности имеют богатое содержание золота, на штольневом горизонте окаймляются его резко выраженными положительными и отрицательными ореолами (жила 4-я Нагорная и др.).

Жилы Лебедевские (1-я и 2-я) находятся в южной части месторождения. Они залегают в более кислых породах, контролируются другими структурами и сложены иными минеральными парагенезисами по срав-

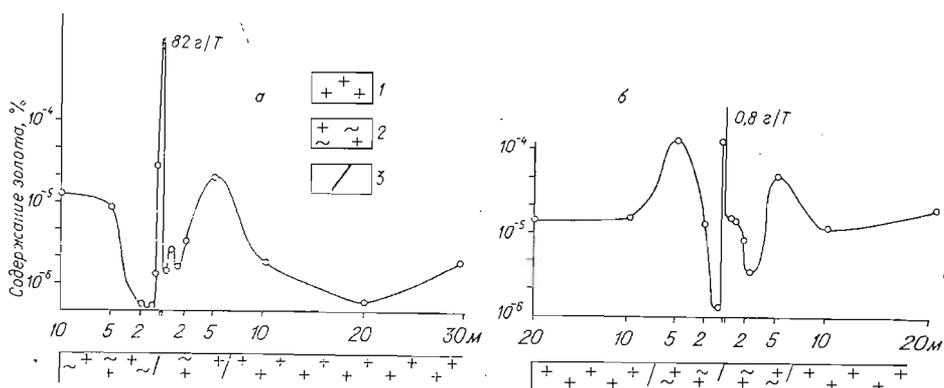


Рис. 47. Морфология ореолов золота жилы Лебедевской: в скважине № 786 (а), и на штольневом горизонте (б) на Дарасунском месторождении.
1 — гранодиориты; 2 — околожилноизмененные гранодиориты.

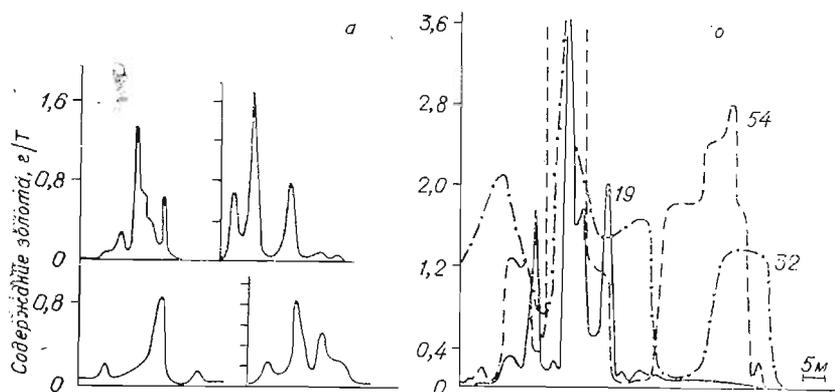


Рис. 48. Морфология ореолов золота около бедных (а) и богатых (б) прожилково-вкрапленных рудных тел.
Цифры иллюстрируют содержание золота в рудном теле, г/т.

нению с жилами Нагорного участка. Несмотря на такое минеральное и геолого-структурное различие, морфология ореолов золота на сравниваемых участках в общем одинакова. Здесь подсеченные штольней участки жил с очень бедным содержанием золота имеют резко выраженные положительные и отрицательные эндогенные ореолы, не свойственные бедному оруденению (рис. 47). Было высказано предположение о близости рудного столба (Росляков, Звягин, 1972). Горными и буровыми работами подтверждено наличие в 30—50 м от этих бедных подсечений богатых золотых руд на штольневом горизонте и глубже.

Аналогичная связь между морфологией ореолов золота и его содержанием в жилах наблюдается на Бериккульском (жилы 35, 49, 50, 51 и др.) и Центральном месторождениях (жилы Тоньшевская, Петровская и др.).

На Бакырчице золоторудные столбы на всех горизонтах карьеров сопровождаются резко проявленными положительными и отрицательными ореолами золота (рис. 48). Там, где минерализованные зоны не несут промышленных концентраций золота, положительные и отрицательные ореолы данного металла выражены слабо. Они начинают отчетливо улавливаться в 30—50 м от рудных столбов.

На Козловском месторождении золоторудные столбы связаны с сульфидными залежами и густовкрапленными сульфидными рудами. На его Западном участке имеется два рудных столба, разобщенных по прости-

ранию 100-метровым непромышленным интервалом. Он, как и золоторудные столбы, всюду сопровождается хорошо выраженными положительными и отрицательными ореолами. На флангах эти столбы такими ореолами сопровождаются по простиранию на 100—120 м. В 140 м от них ореолы золота почти сглажены.

Аналогичная картина наблюдается и на Восточном участке Козловского месторождения. Здесь золоторудные столбы после своего окончания по простиранию на 50—100 м сопровождаются полосами пород, сначала резко обедненных золотом, а затем обогащенных им.

На Оганчинском месторождении, где золото концентрируется как в форме рудных столбов, так и более мелких тел — бонанцев, представилось возможным выяснить зависимость размеров интенсивно выраженных ореолов от размеров обогащенных участков руд.

Установлено, что золоторудные столбы сопровождаются контрастными ореолами золота, размер которых по простиранию в общем такой же, как и на других месторождениях жильного типа. Бонанцы уже в 25 м такими ореолами не сопровождаются.

Примеров подобного распределения хорошо проявленных положительных и отрицательных ореолов золота вокруг обогащенных им участков в рудах можно было бы привести много, притом по каждому из изученных объектов. Все это дает основание считать, что проявление данной закономерности распределения золота в околорудном пространстве не зависит от состава пород и структуры месторождения.

Как будет показано в следующем разделе, наличие контрастных положительных и экзоконтактных ореолов является одним из необходимых условий возникновения богатых руд. Это дает основание использовать данную закономерность в качестве надежного геохимического критерия при прогнозировании золоторудных столбов по бедным подсечениям рудных тел или рудоконтролирующих структур.

Большую помощь в поиске золоторудных столбов может оказать комплексное изучение морфологии ореолов околорудных тел таких легко анализируемых элементов, как натрий, магний, марганец, кальций, алюминий, титан, цирконий и др. Они в экзоконтактах золоторудных тел склонны к выщелачиванию, а в некотором удалении от последних — к накоплению. Возможность поисков золоторудных столбов по положительным и отрицательным ореолам литофильных элементов показана еще в 1944 г. Н. Д. Вильсоном (Wilson, 1944).

Комплекс ореольных элементов. Приведенные примеры по Нагорному участку, Лебедевским жилам и другим рудным телам показывают, что морфология эндогенных ореолов золота позволяет предсказать близость рудного столба, но не дает возможности определить его местоположение — выше, ниже, вправо или влево от бедного подсечения. Дополнительную информацию по данному вопросу можно получить, изучая комплекс ореольных элементов. Надрудные ореолы характеризуются большим спектром элементов. Как отмечалось ранее, в них обычно преобладают Hg, As, Ba, Pb, Ag, Cd и другие элементы первичных руд. Для подрудных ореолов свойственны более высокие содержания меди, кобальта, никеля, хрома, марганца. Сурьма, иттрий, теллур и некоторые другие рассеянные элементы свидетельствуют о непосредственной близости золоторудного столба.

При поисках золотого оруденения, кроме вертикальной зональности, необходимо изучать и горизонтальную зональность эндогенных ореолов, чему до последнего времени практически не уделялось внимания.

Большую информацию о местоположении искомым рудных тел дает корреляционный анализ комплекса ореольных элементов, что хорошо продемонстрировано Г. Т. Оразбековым (1972) на примере золоторудного месторождения Северного Казахстана. Согласно данным этого исследования, элементы первичных руд имеют различные корреляционные связи в надрудных, рудных и подрудных частях золоторудных тел.

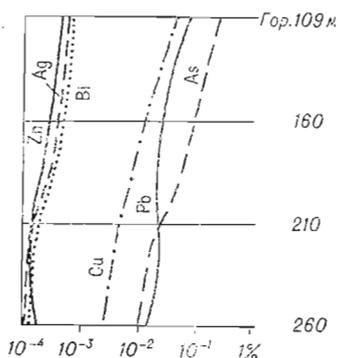


Рис. 49. Изменение содержания цинка, серебра, висмута, меди, свинца и мышьяка с глубиной в силикатной фракции околорудноизмененных пород жили Сентябрьской. Дарасунское месторождение.

Характер распределения рудных элементов во фракциях околорудноизмененных пород. Этот критерий, как и предыдущий, позволяет уточнить местонахождение рудного столба. Так, в силикатной фракции околорудноизмененных пород наблюдается отчетливая тенденция к уменьшению содержания ореольных элементов от надрудной к нижней части рудного столба (рис. 49). Вертикальная и горизонтальная зональности в распределении элементов-примесей в рудных минералах околорудноизмененных пород, в общем аналогичные зональности в рудных телах, достаточно полно рассмотрены в литературе.

Изучение данного критерия, проведенное совместно с В. Г. Звягиным (Росляков, Звягин, 1972), показало, что его использование целесообразно и при детализации очень слабых эндогенных ореолов золота. Раздельное опробование минералов и фракций околорудноизмененных пород позволяет повысить чувствительность геохимического метода. Если морфология эндогенных ореолов золота и сопутствующих ему элементов помогает обнаружить золоторудные столбы в радиусе 50—100 м от бедного подсечения, то раздельное опробование рудных и нерудных фракций гидротермально измененных пород увеличивает этот интервал до 200 м. Содержания элементов в отдельных минералах и фракциях этих пород довольно устойчивы. Концентрации их около бедных, но перспективных участков и около золоторудных столбов близки (табл. 28). Одни элементы накапливаются в сульфиде, другие — в силикатной фракции околорудноизмененных пород. Элементы, которые тяготеют к сульфидной составляющей рассматриваемых пород, в рудном столбе на опробуемом вертикальном уровне

Таблица 28

Среднее содержание элементов ($10^{-3}\%$) в минералах и фракциях околорудноизмененных пород горизонта 160 м жили Сентябрьской Дарасунского месторождения (по данным количественного спектрального анализа)

Материал	Кол-во анализов	Геохим. разрез	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Bi
Арсенопирит	10	I	1	Мн.	1	3	3	0,3
	20	II	2	»	1	10	30	7
	12	III	1	»	1	7	7	1
Пирит	13	I	1	300		7	7	1
	16	II	2	650		10	30	2
	6	III	2	200	1	100	7	1
Сульфидная фракция	12	I	0,1	510		3	19	0,3
	11	II	0,2	530		6	22	0,5
	11	III	0,3	570		7	44	1
Силикатная фракция	10	I	1	200		7	220	1
	10	II	0,6	150		26	50	0,6
	10	III	0,9	370		32	40	0,4
Глинка трещин зальбанда	25	I	1,2	450	5	41	117	1,2
	27	II	1,3	870	5	12	7	1
	25	III	0,9	800	1	10	13	4

Примечание. I — пережим рудного столба в юго-восточной части жили; II — рудный столб; III — пережим рудного столба в северо-западной части жили.

Таблица 29

Среднее содержание элементов ($\cdot 10^{-3}$ %) в сульфидах и зальбандах жил Нагорного участка Дарасунского месторождения (по данным количественного спектрального анализа)

Элемент	Жилы с рудными столбами			Жилы без рудных столбов		
	сульфи-ды	пирит	зальбанды	сульфи-ды	пирит	зальбанды
Ag	5	1	2	2	0,3	1
As	670	640	440	480	480	440
Cu	450	26	143	18	3	9
Pb	347	18	316	270	2	140
Zn	4	18	4	9	сл.	4
Bi	9	7	3	3	6	2
Кол-во анали- зов	18	9	13	14	5	10

обычно являются главными, а в силикатной фракции — второстепенными. Это позволяет не только оценить проводники и пережиги рудных тел, но и предсказать в общих чертах состав ожидаемых руд:

Количественные и качественные соотношения элементов-примесей в минералах бедных участков рудных тел. Идентичность минерального состава бедных участков рудных зон, как вблизи от рудного столба, так и когда его нет, затрудняет оценку их по минералогическому критерию. Но по геохимическим признакам бедные тела, переходящие где-либо в столбы, существенно отличаются от тел, не несущих промышленного оруденения. Рудные тела, которые на каком-либо вертикальном или горизонтальном уровне имеют рудный столб, характеризуются аномальными содержаниями элементов продуктивных минеральных ассоциаций, которые, как показала В. Н. Петровская (1967), весьма схожи и постоянны для всех генетических типов золотых руд. К числу этих элементов в первую очередь относятся серебро, мышьяк, висмут, золото, затем медь, свинец и другие. Рудоносные зоны, не несущие золоторудных столбов, по содержанию основных элементов руд резко отличаются от первых (табл. 29).

При прогнозировании богатого оруденения по материалу бедных подсечений рудных тел большую помощь могут оказать геохимические закономерности в распределении элементов, свойственные верхним, фланговым и корневым участкам выклинивания самих рудных столбов (Звягин и др., 1970, 1972).

Характер распределения золота и его спутников в тектонических нарушениях, «проводниках» и пережигих рудных тел. Ранее отмеченные геохимические критерии часто не дают положительного результата при оценке перспектив рассматриваемых линейно-вытянутых структур. Представляет интерес определение рудных элементов в материале самих структур. На примере Приибрама (ЧССР) Я. Н. Кутин (1963) показал высокую эффективность геохимического изучения тектонических зон и притертых трещин при поисках глубокозалегающих сульфидных руд. Он доказал, что в материале данных структур, несущих на глубине оруденение, содержание рудных элементов выше, чем во вмещающих их породах. Наши наблюдения позволяют распространить этот вывод и на изученные золоторудные месторождения. Так, если в тектонических структурах где-либо имеется рудный столб, а в данном подсечении практически нет первичных ореолов золота, то критерием золоторудного столба служит повышенная концентрация рудных элементов, в том числе золота, в материале этих структур (табл. 30), причем местоположение рудного столба в плоскости нарушения можно уточнять по комплексу элементов, распределение

Таблица 30

Среднее содержание элементов ($\cdot 10^3\%$) в проводниках и зальбандах жилы Сентябрьской на горизонтах 109 и 160 м (по данным количественного спектрального анализа)

Элемент	Гор. 109 м			Гор. 160 м		
	I	II	III	I	II	III
Ag	0,3	0,3	1	1,3	1,3	0,9
As	650	1000	300	450	870	800
Sb	1	1	10	5	5	1
Cu	7	7	70	41	120	10
Pb	200	100	100	117	7	13
Zn	30	70	200			
Bi	1	1	1	1,2	1	4
Кол-во анализов	27	14	5	20	20	16

Примечание. I — глина трения проводника рудного столба в юго-восточной части жилы; II — глина трения зальбандов рудного столба; III — глина трения проводника рудного столба в северо-западной части жилы.

которых в надрудной и подрудной частях столба аналогично распределению в эндогенных ореолах.

Изучение распределения элементов в тектонических структурах позволяет обнаруживать рудные столбы путем опробования не только рудоконтролирующих, но и сопряженных с ними структур. По морфологии линейных ореолов золота и его спутников в нарушении-сместителе представляется возможным искать смещенные части рудных столбов и предсказывать близость выклинившегося рудного столба.

Когда рудный столб смещен, ореолы золота и других элементов в плоскости сместителя имеют асимметричное строение относительно его смещенных частей (рис. 50, а) вследствие механического перемещения рудного материала. Асимметричность указывает на направление смещения.

Если же опробуемое нарушение служит границей естественного выклинивания примыкающего к нему столба, в плоскости этого нарушения ореолы рудных элементов имеют симметричное строение относительно линии сопряжения (см. рис. 50, б). Возникновение таких ореолов связано с

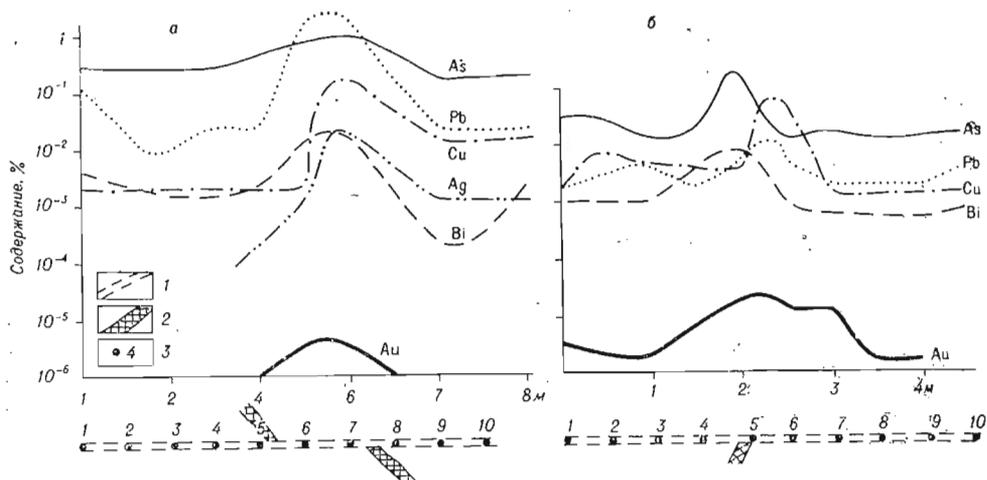


Рис. 50. Морфология асимметричных (а) и симметричных (б) относительно жилы ореолов в плоскости сместителя. Дарасунское месторождение.

1 — плоскость сместителя; 2 — жила; 3 — точки отбора проб.

постепенным затуханием действия рудообразующих растворов в тектоническом нарушении, играющем роль экрана, по мере удаления от сопряженной с ним рудоконтролирующей трещины. Симметричные ореолы формируются даже тогда, когда к исследуемому нарушению подходит лишь проводник, а рудные столбы находятся в 30—50 м от места сопряжения проводника с данным нарушением.

Применение описанных геохимических критериев золоторудных столбов даст положительный эффект в случае их комплексного использования с учетом геологических особенностей исследуемых объектов.

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ ЗОЛОТА

Ф. Н. Шаховым (1964) показано, что деятельность горячих растворов, формирующих жилы, проявляется прежде всего в гидротермальном метаморфизме вмещающих пород. О предшествовании процессу возникновения самих руд большей части околорудных изменений говорят Н. И. Бородаевский и С. Д. Шер (1967), подводя итоги исследованиям по околорудным изменениям всех типов месторождений золота. С этими изменениями связано формирование внешних отрицательных, положительных и экзоконтактовых отрицательных ореолов золота. Решение проблемы образования ореолов золота — важное звено в познании генезиса золотых руд. Понимая всю сложность проблемы, авторы данной работы не претендуют на полноту ее освещения. Некоторые затронутые стороны вопроса еще не решены и требуют дальнейшей разработки.

Определение золота в породах различных рудных полей и месторождений высокочувствительным спектро-химическим методом, наряду с детальным изучением их минерального и химического состава, дало возможность изучить закономерности, контролирующие его распределение около золоторудных тел и по мере удаления от них.

Ореолы рудных полей, создающие высокий фон для золоторудных месторождений, пространственно наиболее удалены от самих рудных тел. Это, наряду с большой площадью ореолов, очень затрудняет решение вопроса об их происхождении. Приведенный в работе материал о поведении золота в рассматриваемых ореолах дает основание утверждать лишь то, что формирование их обусловлено перераспределением благородного элемента во вмещающих породах с частичным привносом его.

Как отмечал Ф. Н. Шахов (1969); неравномерное распределение вещества характерно вообще для площадей, в той или иной степени испытавших изменения, связанные с деятельностью горячих растворов. Большой объем микроскопических исследований показал, что ореолы рудных полей генетически связаны с площадным гидротермальным метаморфизмом пород, проявившимся в серицитизации, хлоритизации, амфиболизации, березитизации, сульфидизации и других изменениях, общие черты которых в золоторудных провинциях достаточно хорошо изучены. Кроме того, здесь нередко проявлены процессы контактового и регионального метаморфизма, выразившиеся в скарнировании и ороговикованиях. Для отдельных рудных полей выявились даже процессы, сопутствующие повышению или понижению содержания золота (см. табл. 12, 13).

Изменение химического состава вмещающих пород при формировании ореолов рудного поля выразилось в следующем. В ореоле рудного поля Беркульского месторождения порфириды в значительной степени обогащены натрием и калием, а Оганчинского — кальцием и магнием по сравнению с неизменными разностями регионального фона (табл. 34). Эти данные дают основание считать, что ореолы рудного поля возникли в ре-

Таблица 31

Химический состав вулканогенных пород Беркульского и Оганчинского рудных полей, вес. % (аналитик А. В. Сухаренко, ИГиГ СО АН СССР)

Оксид	Беркуль		Оганча	
	I	II	I	II
Au (мг/т)	2,8	10,0	1,7	19,1
SiO ₂	50,93	53,26	62,11	53,25
TiO ₂	1,37	1,0	0,46	0,71
Al ₂ O ₃	17,32	18,09	17,76	16,19
Fe ₂ O ₃	3,89	1,97	2,01	3,61
FeO	5,97	5,89	2,49	3,68
MnO	0,12	0,13	0,16	0,11
MgO	4,55	3,23	1,08	6,20
CaO	9,05	6,94	4,16	6,54
Na ₂ O	3,18	4,22	4,03	2,78
K ₂ O	0,98	1,98	2,69	1,35
P ₂ O ₅	0,41	0,38	0,22	0,24
H ₂ O			0,90	0,60
Кол-во анали- зов	6	11	2	3

Примечание. I — неизменные порфиры беркульской свиты (по Л. В. Алабину, 1968); II — в различной степени ороговцованные и скаршированные порфиры этой же свиты из ореола золота; III — андезиты и базальты анавайской серии; IV — в различной степени пропитываемые андезитовые и андезит-базальтовые порфиры той же серии из ореола золота.

зультате проявления на большой площади метаморфизма, сопровождавшегося в одних случаях калий-натриевым, в других — кальций-магниевым и т. п. метасоматозом.

Встает вопрос об источнике привнесенного золота, создавшего повышенные его концентрации в полях золоторудных месторождений.

Как отмечает Ю. Г. Щербаков (Щербаков и др., 1972), формирование широких площадей с повышенной золотоносностью в Синюхинском рудном поле обусловлено образованием Саракокшинского гранитоидного массива. В области его экзоконтакта наблюдаются ореолы повышенных — в среднем до 10—30 мг/т — содержания золота шириной до 2—3 км. Ореолы возникают за счет выноса из гранитоидной магмы золота, избыточного против уровня его содержания 1—2 мг/т, присущего в равной мере золотоносным и незолотоносным массивам. 1 км³ магмы может дать 5—10 т интересующего нас металла.

О повышении содержания золота в эндо- и экзоконтактах гранитоидов говорят Д. Норман и К. Д. Фан (1971).

Эндо- и экзоконтактовый метаморфизм пород, как показывают Н. И. Бородаевский и С. Д. Шер (1967), «довольно часто находится в начале цепи тех метасоматических процессов, которые наблюдаются на месторождениях золота...». Он связан со становлением интрузивных массивов и проявляется в скарнировании, ороговцовании и других высокотемпературных изменениях пород.

С. Г. Петровская и др. (1971), рассматривая соответствующие ореолы молибдена и других элементов, также указывают на роль становления магматических массивов в их образовании.

Работами В. Г. Моисеенко (1965, 1966) показана способность золота перемещаться в сторону наиболее прогретых пород. Возможно, и этот фактор играл роль при образовании ореолов в связи со становлением гранитоидных массивов. Стягивание золота из окружающих пород вело к обогащению пм магматической камеры и прилегающих к ней участков. Затем

при кристаллизации гранитоидов избыток золота сбрасывался в окружающие породы.

Опираясь на известные факты непосредственной генетической связи изменений вмещающих пород ореолов рудного поля с гранитоидными массивами, можно считать, что ореолы рудных полей Бериккульского, Центрального, Комсомольского, Дарасунского, Козловского, Ключевского и Акбакайского месторождений сформированы в процессе становления таких массивов.

В Центрально-Камчатской рудной зоне, по данным В. Д. Беда (1971), широкие ореолы с повышенным содержанием золота созданы многоактивной тектоно-магматической деятельностью. Они являются результатом неоднократного переотложения золота растворами каждого этапа метаморфизма. Такое происхождение имеет ореол золота Оганчинского рудного поля.

О развитии широких пелос с повышенными содержаниями золота за счет его перераспределения в процессе регионального метаморфизма пород говорят В. Г. Моисеенко (1965), В. А. Буряк (1966) и другие. Не исключено, что в создании ореола золота Мурунтауского рудного поля подобный процесс участвовал.

Кроме того, существуют сведения о первично-осадочных концентрациях золота в породах рудных полей (Бендик, 1970; Михайлова, 1970; Гапон, 1971, и др.).

К сожалению, остался не прослеженным в нужном объеме переход от ореолов рудного поля к региональному фону. Нашими работами охвачены лишь частично участки, прилегающие к ореолам рудного поля. Остальные пробы взяты на значительном удалении от них. Те отрывочные данные, которыми мы располагаем, позволяют допустить, пока с небольшой степенью достоверности, некоторое падение содержаниями золота в участках, прилегающих к ореолам рудного поля. Выяснение этого явления требует постановки специальных работ. Как отмечалось ранее, зона с пониженными содержаниями молибдена вокруг его ореолов рудного поля установлена В. И. Сотниковым (1972, Алабина и др. 1971), В. Д. Козловым и О. С. Рощупкиной (1965).

С переходом от ореолов рудного поля к самим месторождениям мы наблюдаем в породах заметный скачок как по средним содержаниями золота и их дисперсии, так и по его корреляционным связям с другими элементами. Распределение золота в породах месторождения обусловлено пными процессами, нежели в ореолах рудного поля.

Например, ореол рудного поля Бериккульского месторождения возник в результате становления Дудетского и Бериккульского массивов, сопровождавшегося калий-натровым метасоматозом. Порфириты в значительной степени ороговикованы и слабо скарнированы. Хлорит и серицит развиты гораздо слабее, чем в пределах месторождения. В пределах же месторождения горячие растворы, производившие изменения пород, содержали калий, углекислоту и серу (см. табл. 21 и 31). Это зафиксировано в развитии пиритизации, карбонатизации, образовании нового биотита по биотиту роговиков, усилении серицитизации и т. п. Содержание натрия здесь значительно падает.

Относительно Ключевского месторождения — представителя прожилково-вкрашенных руд можно сказать, что в его пределах гранитоиды испытали турмалинизацию, окварцевание и довольно интенсивную пиритизацию. Золотоносность этого пирита много выше, чем в ореоле рудного поля. Аналогичные данные приведены А. М. Кузьминым и Г. В. Шубиным (1966) по Илинскому месторождению.

Формирование золоторудных тел Натальевского месторождения наложено на скарны, Мурунтауского — на роговики, Оганчинского — на пропилиты, Бақырчикского — на лиственитизированные породы и т. д.

Н. И. Бородаевский и С. Д. Шер (1967) также показывают, что на золоторудных месторождениях часто наблюдаются проявления двух этапов

изменений вмещающих пород, которые соответствуют: «1) внедрению гранитоидов главной фазы и 2) внедрению парагенетически связанных с гранитами даек».

Приведенные данные свидетельствуют о разном генезисе сравниваемых ореолов золота.

Опробование пород в пределах месторождений показало, что здесь о среднем содержании золота в целом для месторождения говорить невозможно. Но в общем оно выше местного фона (ореола рудного поля) по крайней мере в несколько раз. Разброс содержаний по сравнению с ореолами рудного поля (местным фоном) возрос на два порядка. Выявленные отличия в распределении золота в породах жильных месторождений (высокий процент встречаемости проб с низкими содержаниями, см. табл. 15) объясняются приуроченностью околожильных изменений и рудных тел к узким линейно-вытянутым зонам. Сульфидная минерализация на прожилково-вкрапленных месторождениях, соответствующая ранней стадии образования сульфидов в жильных телах (Петровская, Андреева, 1969), распространена по всей их площади.

На фоне очень большой неравномерности распределения золота во вмещающих породах месторождений отчетливо выделяются по отношению к рудным телам внешний отрицательный, положительный и экзоконтактовый отрицательный ореолы с характерными для каждого из них средними содержаниями и распределением золота. Нередко экзоконтактовые отрицательные ореолы осложнены ореолами позднего наложения. В этих ореолах золото концентрируется в разных минералах и имеет корреляционные связи с разными породобразующими элементами и элементами-примесями.

Все это вместе взятое подкрепляет вывод о разновременности образования ореолов рудного поля и ореолов месторождения. Формирование ореолов месторождений происходило внутри ореолов рудного поля и сопровождалось интенсивным перераспределением золота с выносом его из одних зон и концентрированием — в других.

Зональное распределение золота во вмещающих породах гидротермальных золоторудных месторождений относительно рудных тел наблюдается независимо от их морфологического типа, минерального состава, формации, возраста и состава вмещающих пород. Перечисленные факторы влияют главным образом на размеры ореолов. Рассмотрим, чем обусловлена эта зональность. Сопоставление изменений минерального состава пород по ореолам золота с установленными изменениями их химического состава позволило выявить ряд закономерностей, контролирующих зональное распределение золота вокруг рудных тел. Покажем это на примерах ореолов в порфиритах Берикуньского, гранодиоритах Дарасунского, песчано-сланцевых толщах Южно-Бесланского и Бақырчыкского месторождений.

Наиболее широко, в пределах всего Берикуньского месторождения, порфириды испытали серицитизацию, карбонатизацию и пиритизацию. Интенсивность процессов нарастает к жилам. В этом же направлении повышаются содержания калия, углекислоты и серы, а также их корреляционные связи с золотом. Привнос гидротермальными растворами калия способствовал развитию серицита за счет плагиоклазов, а биотита — за счет пироксенов, роговой обманки и биотита роговиков. Максимальные содержания калия приходится на экзоконтакты жил и прилегающие к ним области (до 0,25—1 м), где серицит составляет 40—60%. Освободившийся кальций углекислотой связан в карбонат. Благодаря привносу серы образовался пирит. Источником железа в 10 м и более (внешний отрицательный ореол) были главным образом магнетит и пльменит. Количество магнетита по направлению к жилам сокращается. По-видимому, этим объясняется установленное Ф. Б. Бакштом (1972) и Л. Я. Ерофеевым (1970) понижение магнитного поля околорудных тел некоторых золоторудных месторождений. Содержание золота в магнетитах из разных ореолов находится примерно на одном и том же уровне.

Вблизи жил, где идет интенсивная перегруппировка темноцветных, в процесс вступает железо и этих минералов. При общем уменьшении железа к жилам главным образом падает содержание его трехвалентной формы. В интервале 0,5—5 м от жил (положительный ореол) кривая двухвалентного железа (см. табл. 21, рис. 22) поднимается вверх по сравнению с более удаленными от них участками. Здесь, по-видимому, возникли условия, благоприятные для восстановления трехвалентного железа до двухвалентного. Образуются пирит и анкерит. Этот участок является главным носителем золота среди вмещающих порфиритов. Количество натрия в породах, в противоположность выше названным элементам, по направлению к жилам снижается (см. рис. 22). Следовательно, при разложении плагиоклазов, а также и роговых обманок, не весь натрий шел на образование альбита. Значительная его часть была вынесена. Повышение содержания титана фиксируется в возрастающей роли сфена. За счет разрушения ильменита вблизи жил, начиная с положительных ореолов, возникал лейкоксен.

Таким образом, выявляется постепенное одностороннее изменение пород к жилам, максимума оно достигает в экзоконтактах жил. Это изменение охватывает все три зоны распределения золота.

В экзоконтактах жил, т. е. участках, соответствующих экзоконтактовым отрицательным ореолам, наряду с максимально развитыми изменениями, присущими предыдущим интервалам (всему объему месторождения), проявлены изменения совершенно нового характера, свойственные лишь этим участкам пород. К числу их относятся, прежде всего, падения содержания большинства породообразующих и рудных элементов — кремнезема, натрия, железа, кальция, воды, золота, свинца, цинка, меди и других, образование обособленных кварцевых (хотя общее содержание здесь кремнезема падает!), карбонатных и кварц-карбонатных агрегатов с сульфидами. В кварц-карбонатных агрегатах кварц часто образует правильные кристаллы, словно кристаллизация идет в пустоте. Но многие зерна кварца содержат включения чешуек серицита, и чем ближе к краю агрегата, тем обильнее включения (см. рис. 25). Если в положительных ореолах рудные минералы, в частности пирит, рассеяны по породе, то в отрицательных они приурочены к кварц-карбонатным агрегатам (см. рис. 25). Размер их выделений увеличивается. Содержания золота в пирите понижаются на порядок по сравнению с положительным ореолом. Значительно различаются и золото-серебряные отношения: около 1 — в положительных и около 0,1 — в экзоконтактовых отрицательных ореолах.

Следовательно, для альбандов жил характерна интенсивная перегруппировка матернала с одновременным значительным выносом одних компонентов и привнесом других. Состав новообразований близок составу ранних минеральных ассоциаций в жилах. Золото-серебряные отношения в пирите отрицательных ореолов и раннем жильном пирите одинаковы.

В порфиритах Оганчинского месторождения изменения химического состава практически аналогичны таковым на Беркульском месторождении. Кривые изменения содержания кремнезема и суммарного железа повторяют конфигурацию кривой распределения золота.

В гранодиоритах ореолов рудных тел Центрального месторождения, по нашим материалам и данным Н. А. Розановой (1965), В. И. Баженова и И. В. Кучеренко (1970), изменения химического состава и минеральные превращения очень близки изменениям в Беркульском месторождении (см. табл. 22).

Гранодиориты ореолов рудных тел Дарасунского месторождения в общем претерпели те же изменения, что и породы предыдущих месторождений. Интенсивность серицитизации, карбонатизации и пиритизации растет к жилам, чему соответствует повышение содержания калия, углекислоты, сульфидной серы и других элементов (см. табл. 22). В экзоконтактах жил порода превращена в березит. И здесь на фоне одностороннего постепенного изменения пород к жилам в экзоконтактах их развиваются

обособленные агрегаты кварца. В том случае, когда пирит сопровождается относительно крупнозернистыми новообразованными агрегатами кварца, его зерна в значительной степени разъедены и нередко переотложены с образованием скелетных кристаллов (см. рис. 34), чего не наблюдается на удалении от жил более 2 м, т. е. за пределами экзоконтактовых отрицательных ореолов. Содержание золота в пирите здесь составляет десятые доли граммов на тонну, в положительных ореолах — граммы на тонну. Таким образом, для экзоконтактовых отрицательных ореолов и Дарасунского месторождения характерно явление переотложения и перегруппировки материала. На Дарасунском месторождении, в отличие от Беркульского, Оганчинского и Центрального, в экзоконтактовых отрицательных ореолах золота накапливается кремнезем. Это находится в соответствии с составом жил. Руды Дарасуна содержат значительно меньше кварца и много больше сульфидов по сравнению с сопоставляемыми месторождениями. Но в непосредственных контактах с жилами содержание кремнезема и на этом месторождении заметно снижается. Возможно, что количества кремнезема, вынесенного из этой узкой приконтактовой зоны, достаточно для образования кварца в маломощных существенно сульфидных жилах Дарасунского месторождения. Л. В. Фирсовым (1966) в золоторудных месторождениях Яно-Кольмской складчатой зоны установлена обратная зависимость между мощностью жил и содержанием в них пирита, арсенопирита и других рудных минералов.

В ореолах золота рудных тел, залегающих в песчано-сланцевой толще Бақырчикского и Южно-Бесланского месторождений, изменение химического состава при гидротермальном метаморфизме имеет свои особенности. Во-первых, содержания натрия во всех ореолах золота остаются примерно на одном уровне и резко понижаются только в приконтактовой части штокверковых и жильных рудных тел. Во-вторых, в экзоконтактовых отрицательных ореолах золота уменьшается количество углекислоты. По-видимому, здесь при формировании ореолов золота преобладал калиевый метасоматоз, тогда как в других случаях — углекисло-калиевый (см. табл. 22).

На изученных месторождениях с переходом от ореола рудного поля к площади самого месторождения, и особенно к конкретным рудным телам, прежде всего отмечается понижение содержания золота до регионального фона, которое затем переходит в положительные ореолы шириной от 1—2 до 250 м и более. Последние сменяются сравнительно узкими экзоконтактовыми отрицательными ореолами (табл. 32).

Постепенное и однонаправленное изменение вмещающих пород к рудным телам, достигающее максимума в их экзоконтактах, позволяет считать формирование внешних отрицательных и положительных ореолов золота результатом единого процесса гидротермального метаморфизма вмещающих пород, предшествующего образованию золоторудных тел и охватившего всю площадь (весь объем) месторождения. Сущность этого процесса заключается в калиевом и углекисло-калиевом метасоматозе, наложившемся на ореолы рудного поля и сопровождавшемся перераспределением золота и других элементов вмещающих пород.

Развитие изменений, характерных только для экзоконтактов рудных тел (участков, соответствующих отрицательным ореолам золота) на фоне выше отмеченного площадного гидротермального метаморфизма, показывает, что эти два типа изменений одновременны.

Гидротермальные растворы, содержащие калий, углекислоту, серу, а также натрий и хлор (Ильенко, 1970), «пропитали» всю массу пород в пределах будущего месторождения, и тем сильнее, чем ближе к ослабленным зонам, позднее проявившимся как жильные или штокверковые трещины, вмещившие рудные тела. Эти ослабленные зоны и благоприятствовали проникновению нагретых растворов, что вело в свою очередь к активизации поровых растворов самих пород. Возможность движения растворов вдоль

Ширина ореолов золоторудных тел *

Месторождение	Вмещающая порода	Морфология рудных тел	Ширина ореола, м		
			экзоконтак- тового отри- цательного	положитель- ного	внешнего отрица- тельного
Беркульское	Порфириты	Жилы	0,5	5	50
Оганчинское	»	»	1	10	60
Дарасунское	Гранодиориты	»	2	20	40
»	Габбро	»	0,5	2	15
Центральное	Гранодиориты	»	2	20	50
Акбай	Граниты	»	2	20	50
Комсомольское	Габбро-диориты	»	1	20	30
Аккальское	Песчаники, алевро- литы	»	1	5	10
Атбасарское	Сланцы	»	1,5	5	20
Любавинское (по Е. М. Квитковскому, 1963)	Песчаники, сланцы	»	4—6	4—6	Не изу- чен
Южно-Бесапанское	То же	»	3	5	»
Бакырчицкое	Песчаники, алевро- литы	»	1,5	5	20
»	То же	Прожилково- вкрапленные	4	40	Не изу- чен
Васильевское	Порфириты	То же	35	40	»
Ключевское	Гранодиориты	»	10	>200	»
Илийское	»	»	10	>200	»
Погромное	Кварцевые порфириты и их туфы	Штокверк	50	>300	»
Козловское	Гранодиориты, гра- ниты	Линзы и зале- жи	10	>200	»
Наташевское	Скарны, скарнопиды	»	1,0	3,0	10,0

* Ширина ореолов приведена только относительно одного бока рудных тел.

трещиноватых пород при закрытых трещинах отмечена Ф. Н. Шаховым (1964). Им же указывается, что начало процесса гидротермального метаморфизма характеризуется разложением вещества пород. Их компоненты переходят в подвижное состояние. Г. Л. Поспелов (1963) высказывал мысль, что в моменты наибольшего напряжения пород вся их масса становится проницаемой для термогидроколлонны. Наиболее важное значение для фильтрации магматогенного рудообразующего флюида, считал он, имеет предрудный интрузив, который в период деятельности флюида является наиболее высоконагретой горной массой. На Беркуле такими флюидопроводниками служили аплитовые дайки. Жилы нередко идут именно по этим дайкам и используют систему трещин, согласную с ними. При воздействии калийсодержащих растворов на породы, богатые кальцием и магнием, активность калия становится очень высокой (Коржинский, 1962, 1969). По данным Л. Н. Овчинникова и др. (1964), в слабом соляно-кислом растворе степень извлечения из пород железа пропорциональна содержанию щелочей в растворе. Присутствие в растворах натрия и калия повышает извлечение кобальта и никеля в 5—6, а меди и серебра — в десятки раз. При этом, возможно, извлекается и золото. По всей вероятности, здесь образуются комплексные ионы, центральные атомы в которых занимают металлы (Смирнов, 1969). Как показало изучение растворов включений в жильных кварцах Беркуля, эти комплексные ионы содержат серу (Щербаков и др., 1971). Могут образовываться соединения типа Na_3AuS_3 и K_3AuS_3 (Щербина, 1965) или гидросульфидные комплексы (Звягинцев, 1941). Перенос золота в комплексных серосодержащих ионах косвенно подтверждается сравнительно высокой корреляционной связью этого элемента с серой в по-

ложительных и экзоконтактовых отрицательных его ореолах. Не исключено и влияние фтора на перенос золота. Н. В. Вилор и Т. А. Шкарупа (1971) на основании экспериментальных исследований показали возможность выщелачивания золота, диспергированного в осадочных, вулканогенно-осадочных и магматических породах, метаморфогенно-гидротермальными растворами. Выщелачивание металлов из одних участков и последовавшее за ним осаждение в других привело к значительному их перераспределению в процессе околожильного изменения вмещающих пород. Об интенсивности происшедшего здесь выщелачивания золота можно судить по наличию проб, в которых спектрохимическим методом с чувствительностью $2 \cdot 10^{-8} \%$ устанавливаются только следы золота. С другой стороны, появление во внешних отрицательных ореолах содержаний на порядок более высоких, чем в исходных породах (местный фон), говорит о том, что золото после выщелачивания осаждалось и в этих ореолах, но очень слабо. Произошел вынос части золота из этой зоны. Основная его доля отложилась в наиболее ослабленных участках, где породы максимально метаморфизованы, что согласуется с выводом Ф. Н. Шахова (1964) о склонности отложения золота в условиях наиболее интенсивно протекающего метаморфизма. Так, Л. З. Палей и др. (1967), Д. Норман и Фан (1971) и другие отмечают, что содержание золота в породах возрастает пропорционально интенсивности метасоматических явлений. Как установлено В. Г. Мопсеенко (1965) для Приамурья и Ф. А. Летниковым (1968) для Северного Казахстана, при повышении интенсивности регионального метаморфизма пород (до степени «зеленых сланцев») концентрация золота в них также увеличивается. То обстоятельство, что в настоящее время в экзоконтактах рудных тел при максимально развитых изменениях пород содержание золота низкое, является дополнительным свидетельством более позднего образования экзоконтактовых отрицательных ореолов, а также и жильных трещин. Возможно, произошло «стягивание» золота к участкам, прогретым сильнее, т. е. в нашем случае к тем, которые были наиболее проницаемыми для гидротерм. О подобном механизме перераспределения золота говорят В. Г. Мопсеенко (1965, 1969), Н. А. Калиткина (1971), а молибдена — В. И. Сотников (1972). Э. Г. Дистанов (устное сообщение) и К. Р. Ковалев (1970) процесс стягивания железа из вмещающих пород при формировании метасоматических сульфидных тел объясняют стремлением раствора, производящего изменение пород, к выравниванию в нем содержания железа во всех участках объема. Представляется вполне вероятным влияние подобного фактора и на перемещение в нашем случае золота. Кроме того, в изученных месторождениях количество пирита в измененных породах возрастает к рудным телам. Золото концентрируется главным образом в пирите. С другой стороны, известно, что в условиях, богатых карбонатами, золото может осаждаться. Например, $2\text{Na}_3\text{AuS}_3 + 3\text{FeCO}_3 = 2\text{Au} + 3\text{FeS}_2 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3$ (Щербина, 1956). В интервале, соответствующем положительным ореолам, в большинстве случаев количество углекислоты возрастает до 600 % по сравнению с удаленными участками. Видно, она также играла немаловажную роль в осаждении здесь золота. Следовательно, наиболее благоприятными для осаждения золота были участки, ныне соответствующие рудным телам и прилегающие к ним. По мере осаждения золота в наиболее прогретой и гидротермально проработанной зоне пород (положительные ореолы, включавшие и наблюдаемые сейчас экзоконтактовые отрицательные ореолы, а также и участки, ныне соответствующие рудным телам), раствор стремился к выравниванию его содержания с растворами, удаленными от участков будущего рудообразования. В итоге сформировались положительные и внешние отрицательные ореолы золоторудных тел.

Даже ориентировочный подсчет показывает, что для создания положительных ореолов не требовалось каких-то отдаленных специальных источников золота. Достаточными были содержания его ореолов рудного поля, которые ранее включали и всю площадь месторождения.

Так, среднее содержание золота в положительных ореолах порфиритов Берикудя по 14 пересечениям достигает порядка 500 мг/т. Если учесть только наиболее часто встречающиеся средние содержания, то они составят около 150 мг/т. Во внешних отрицательных ореолах золота в порфири-тах менее 3 мг/т, а в известняках 0,3 мг/т (самое высокое содержание из 8 проб — 0,5 мг/т). Местный фон на данном месторождении близок к 6 мг/т. Чтобы 5-метровый интервал пород, соответствующий положительному ореолу, обогатить до 150 мг/т, требуется около 700 мг золота, а до 500 мг/т — 2500 мг. Для получения 700 мг достаточна ширина внешнего отрицательного ореола в 50—100 м, а для 2500 мг — в 200—300 м.

На Дарасунском месторождении среднее по золоту в положительных ореолах колеблется от 35—40 до 130 мг/т и более. Для того, чтобы обогатить 20-метровый интервал от 23,4 мг/т (местный фон) до 35—40 мг/т, требуется около 300 мг, а до 130 мг/т — 1070 мг золота. Во внешних отрицательных ореолах его содержание порядка 7 мг/т, а по данным В. А. Напартэ (1970) — даже ниже кларкового (имеется в виду кларк по А. П. Виноградову). Следовательно, при их формировании выносилось 16—20 мг/т золота. В этом случае 300 мг золота высвобождается из интервала шириной 15—20 м, а 1070 мг — из интервала 50—70 м.

Выявленная ширина внешних отрицательных ореолов на Дарасунском и Берикудльском месторождениях почти соответствует требуемой (см. табл. 32). Еще более наглядной была бы картина, если бы представилась возможность изучить соотношение содержаний золота в полном объеме ореолов, т. е. с учетом и вертикали.

Интенсивная перегрушировка элементов в экзоконтактных отрицательных ореольных зонах обусловлена суммарным воздействием на вмещающую породу метаморфизма, охватившего все рудное поле, гидротермального метаморфизма, проявившегося только на площади месторождения, и наложенного гидротермального изменения, связанного с процессом возникновения рудных тел.

Наложение экзоконтактных изменений на сформировавшиеся положительные ореолы могло произойти только при условиях, нарушивших равновесность существующей системы. Наиболее вероятным механизмом было возобновление активизации по ослабленным зонам, что нередко приводило к возникновению открытых полостей того или иного размера, формы и т. д.

Растворы, содержащиеся в породе, при этом, естественно, должны были устремиться к наиболее ослабленным зонам и возникшим полостям. Неравномерность вновь создавшейся системы приводила к растворению и переотложению материала. Падение содержаний золота, серебра, свинца, меди, кремнезема, натрия и других элементов в этих участках пород обуславливалось переходом их во вполне подвижное состояние и миграцией в рудные тела. Убедительным доказательством перехода золота из вмещающих пород является характер его распределения в штокверково-жилльных зонах. Здесь экзоконтактные отрицательные ореолы золота наблюдаются как относительно всей штокверково-жилльной зоны, так и в приконтактных участках отдельных крупных жил внутри этой зоны (см. рис. 39—42). Иное происхождение обедненных золотом зон трудно объяснить.

Подобный механизм движения растворов из вмещающих пород рассмотрен Д. С. Коржинским (1958 и др.), Л. Ш. Базаровым и др. (1964), Ю. А. Долговым (1965, 1968, 1969), Л. В. Фирсовым (1966), П. Т. Недашковским, Г. А. Нарновым (1968) и др. Здесь особо следует отметить известную модель Ю. А. Долгова адиабатической мобилизации вещества, обусловленной приращением свободного объема.

Возможность перехода золота из вмещающих пород, прилегающих к жилам, в жилы, кроме А. Локка и Ф. Н. Шахова (1964) показана В. Г. Моисеенко (1965), В. А. Буряком (1966, 1970), В. А. Напартэ (1968, 1971), В. Н. Долженко (1968), В. Г. Петровым (1969), Д. Б. Гошем и др.

(Ghosh a. o., 1970), В. В. Поликарпочкиным и др. (1971). В скарновом золотооруденении заимствование золота из вмещающих пород отмечено Ю. Г. Щербаковым и др. (1969).

Заслуживающим внимания представляется нам объяснение механизма образования отрицательных ореолов в экзоконтактах Дарасунских жил В. А. Напартэ (1968). Движение растворов в сторону ослабленных зон — зон повышенной трещиноватости может возникнуть вследствие перераспределения напряжений в объеме пород при активизации этих зон. Давление понижается к центру зон. Это ведет к перемещению раствора в этом же направлении. Фильтрующий поток может взаимодействовать с твердой фазой, неравновесной с ним. С этим же процессом автор связывает образование положительного и внешнего отрицательного («внеореольной отрицательной аномалии», по В. А. Напартэ) ореолов золота. С приоткрыванием жильных трещин возникает максимальный перепад давления на сравнительно небольшом интервале, что и обуславливает образование экзоконтактовых отрицательных ореолов золота.

Преобразования вмещающих пород, вызванные формированием минеральных ассоциаций более поздних стадий, как и на большинстве золоторудных (Бородаевская, 1944, 1947; Великий, 1950; Кутюхин, 1960; Громова, 1960; Филиппов, 1963; Пляшкевич, 1966; Фирсов, 1966; Югай, 1967; Фомин, 1968; Михайлова, 1968; Долженко, 1969; Бородаевский и др., 1958; 1960, 1962, 1967, и др.) и вообще жильных (Шахов, 1964) месторождений, здесь проявлены слабо. Но они довольно ясно выделяются на фоне предшествующих изменений пород. Так, на Бериккульском месторождении в кварц-пирит-арсенопиритовую стадию экзоконтакты жил обогащались мышьяком и сурьмой. В случае наложения на отрицательные ореолы изменений, связанных с образованием продуктивной минеральной ассоциации, концентрации золота, свинца, цинка, железа, сульфидной серы, кремнезема и других компонентов увеличивались. Окварцевание пород при этом обнаруживается макроскопически. Отмечаемое падение содержания калия в экзоконтактах жил приходится на участки, испытавшие влияние формирования продуктивной минеральной ассоциации в жилах.

Количество многих элементов, вынесенных из приконтактовых зон, явилось достаточным для формирования соответствующих минералов в рудных телах. К их числу относятся алюминий, железо, марганец, кальций, натрий, кремнезем и др.

Подсчет количества золота, вынесенного из обедненных приконтактовых полос, и сопоставление с содержанием его в рудных телах дали следующее. При рассмотрении конкретных разрезов Бериккульского месторождения оказалось, что в участках жил с промышленными содержаниями вынесенного из боковых пород золота недостаточно для отложения в данном разрезе жилы. В бедных же участках его количество в жиле или соответствует вынесенному из пород, или во много раз меньше (табл. 33). Если при подсчете оперировать средними значениями по всем использованным разрезам в целом, то получается, что количество золота, сконцентрированного в жилах, примерно в 5 раз больше, чем вынесенного из приконтактовых отрицательных ореолов. Но здесь, прежде всего, нужно учесть, что ни одна из жил не была полностью охвачена разрезами опробования во всем объеме ее околорудного пространства. Если учесть данные А. И. Кучина (1970) о том, что на Бериккульском месторождении промышленной является только четвертая часть рудных подсечений, а по подсчетам авторов — даже не более пятой, то искать дополнительный источник золота для отложения его в жилах нет необходимости.

Одно из рудных тел Бақырчыкского месторождения в горизонтальном сечении имеет размер $220 \times 18,5$ м² при среднем взвешенном содержании золота 8 усл. ед. Оно окаймляется отрицательным ореолом со средней шириной 3,56 м и содержанием 0,51 усл. ед. Далее отрицательный ореол сменяется положительным шириной 3,5 м с содержанием золота 2,24 усл. ед.

Рассмотрим блок высотой в 1 м. До формирования рудного тела весь объем его (7404,7 м³) был занят положительным ореолом и содержал 16 586,6 усл. ед. золота. Ныне существующий (остаточный) положительный ореол содержит 3535,8 усл. ед. В отрицательном ореоле осталось 804,3 усл. ед. Следовательно, из ореолов ушло 12 226 усл. ед. золота. Фактически в рудном теле имеется 32 560 усл. ед., т. е. для образования данного штокверково-вкрапленного рудного тела за счет ранее возникшего здесь ореола недостает 20 333,5 усл. ед. Это почти 2/3. Но как уже отмечалось, интенсивность проработки пород усиливается к центру ослабленной зоны и в этом же направлении растет содержание золота, достигая максимума в центре зоны, т. е. в центральной части ранее существовавшего положительного ореола. Особенно ясно это видно на графиках распределения золота в породах при пересечении жил, где размеры ореолов значительно превышают размеры самих рудных тел. На Бакырчикском месторождении мы имеем дело только с внешней каймой ранее существовавшего положительного ореола. В участке, занятом ныне рудным телом, вполне возможными были содержания, намного большие, чем 2,24 усл. ед. Кроме того, как и для случая с Берикюлем, остается неизвестным расстояние, пройденное растворами по вертикали.

Нам представляется, что вопрос о количестве золота, заимствованного из вмещающих пород, можно решить только в том случае, если рассмотреть рудное тело, в частности жилу, целиком, проследив все ореолы как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Но поскольку жила обрабатывается, как правило, не один год, выполнить данную задачу очень затруднительно. На современном уровне знаний мы можем

Таблица 33

Сопоставление количества золота, вынесенного из приконтактной части, с его концентрацией в жилах - Берикюль

Мощность, усл. ед.	Жилы		Экзоконтактный отрицательный ореол										Всего
	содержание золота		Было золота				Сод: кг/т				Вынесено		
	г/т	усл. ед. - г/т	в лежачем боку		в височном боку		в лежачем боку		в височном боку		из лежачего боку	из височного боку	
0,30	264	79,2	1	0,75	156	78	14,5	10,9	0,2	40	740	1500	
0,35	7	2,25	43	21,5	114,8	29	6,7	3,3	0,2	18,2	18,2	36,4	
0,25	71	17,75										136	
0,30	15	4,5	42	0,21	45	2,2	27	1,3	1,8	9	9	37,5	
0,10	20	0,002	8	0,04	45	13,5	0,8	0,004	4,6	0,04	0,04	2,3	
0,35	20	7	39	19,5	45	4	1	0,5	4	19	19	31	
0,10	0,01	0,001	50	30		4,8	2,9			27	27	54	

только сказать, что при образовании руд по крайней мере часть золота заимствована из вмещающих пород. Следует отметить, что ряд авторов своими расчетами утверждают возможность формирования месторождений полностью за счет содержания данного компонента во вмещающих породах. Так, Р. В. Бойл (Boyle, 1960) доказывает, что источником всех жильных и рудных компонентов являлись вмещающие породы. По его подсчетам, в блоке зеленокаменных пород до их смятия было 416 т золота и 41,568 т серебра. В месторождениях, связанных с этим смятием, оказалось 134 т золота и 28,5 т серебра. Отсюда следует, что понижение содержаний в породах всего на 1/3 обеспечит образование месторождения. В. Г. Петров (1969), рассматривая эндогенные месторождения золота северной части Енисейского края, показал, что золотокварцевые жилы этого района возникли за счет вещества вмещающих пород, извлеченного из них при гидротермальном метаморфизме. Подобный вывод делает А. Т. Бендик (1970) по Мурунтаускому рудному полю, а В. А. Буряк — по Ленскому золотоносному району и др.

Таким образом, в создании золоторудного месторождения играет роль сумма факторов. Первым очень важным условием является образование ореолов рудных полей — повышение содержаний золота на больших площадях в связи со становлением магматических массивов или в результате проявления регионального метаморфизма и других процессов. Кроме того, вполне допустимо, что ореолы рудных полей могут иметь очень сложное, неоднаковое происхождение. Они могут быть результатом изменений пород нескольких этапов и даже циклов (в понимании Н. И. Бородавского и С. Д. Шера, 1967).

Второе необходимое условие — проявление в пределах ореолов рудного поля гидротермального метаморфизма, создающего здесь локальные положительные ореолы золота за счет его перераспределения. Гидротермальный метаморфизм вне ореолов рудного поля менее благоприятен для образования значительных по размерам и содержанию положительных ореолов (при прочих равных условиях). Итак, чем богаче и чем шире ореол рудного поля, тем больше перспектив для последующих перераспределений золота (и других элементов), связанных с деятельностью как этих же магматических очагов, так и очагов более позднего возраста.

Третье необходимое условие — появление в пределах положительных ореолов зон особо высокой активизации или открытия полостей, с которыми связано наложение новой стадии гидротермального метаморфизма — возникновение экзоконтактовых отрицательных ореолов. За пределами положительных ореолов наложенные процессы менее перспективны для промышленной концентрации. С другой стороны, если процесс активизации участков прекращается только на стадии образования положительных ореолов, не достигая апогея, промышленные концентрации также могут не образоваться. По-видимому, этим и объясняется то, что далеко не все выявленные практикой аномальные участки оказываются перспективными. Такие примеры наблюдались нами в одной из тектонических зон Оганчинского месторождения (см. рис. 26).

Закономерное расположение продуктов гидротермальной деятельности — руда → экзоконтактовый отрицательный ореол → положительный ореол → внешний отрицательный ореол — свидетельствует об их принадлежности к единому прерывистому процессу рудообразования. Об этом же говорит и тот факт, что пострудные нарушения и низкотемпературные гидротермальные наложения не приводят к заметным перераспределениям золота не только в породах, но и в рудах (Рослякова, 1970). С этой точки зрения заслуживает внимания прямая, хотя и невысокая, связь контрастности между положительным и экзоконтактовым отрицательным ореолами с содержанием золота в рудах (см. рис. 45—48).

Весьма интересным оказалось сопоставление околорудноизмененных пород Бериккульского месторождения с породами, претерпевшими

региональный метаморфизм, фации зеленых сланцев. В. А. Буряк (1970) показал, что с породами биотит-хлоритовой субфации связана слабозолотоносная минерализация, а серицит-хлоритовой — богатая. На Бериккульском месторождении зона интенсивного развития биотита и хлорита принадлежит положительным ореолам золота, а серицит-хлоритовая и серицитовая — отрицательным, к которым и приурочивается золотооруденение. Такое совпадение, несмотря на различие в типе метаморфизма, по-видимому, обусловлено общими физико-химическими характеристиками этих пород. Серицит-хлоритовая субфация соответствует образованию экзоконтактовых отрицательных ореолов золота и началу оформления самих рудных тел. Этим и объясняется, что оруденение, «синхронное серицит-хлоритовой субфации метаморфизма», наиболее богато золотом. Слабая золотоносность оруденения, синхронного биотит-хлоритовой субфации метаморфизма, объясняется тем, что она соответствует только стадии образования положительных ореолов.

Распределение золота во вмещающих породах рудопроявлений Александровского и Сухой Лог центральной части Ленского золотоносного района, имеющих сложный метаморфогенный генезис (Буряк, 1966), в общем аналогично таковому на изученных нами месторождениях, возникших в связи с магматической деятельностью.

Эти данные лишней раз подтверждают вывод о том, что все ореолы золота образовались главным образом за счет перераспределения его во вмещающих породах горячими растворами и в дорудный период. Перераспределение золота сопровождалось изменением химического и минерального состава вмещающих пород. Содержание золота в породах при этом повышается с усилением интенсивности метаморфизма.

Золотоносность растворов, отделяющихся от кристаллизующихся магматических тел, приведенными данными не опровергается, хотя роль их, по-видимому, не является определяющей в рассмотренных процессах. В этой связи хочется заметить, что вывод П. Ф. Иванкина (1970) о том, что «источники рудообразующих растворов лежат не так глубоко от мест отложения руд», еще более приложим к полученным нами данным.

ПОИСКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ЭНДОГЕННЫМ ОРЕОЛАМ

Высокая стоимость поисков рудных месторождений по их эндогенным ореолам требует разработки критериев, используя которые можно было бы сосредоточить основное внимание на ограниченных перспективных участках. Проведенное нами исследование позволяет наметить ряд геохимических поисковых признаков и критериев золотоносных площадей, а в их пределах — отдельных рудоносных зон и рудных тел.

В настоящее время поиски золоторудной минерализации геохимическими методами ведутся главным образом по элементам-индикаторам: меди, свинцу, мышьяку и др. Более того, ряд специалистов в качестве рекомендации высказывают мысль, что опробование пород на золото следует производить только в заключительную стадию поисковых работ при детализации аномалий других металлов (Григорян, Зубов, 1971; Оразбеков, 1972). Делаются попытки разработать математическую модель, с помощью которой можно было бы оценивать золотоносность месторождений и ореолов по элементам-спутникам (Красников, 1968).

Все эти предложения вызваны, с одной стороны, необходимостью усовершенствования существующих методик поисков золоторудных месторождений, а с другой — отсутствием экспрессных высокочувствительных методов определения ультрамалых количеств золота в различных геологических образованиях. Высокочувствительными методами сейчас уже

владеют многие научно-исследовательские и некоторые производственные организации. Это настоятельно требует изменения взглядов на место золота при геохимических поисках его руд.

Рассмотрим приведенный в предыдущих разделах материал с точки зрения его практического использования.

Установлено, что золото образует различные по площади и интенсивности проявления эндогенные ореолы. Все они генетически связаны с метаморфизмом вмещающих пород, имеют поликомпонентный состав и являются надежными геохимическими индикаторами на золотое оруденение. Отчетливо выделяются три типа ореолов золота: 1) ореолы рудных полей; 2) ореолы месторождений и 3) ореолы рудных тел. Каждый из них имеет свои специфические особенности, что позволяет дифференцированно использовать их в зависимости от целей и масштабов геохимических исследований. На основании новых данных, о которых шла речь выше, подчеркнем главные особенности, касающиеся повышения эффективности применения геохимических методов поисков коренного оруденения золота по его эндогенным ореолам.

При оценке перспектив на золото больших площадей неопенимую помощь могут оказать его ореолы рудного поля. Они развиваются на большой площади, занимая десятки и сотни квадратных километров. Их площадное развитие находится в некотором соответствии с масштабами оруденения. Чем большую площадь занимает ореол рудного поля, тем вероятнее обнаружение в его пределах крупного месторождения. Ореолы этого типа являются одной из необходимых предпосылок образования руд. Они генетически связаны с площадным гидротермальным контактовым и региональным метаморфизмом, поэтому контролируются породами, испытавшими соответствующие изменения. В этих ореолах золото практически ни с одним из элементов, входящих в ощутимых количествах в состав руд, не коррелирует. Наиболее типичный спутник золота в ореолах рудных полей — мышьяк. Но и он не проявляет надежной корреляционной связи с интересующим нас элементом, а чувствительность его определения спектральным методом очень низка (0,01%). На золоторудных площадях аномалии мышьяка развиваются как над золоторудными телами и зонами, так и самостоятельно. Знакомство с фоновыми материалами показывает, что далеко не каждая аномалия мышьяка отвечает наличию здесь золотоносной минерализации. Примером могут служить рудные поля Бакырчикского, Козловского, Васильевского и даже Мурунтауского месторождений. Последнее считается открытым по ореолам мышьяка (Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана, 1969). Но, как видно из рис. 10, это месторождение расположено на площади, очень зараженной золотом и, несомненно, было бы открыто быстрее по этому огромному ореолу, будь в то время возможность в массовых количествах проб определять миллиграммовые содержания золота. В равной мере это относится даже к тем элементам золотых руд, для которых имеются высокочувствительные экспрессные методы анализа. На рис. 7 отчетливо видно несовпадение ореолов мышьяка и свинца с местоположением золотой минерализации. Более того, размеры этих ореолов по сравнению с ореолами золота малы. То же самое можно сказать и о соотношении ореолов легкоподвижной ртути и «трудноподвижного» золота. Как показано на примере Дарасунского рудного поля, ртуть далеко не всегда может быть универсальным индикатором на золотое оруденение.

Все вышеизложенное позволяет считать, что в начальные стадии геохимических поисковых работ на коренное золото совершенно необходимо анализировать само золото.

В работе уже неоднократно обращалось внимание на то, что основным отличием ореола рудного поля от регионального фона наряду с повышением среднего содержания золота является резкое возрастание

неравномерности его распределения. Причем в процессе перераспределения одни участки ореола обогащаются золотом, а другие — резко обедняются. Большой разброс содержания золота в ореоле рудного поля и присутствие здесь его количеств, даже ниже региональных фоновых, порой приуроченных к самим золоторудным месторождениям, требуют большой тщательности при выделении площадных ореолов данного элемента. Традиционная методика оконтуривания ореолов только по повышенному содержанию металла в данном случае не совсем приемлема. Ореол золота представляет собой сочетание содержания самых различных классов — от десятых долей миллиграммов на тонну до первых граммов на тонну. При этом чем больше дисперсия золота, тем надежнее выделен ореол. Поэтому при его оконтуривании должна учитываться вся площадь, характеризующаяся аномальным распределением золота — разбросом содержания в пределах 2 и более порядков при среднем в несколько раз выше регионального фона (десятки миллиграммов на тонну).

При отсутствии достаточных аналитических данных за региональный фон золота можно принимать его кларки в соответствующих породах или содержания в пределах 1—5 мг/т. Высокая встречаемость проб ореола рудного поля с содержаниями золота ниже кларковых, приуроченность таких аномально низких концентраций золота к промышленно интересным участкам, а также свойство рассматриваемого ореола иметь большой разброс содержания требуют применения при поисках перспективных на коренное золото районов аналитического метода, обладающего большой точностью и чувствительностью определения данного металла в количествах 1 мг/т и ниже. Для практических целей удобен хорошо зарекомендовавший себя спектрохимический метод, чувствительность которого сейчас доведена до $2,0 \cdot 10^{-8}\%$. К сожалению, этот метод имеет сравнительно низкую производительность и в этом отношении требует усовершенствования.

При выборе площадных аномалий для дальнейшей детализации предпочтение следует отдавать тем из них, которые характеризуются большей площадью и дисперсией золота. Аномалии, занимающие малую площадь и характеризующиеся низкой дисперсией золота, малоперспективны. Их дальнейшее изучение должно планироваться на более позднее время.

Геохимические поиски месторождений в пределах золотоносных районов должны ориентироваться на выявление ореолов более высокого порядка. Ореолы рудного поля в данном случае служат местным фоном.

Ореолы месторождений генетически связаны с гидротермальным метаморфизмом. Они контролируются полями развития хлоритизованных, серицитизованных, окварцованных, пиритизованных и других продуктов гидротермальной деятельности. Данные ореолы имеют также площадный характер, но значительно уступают по размерам ореолам рудного поля. Они также находятся в соответствии с масштабами месторождения. Ореолы золота крупных месторождений занимают десятки, мелких — первые квадратные километры.

Строение ореолов месторождений сложное. Здесь, в отличие от окружающих их ореолов рудных полей, содержание золота колеблется еще в более широких пределах — от десятых долей миллиграмма на тонну до первых граммов на тонну при среднем в сотни миллиграммов на тонну. Поэтому при выделении и этих ореолов следует учитывать как аномально высокие, так и аномально низкие содержания золота, причем чувствительность аналитического метода должна быть столь же высока.

Поиски отдельных золоторудных тел по их эндогенным ореолам весьма эффективны не только в разведываемых участках, но и в стадии эксплуатационных работ. Ореолы золоторудных тел значительно превышают размеры самих тел как по мощности и протяженности, так и по падению. Рудные тела жильного типа сопровождаются ореолами золота, суммарная ширина которых достигает 100—150 м. Еще больше

она у рудных тел прожилково-вкрапленного и штокверкового типов. Ореолы рудных тел, являясь частью ореолов месторождений, также характеризуются очень большим разбросом содержаний золота. Наиболее высокие ореольные концентрации золота обычно пространственно несколько разобщены от рудных тел полосами обедненных им пород. Поэтому перспективная аномалия вкрест простираения рудного тела имеет трехвершинное строение. Две, крайние, вершины соответствуют положительному ореолу, развивающемуся висячем и лежащем боках рудного тела, а третья, центральная, — рудному телу. Если разделяющие их экзоконтактные отрицательные ореолы имеют содержание золота, близкое к местному фону и ниже, создается впечатление, что в данном участке имеются три самостоятельные аномалии с повышенными концентрациями золота. При этом по продуктивности аномалии, соответствующие ореолам, могут быть даже выше, чем аномалия над выклинившимся рудным телом. Это особенно характерно для месторождений жильного типа, где мощность рудных тел составляет первые десятки сантиметров, а положительных ореолов золота — до первых десятков метров (см. табл. 32). В месторождениях прожилково-вкрапленных руд экзоконтактные отрицательные ореолы золота редко бывают ниже местного фона. Они обычно содержат порядка 100—300 мг/т золота. Поэтому три аномально повышенных участка в данном случае разделяются зонами с пониженными, но все же аномально высокими концентрациями благородного металла. При сближенных рудных телах зональность распределения повышенных и пониженных содержаний золота в околорудном пространстве осложняется. Междурудный участок в одних случаях может характеризоваться ультранизкими количествами золота, в других — аномально высокими или рядовыми. Весьма перспективно изучение эндогенных ореолов золоторудных тел с целью поисков в пределах золотоносной зоны обогащенных участков или рудных столбов. Их геохимические поисковые критерии рассмотрены нами ранее.

Как ореол месторождения в целом, так и ореолы отдельного рудного тела имеют поликомпонентный состав, отражающий состав первичных руд и околорудноизмененных пород. Зональное распределение этих элементов по падению позволяет оценивать уровень эрозийного среза рудного тела и перспективу оруденения на глубину. Этот вопрос с достаточной полнотой освещен в литературе. Отметим лишь, что ореолы золота более продуктивны и имеют большую ширину в участках оптимальной золотоносности. По мере удаления от них как по восстанию, так и по падению рудного тела степень проявления ореолов золота ослабевает. Это в равной мере относится и к другим элементам первичных руд.

При детализации аномалий важно знать соотношения ореольных элементов и их корреляционные связи. Обнаружение корреляционных зависимостей золота с серебром, цинком, свинцом, висмутом, мышьяком и другими халькофильными элементами обычно свидетельствует о близости золоторудных тел.

Таким образом, при поисках золоторудных месторождений по эндогенным ореолам наиболее высокий эффект можно получить, анализируя породу как на элементы-индикаторы, так и на самое золото. В настоящее время технические условия для этого имеются. Естественно, геохимические данные следует интерпретировать на строгой геологической основе.

Мы обсуждали всего лишь один принципиально важный вопрос: роль золота при геохимических поисках его коренного оруденения по эндогенным ореолам. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что золото необходимо определять на каждом этапе геохимических исследований. Золоторудные месторождения следует искать по золоту. Только такой подход позволит правильно оценивать перспективу исследуемого участка, а в его пределах — отыскивать с наименьшими затратами труднооткрываемые золоторудное тело и месторождение.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдрахманов К. К., Бакенов М. М., Гринвальд М. Н., Дуйсенбеков Д. Д., Дурсунов А. Д., Тукенов Н. Т., Хасенов Х. М. О новом золоторудном месторождении Акбакай в Чу-Илийских горах.— *Известия АН КазССР, Серия геол.*, 1972, № 2, с. 38—41.
- Алабин Л. В. Геохимия и условия образования Центрального и Кундатского массивов Мартайгнского комплекса (Кузнецкий Алатау). Автореф. канд. дисс. Новосибирск, 1968, с. 32.
- Алабина А. А., Росляков Н. А., Сотников В. И., Харитонов И. И., Цимбалист В. Г. Особенности распределения золота и молибдена в породах Давендинско-Ключевского рудного узла.— В кн.: Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. Чита, изд. Заб. фил. геогр. об-ва СССР, 1971, с. 75—83.
- Алексеев Д. Н., Росляков Н. А., Куклин Г. Д., Невзоров Ю. Г. Геохимические особенности и золотосодержание древних вулканогенно-осадочных и терригенных отложений Среднего Привитимья.— В кн.: Вопросы золотосодержания Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 156—161.
- Амирян Ш. О. Некоторые соображения об источниках золоторудной минерализации по данным нейтронно-активационного анализа.— *Доклады АН Арм. ССР*, 1970, т. 51, № 2, с. 110—114.
- Аношин Г. Н., Бушляков И. Н., Потапьев В. В. Распределение золота в породах и минералах гранитоидных массивов Алтая, Забайкалья и Урала.— *Известия Томского политехнического института*, 1970, т. 239, с. 39—44.
- Аношин Г. Н., Емельянов Е. М., Пережогин Г. А. Золото в современных осадках северной части бассейна Атлантического океана.— *«Геохимия»*, 1969, № 9, с. 1120—1129.
- Аношин Г. Н., Золотарев Б. П. Распределение золота в траппах Сибирской платформы.— В кн.: Траппы Сибирской платформы и их металлогения. Иркутск, 1971, с. 109—111.
- Аношин Г. Н., Кепежинская В. В. Распределение золота в кайнозойских вулканических породах Курило-Камчатской провинции в связи с их петрохимическими особенностями.— *«Геохимия»*, 1972, № 8, с. 910—925.
- Аношин Г. Н., Потапьев В. В. Золото в гранитах Колыванского (Алтай) и Хангалдай-Шелинского (Забайкалье) массивов.— *«Геохимия»*, 1966, № 9, с. 1070—1075.
- Атабекьянц К. П. Первичные ореолы золото-сульфидных месторождений.— *«Сов. геология»*, 1972, № 1, с. 128—135.
- Аферов Ю. А., Звягин В. Г., Рослякова Н. В., Росляков Н. А., Шабьин Л. Л., Эпов И. Н. Золото в породах, растениях и водах Дорасуяского месторождения.— В кн.: Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. Чита, 1968, с. 146—149.
- Ахмедов А. М., Гавриленко Б. В., Предовский А. А. К геохимии золота в метаморфизованных осадочных породах печенгского комплекса.— *«Материалы по геологии и металлогении Кольского п-ова. Апатиты»*, 1972, вып. 3, с. 211—215.
- Бакенов В. И., Кучеренко И. В. Околорудные изменения вмещающих пород в контакте с золоторудными кварцевыми жилами в Центральном рудном поле (Маршанская тайга).— В кн.: Геология золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск, «Наука», 1970, с. 88—99.
- Базаров Л. Ш., Добрецова И. Л., Юсунов С. Ш. Характер распределения фтора вокруг камерного пегматита в гранитах.— *«Докл. АН СССР»*, 1964, т. 157, № 5, с. 1135—1138.
- Баймухамедов Х. Н., Юсунов Р. Г., Батырмухамедов А. К., Бородин Ю. В. Некоторые металлогенетические аспекты золотосодержащих граунитов.— *«Узб. геол. ж.»*, 1972, № 4, с. 21—25.
- Бакенов М. М., Кожокеев О. К., Енсебаев З. Е. О закономерности распределения элементов-примесей в одном из золоторудных месторождений Калбы.— *«Геология»*, Алма-Ата, 1969, вып. V, с. 144—151.
- Бакшт Ф. Б. Геофизические методы как средство изучения золоторудных столбов на скарных месторождениях Горного Алтая.— В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 165—168.
- Беда В. Д. Об одной особенности рудоносности Центрально-Камчатской рудной зоны.— В кн.: Вопросы золотосодержания Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 56—63.

Беда В. Д., Кучерова М. А. О содержании золота в породах Камчатки.— В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 210—212.

Бендик А. Т. Геолого-генетические особенности золотого оруденения Мурунтауского рудного района. Автореф. канд. дисс. Ташкент, 1970, с. 30.

Беус А. А., Беренгилова В. В., Грабовская Л. И., Кочемасов Г. Г., Леонтьева Л. А., Ситнин А. А. Геохимические поиски эндогенных месторождений редких элементов (на примере талала). М., «Наука», 1968, с. 264.

Бовдаренко В. Н., Шилин Н. Л. К вопросу геохимической специализации на золото гранитоидных формаций Центральной Камчатки.— В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971, с. 180.

Борисов В. А. О закономерностях пространственного размещения золотого и молибденового оруденения в Амуджикано-Давендинском рудном районе.— В кн.: Геология некоторых рудных месторождений Забайкалья. Чита, 1968, с. 163—175.

Бородаевская М. Б. О происхождении березитов и некоторых других метасоматических пород Березовского золоторудного месторождения на Среднем Урале.— «ЗВМО», М.—Л., 1944, ч. 73, № 1—2, с. 123—141.

Бородаевский Н. И. Материалы по методам изучения структур и геологической перспективной оценки месторождений золота. М., 1960, с. 417 (Тр. ЦНИГРИ, вып. 35).

Бородаевский Н. И. Лиственнитизация как генетический комплекс гидротермальных изменений.— В кн.: Генетические проблемы руд. МГК, XXI сессия, проблема 16. М., 1960, с. 118—127.

Бородаевский Н. И. О закономерностях размещения, генезисе и типах золотоносных рудопоявлений Калбы.— «Тр. ЦНИГРИ», 1962, вып. 41, с. 87—100.

Бородаевский Н. И. Генетические типы гидротермальных золоторудных месторождений СССР.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 7. М., «Наука», 1964, с. 376—378.

Бородаевский Н. И., Панова В. В. Золотоносные лиственниты Маралихинского месторождения на Южном Алтае.— «Тр. ЦНИГРИ», 1958, вып. 25, кн. 1, с. 81—125.

Бородаевский Н. И., Шер С. Д. Об окологорудных изменениях в месторождениях золота.— «Тр. ЦНИГРИ», 1967, вып. 76, с. 113—126.

Буряк В. А. О генезисе золоторудной минерализации центральной части Ленского золотосного района.— В кн.: Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., «Наука», 1966, с. 66—100.

Буряк В. А. О характере метаморфогенного оруденения и металлогенической специализации различных фациальных метаморфических комплексов.— В кн.: К вопросу об источнике вещества эндогенных рудных месторождений. Алма-Ата, 1970, с. 71—74.

Бульничков В. А., Пономарев В. Н. О закономерностях морфологии и формирования рудных столбов Старо-Берикульского месторождения.— В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 140—146.

Вахрушев В. А. Минералогия, геохимия и образование месторождений скарново-золоторудной формации. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 240.

Великий А. С. Анализ процесса околожильного изменения пород, вмещающих кварцево-золоторудные месторождения.— «Вестник ЛГУ», 1950, № 5, с. 90—108.

Вилор Н. В., Шкаруна Т. А. Растворение тонкодисперсного золота в гидротермальных растворах при высоких температурах и давлениях (экспериментальное исследование).— В кн.: Тезисы докладов. Междуна. геохим. конгр. М., 1971, с. 283—284.

Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры.— «Геохимия», 1962, № 7, с. 555—571.

Власов Г. М., Василевский М. М. Гидротермально измененные породы Центральной Камчатки, их рудоносность и закономерности пространственного размещения. М., «Недра», 1964, с. 220.

Воин М. П. Некоторые особенности локализации участков промышленной золотоносности среди площадей бедной вкрапленной минерализации на примере месторождений Западной Калбы.— «Тр. ЦНИГРИ», 1962, вып. 55, с. 57—63.

Волярович Г. П. О закономерностях размещения золотоносных районов на территории СССР.— «Тр. ЦНИГРИ», 1961, вып. 38, с. 3—20.

Волярович Г. П., Рожков П. С. Золотоносные провинции и области СССР.— «Тр. ЦНИГРИ», 1967, вып. 76, с. 45—71.

Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М., Гостеолтехиздат, 1963, с. 464.

Воротников Б. А., Попова Л. М., Росляков Н. А., Рослякова Н. В., Цимбалест В. Г. Поведение золота и его спутников в полях золоторудных месторождений северной части Кузнецкого Алатау.— «Известия Томского политехнического ин-та», 1968, т. 134, с. 189—196.

Воскресенская Н. Т., Зверева Н. Ф. Некоторые вопросы геохимии золота в связи с рудоносностью магматических комплексов Северного Казахстана.— «Геохимия», 1968, № 4, с. 421—431.

Воскресенская Н. Т., Зверева Н. Ф., Конкина О. М., Фельдман В. П. Поведение золота в процессе дифференциации основной магмы.— «Геохимия», 1970, № 12, с. 1438—1445.

Гапон А. Е. О первично-осадочных концентрациях золота в породах догалдынской свиты (Ленский золотоносный район).— «Зап. Забайкальского фл. геогр. о-ва СССР», 1971, вып. 53, с. 22—23.

Геохимические методы поисков рудных месторождений. Библиографический указатель литературы (1925—1963 гг.). Вып. 1. М., «Наука», 1966, с. 276.

Геохимические поиски рудных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1957, с. 468.

Глейзер Л. М. К распределению золота в отложениях нижнего палеозоя Пскемского хребта (Тянь-Шань).— «Зап. Узб. отд. ВМО», 1970, вып. 22, с. 206, 207.

Годлевский М. Н., Разин Л. В., Конкина О. М. Золотоносность дифференцированных интрузивов Норильского типа.— «Тр. ЦНИГРИ», 1970, вып. 87, с. 42—57.

Гончаров Г. С., Коростин В. В., Таран А. Н. Первичные ореолы Майкаинских золото-сульфидных месторождений.— «Методика и техника разведки», Л., 1965, № 53, с. 25—29.

Горбатов О. И. Золотоносность среднепалеозойских интрузивных пород (Южно-Приморская зона).— В кн.: Вопросы золотоносности Дальнего Востока, Благовещенск, 1971, с. 69—72.

Горошко Г. Г., Добрая В. Т., Мельников В. Д. Геохимические особенности рудовмещающих отложений Токурского рудного поля (Приамурье).— В кн.: Вопросы золотоносности Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 92—95.

Григорян С. В. Исследования в области прикладной геохимии в 1962—1963 годах (краткий обзор опубликованных работ).— Вопросы прикладной геохимии. М., «Недра», вып. 1, с. 7—21.

Григорян С. В. Первичные геохимические ореолы гидротермальных месторождений, методы их изучения и практическое использование. Автореф. докт. дисс. М., 1971, с. 75.

Григорян С. В., Зубов М. А. Эндогенные геохимические ореолы золоторудных месторождений.— В кн.: Вопросы прикладной геохимии. Вып. 2. М., «Недра», 1972, с. 44—52.

Григорян С. В., Петров Ю. П. Зональность первичных геохимических ореолов золоторудных месторождений Средней Азии как основа прогнозирования скрытого золотого оруденения.— В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 179—181.

Григорян С. В., Янишевский Е. М. Эндогенные геохимические ореолы рудных месторождений и их использование при поисках скрытого оруденения. М., «Недра», 1968, с. 204.

Громова Е. П. Околорудные изменения вмещающих пород одного золоторудного месторождения в Восточном Саяне.— «Зап. Вост.-Сиб. отд. ВМО», 1960, вып. 2, с. 101—116.

Гуров Л. П. Особенности формирования верхнемезозойских Джалиндинских гранитоидов и Кировского золоторудного месторождения.— В кн.: Вопросы золотоносности Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 88—91.

Давлетов И. К. Поведение золота в процессе кристаллизации интрузивных пород на примере Четкальской зоны Тянь-Шаня.— «Бюлл. МОИП. Отд. геол», 1969, т. 44, № 5, с. 143.

Давлетов И. К. Оценка среднего содержания золота в главных породообразующих минералах интрузивных пород.— «Докл. АН СССР», 1970, т. 190, № 6, с. 1448—1450.

Давлетов И. К., Джакшибаев Ш. Минеральный баланс и особенности поведения золота в процессе становления интрузивного тела.— «Геохимия», 1970, № 12, с. 1446—1455.

Денисов Ю. П. Распределение золота в жилах Комсомольского месторождения (Кузнецкий Алатан).— «Изв. Томского политехнического ин-та», 1970, т. 239, с. 220.

Дженчураев Д. Д. О вариациях содержания золота в магматогенных образованиях.— В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971, с. 164—165.

Дмитриев А. Н., Зыков С. И., Кляровский В. М., Щербаков Ю. Г. Новые данные о мезозойском магматизме и оруденении в Горном Алтае и Кузнецком Алатане.— «Докл. АН СССР», 1963, т. 153, № 4, с. 903—905.

Долгов Ю. А. Об аднабатической мобилизации рудообразующих растворов.— «Геол. и геофиз.», 1965, № 8, с. 3—16.

Долгов Ю. А. Эволюция и флуктуация термодинамических параметров в полостном эндогенном минералообразовании.— В кн.: Минералогическая термометрия и барометрия. М., «Наука», 1968, с. 125—136.

Долгов Ю. А., Базаров Л. Ш., Юсупов С. Ш. Поиски не выходящих на поверхность рудных тел по распределению элементов во вмещающих породах.— «Разв. и охрана недр», 1969, № 7, с. 26—29.

Доленко В. Н. Об источнике рудного вещества на золоторудном месторождении Султан-Сары (Северная Киргизия).— В кн.: Металлогения Тянь-Шаня. Фрунзе, «Илим», 1968, с. 292—293.

Доленко В. Н. Метасоматиты Султан-Сары (Центральный Тянь-Шань) и характер связи с ними золоторудной промышленности.— В кн.: Материалы к симпозиуму по проблемам метаморфизма. М., 1969, с. 282—288.

Еркин В. М. Гидротермально измененные породы Центрально-Камчатской вулканической зоны.— В кн.: Магматизм Северо-Востока СССР. Магадан, 1968, с. 180, 181.

Ерофеев Л. Я. О некоторых закономерностях связи структуры магнитных полей с геологическим строением золоторудных месторождений жильного типа, локализованных в интрузивных массивах.— «Известия Томского политехнического ин-та», 1970, т. 239, с. 427—428.

Завьялов В. А., Мальцева О. С., Кононенко В. Д. Золото в одном из девонских разрезов Притиманья.— В кн.: Микроэлементы в каустобиолитах и осадочных породах. М., «Наука», 1965, с. 100—106.

Зверева Н. Ф., Гавриленко Б. В. Золото в породообразующих минералах интрузивов Кырккудукского комплекса (Северный Казахстан).— «Геохимия», 1971, № 1, с. 114—118.

Звягин В. Г. Рудные столбы на Дарасунском месторождении. Автореф. канд. дисс. Томск, 1970, с. 17.

Звягин В. Г., Фаворов В. А. Критерии оценки рудных столбов на Дарасунском месторождении.— В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 97—103.

Звягинцев О. Е. Геохимия золота. М., Изд-во АН СССР, 1941, с. 114.

Иванкин П. Ф. Формы связи оруденения с интрузивами.— В кн.: Магматизм и металлогения Алтае-Саянской складчатой области. Новосибирск, 1970, с. 142—148.

Ильенок С. С. Генетические связи оруденения с интрузивами.— В кн.: Геология золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск, «Наука», 1970, с. 3—30.

Калиткина Н. А. Экспериментальное изучение поведения золота в сульфиде и сопутствующих реакционных взаимодействиях при повышенных температурах (250—700° С). Автореф. канд. дисс. М., 1971, с. 23.

Карбивничий И. Н. Рудные и россыпные проявления золота Камчатки.— «Сов. геол.», 1970, № 7, с. 59—70.

Карбивничий И. Н., Тарасенко Т. В. Некоторые особенности металлогении золота на Камчатке и юго-западной части Корякского нагорья.— В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971, с. 176, 177.

Квятковский Е. М. Первичные ореолы рассеяния кварц-золоторудных жил Любавинского рудного поля (Восточное Забайкалье).— «Зап. Ленинградского горного ин-та», 1963, т. 45, № 2, с. 10—15.

Китаев Н. А. Поиски золоторудных месторождений балейского типа с использованием первичных ореолов рассеяния и вопросы методики полевых работ.— «Известия Забайкальского фил. геогр. об-ва СССР», 1968, т. 4, № 2, с. 102, 103.

Китаев Н. А., Нарышев А. М., Поликарпочкин В. В. Первичные ореолы рассеяния ртути в Балейском золоторудном поле.— В кн.: Вопросы металлогении ртути. М., «Наука», 1968, с. 228—232.

Китаев Н. А., Новиков В. М., Нарышев А. М., Поликарпочкин В. В. Сравнительные данные по элементному составу и зональности первичных ореолов эпитермальных золоторудных месторождений Забайкалья и Дальнего Востока.— «Ежегодник-1969 Сиб. ин-та геохимии», Иркутск, 1970, с. 223—226.

Китаев Н. А., Поликарпочкин В. В. Особенности первичных ореолов рассеяния Балейского рудного поля и их использование при поисках эпитермальных месторождений золота.— В кн.: Рудоносность вулканогенных образований Северо-Востока и Дальнего Востока. Магадан, 1967, с. 184—192.

Китаев Н. А., Сарапулова В. Н., Коротаяева И. Я. Золото-серебряное отношение в первичных ореолах Балейского золоторудного поля.— В кн.: Геология и разведка месторождений полезных ископаемых Забайкалья. Чита, 1968, с. 33, 34.

Ковалев К. Р. Особенности формирования руд колчеданно-полуметаллических месторождений Северо-Восточного Салаира и Восточной Тувы. Автореф. канд. дисс. Новосибирск, 1969, с. 32.

Козлов В. Д., Рошупкина О. С. Распределение молибдена в палеозойских гранитоидах Ундино-Газимурского района (Восточное Забайкалье).— «Геохимия», 1965, № 12, с. 1459—1468.

Коржинский Д. С. Режим кислотности, щелочности и вертикальная зональность при послемагматических процессах.— В кн.: Материалы Всесоюзного совещания по разработке научных основ поисков слепых рудных тел. М., 1958, с. 13—18.

Коржинский Д. С. Теория процессов минералообразования. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 24.

Коржинский Д. С. Теория метасоматической зональности. М., «Наука», 1969, с. 111.

Коротаяева И. Я., Поликарпочкин В. В. Содержание золота в осадочных породах района Нерчинского завода (Восточное Забайкалье).— «Геохимия», 1969, № 11, с. 1386—1391.

Красников В. И. Рациональные поиски рудных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1959, с. 411.

Красников В. И. К вопросу об оценке золотоносности рудных месторождений и ореолов рассеяния по элементам-спутникам в условиях Восточного Забайкалья.— В кн.: Геология некоторых рудных месторождений Забайкалья. Чита, 1968, с. 274—296.

Крейтер В. М. Структуры рудных полей и месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1956, с. 272.

Кузнецов В. А. Основные этапы геотектонического развития Алтае-Саянской горной области.— В кн.: Труды Зап.-Сиб. фил. АН СССР, вып. 12, 1952, с. 9—42.

- Кузнецов В. А. Геотектоническое районирование Алтае-Саянской складчатой области.— В кн.: Вопросы геологии Азии, Т. I. М., Изд-во АН СССР, 1954, с. 202—227.
- Кузьмин А. М., Шубин Г. В. Илльское месторождение (Восточное Забайкалье). Изд. Томского ун-та, 1966, с. 93.
- Курбанаев М. С., Гусманов Е. А., Исккив Б. М. Зональность первичных ореолов элементов-спутников золоторудных месторождений Северного Казахстана.— «Известия АН КазССР, Серия геол.», 1968, № 2, с. 31—42.
- Кутина Я. Н. Концентрация металлов в залебандах безрудных участков жил и нераскрытых трещин — геохимический критерий для поисков скрытого оруденения (на примере рудных жил в Пришбране, ЧССР).— В кн.: Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М., Госгеолтехиздат, 1963, с. 377—410.
- Кутюхин П. И. Значение измененных боковых пород при поисках и разведке «слепых» золотосных жил на Джетыгаринском месторождении.— В кн.: Труды Свердловского горного ин-та. Вып. 35, Свердловск, 1960, с. 27—41.
- Кутюхин П. И., Бородаевский Н. И., Бородаевская М. Б. О составе руд и околожильных изменениях на Березовском жильном поле.— «Сов. геол.», 1947, № 14—15, с. 110—116.
- Кучеренко И. В. Структурные условия формирования золотого оруденения в Бериккульском рудном поле.— «Известия Томского политехнического ин-та», 1970, с. 303—309.
- Кучин А. И. Геолого-структурные особенности Бериккульского золоторудного месторождения.— В кн.: Геология золоторудных месторождений Сибири. Новосибирск, «Наука», 1970, с. 100—104.
- Кушмурадов О. К. О содержании золота в осадочно-метаморфических и гранитоидных породах Северного Нуратау.— «Узб. геол. ж.», 1970, № 1, с. 8—11.
- Левин Г. Б. Некоторые особенности размещения золоторудных месторождений и локализации богатых руд в Юго-Западной Калбе.— В кн.: Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых Казахстана. Алма-Ата, 1968, с. 82—87.
- Легедза В. Я. О проявлении хемогенной золотосности осадочных пород.— В кн.: Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., «Наука», 1966, с. 55—66.
- Легедза В. Я. К вопросу об условиях концентрации тонкодисперсного золота в осадочных породах.— «Доклады АН СССР», 1969, т. 185, № 12, с. 437—440.
- Летников Ф. А. Некоторые черты металлогении золота в Северном Казахстане.— В кн.: Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Вып. 1. Алма-Ата, 1968, с. 57—60.
- Линдгрен В. Минеральные месторождения. Вып. 1. Пер. под ред. Б. П. Некрасова. М.-Л., ОНТИ НКТП, 1934, с. 187.
- Мельников В. Д., Мельникова Л. В. Закономерности распределения золота и малых элементов в гидротермально измененных вулканогенных породах месторождения Белая Гора (Нижнее Приамурье).— «Известия Томского политехнического ин-та», 1970, т. 239, с. 45—49.
- Мельников В. Д., Моисеенко В. Г., Фатьянов И. И. Распределение золота в осадочных породах Тукурингро-Джагинского антиклинария.— В кн.: Геология и полезные ископаемые Забайкалья. Чита, 1967, с. 39, 40.
- Миролюк А. Ф., Ложников А. В., Гаев А. Я., Явнишевский Е. В. Поведение золота в первичных ореолах одного из вольфрамовых месторождений Дальнего Востока.— В кн.: Вопросы золотосности Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 113—116.
- Михайлова М. С. Взаимоотношения процессов контактового метаморфизма, пропилитизации и оруденения на рудном поле одного из серебряно-золотых месторождений Сахалинского залива.— «Труды ЦНИГРИ», М., 1968, вып. 79, с. 103—110.
- Михайлова М. С., Щепотьев Ю. М., Эпштейн Ю. А. Особенности близповерхностного золотого оруденения, залегающего в полях мезокайнозойского вулканизма Дальнего Востока и Камчатки.— «Бюлл. МОИП», 1969, т. 44, № 4, с. 140.
- Михайлова Ю. В. Некоторые особенности распределения золота в сульфидных рудопроявлениях Чакчарских и Яккабакских гор, Южный Узбекистан.— «Зап. Узб. отд. ВМО», 1970, вып. 22, с. 196—201.
- Моисеенко В. Г. Метаморфизм золота месторождений Приамурья. Хабаровск, 1965, с. 127.
- Моисеенко В. Г. Поведение золота при термическом метаморфизме.— В кн.: Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., «Наука», 1966, с. 100—110.
- Моисеенко В. Г. Геохимические основы металлогении золота.— В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971, с. 156—162.
- Моисеенко В. Г., Нечкин Г. С. Золотосность интрузивных пород среднего состава и геохимические перераспределения золота.— «Известия Томского политехнического ин-та», 1968, т. 134, с. 25—29.
- Моисеенко В. Г., Фатьянов И. И., Карнаух Ю. А., Васильева Т. Г. Распределение и миграция золота.— В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 166—168.
- Моисеенко В. Г., Щека С. А., Фатьянов И. И., Иванов В. С. Геохимические особенности распределения золота в породах Тихоокеанского пояса. М., «Наука», 1971

- Монич В. К.** К проблеме кобальт-никелевых руд в Сибири.— «Вестник Зап.-Сиб. геол. треста», 1938, вып. 1, с. 1—11.
- Монич В. К.** Колчеданные залежи Берикуля.— «Труды Томского гос. ун-та», 1939, т. 96, с. 103—113.
- Муровцев А. В.** Золото в осадочно-вулканогенных толщах одного из золоторудных полей Средней Азии.— «Научные труды Ташкентского ун-та», 1968, вып. 337, с. 59—63.
- Наковник Н. И.** Определение количественного изменения вещества при гидротермальном метаморфизме.— «ЗВМО», 1958, ч. 87, вып. 4, с. 401—417.
- Напартэ В. А.** О некоторых закономерностях миграции химических элементов в процессе рудообразования.— «Известия Забайкальского фил. геогр. об-ва СССР», 1968, т. IV, вып. 5, с. 75—77.
- Напартэ В. А.** Зональность первичных ореолов Дарасунского золоторудного района и ее применение для прогнозных оценок. Автореф. канд. дисс. Иркутск, 1970, с. 24.
- Нарсеев В. А.** Общая схема зональности золоторудных месторождений Калбы.— В кн.: Геология и разведка месторождений полезных ископаемых Казахстана. Алмата, 1968, с. 35—39.
- Нарсеев В. А., Глоба В. А., Гражданцев Н. Г., Синеев О. А.** Геолого-промышленные типы золоторудных месторождений Казахстана.— В кн.: Вопросы геологии месторождений золота, 1970, с. 274—280. («Изв. Томского политехнического ун-та». т. 239).
- Недашковский П. Г., Нарнов Г. А.** Закономерности распределения олова в оловосодержащих гранитах, апогранитах и замещенных пегматитах Дальнего Востока.— «Геохимия», 1968, № 7, с. 786—794.
- Неронский Г. И.** О распределении золота в вулканогенных образованиях Верхне-Селемджинской зоны.— В кн.: Вопросы золотосодержащих Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 50—55.
- Неронский Г. И., Никитенко Н. Ф.** О содержании золота в силурийских кварцитовидных песчаниках хребта Ильтывус.— В кн.: Вопросы золотосодержащих Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 162—167.
- Неронский Г. И., Оленевская Н. Е.** О содержании золота в интрузиях Пикапского комплекса бассейна Селемджи.— В кн.: Вопросы золотосодержащих Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 64—68.
- Нифонтов Р. В.** К вопросу о хемогенной золотосодержащих осадочных горных породах некоторых районов.— В кн.: Методы исследования минерального сырья. М., Госгеолтехиздат, 1957, с. 90—97.
- Ножкин А. Д., Кренделев Ф. П., Гавриленко В. А., Миронов А. Г., Бобров В. А., Цимбалист В. Г.** Распределение золота и радиоактивных элементов в разрезе чингисанской серии Уволийского грабена (Енисейский край).— В кн.: Труды ИГиГ СО АН СССР. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 171—187.
- Норман Д., Фан К. Д.** Геохимические закономерности распределения золота в золотосодержащем районе Саит-Ирье, Центральный массив.— В кн.: Геология и геохимия рудных месторождений. М., «Мир», 1971, с. 53—64.
- Овчинников Л. Н., Григорян С. В.** Закономерности состава и строения первичных геохимических ореолов сульфидных месторождений.— В кн.: Научные основы геохимических методов поисков глубокозалегающих рудных месторождений. Иркутск, 1970, с. 3—36.
- Овчинников Л. Н., Шляпникова Д. С., Шур А. С.** Мобилизация и перенос вещества при эндогенном рудообразовании.— В кн.: Проблемы генезиса руд. МКГ, XXII сессия. М., 1964, с. 19—35.
- Озерова Н. А.** Первичные ореолы рассеяния ртути.— «Труды ИГЕМ АН СССР», М., 1962, вып. 72, с. 135.
- Оразбеков Г. Т.** Коэффициенты корреляции золота и элементов-спутников в первичных ореолах месторождения Жаналык (Северный Казахстан).— «Известия АН Каз.ССР. Серия геол.», 1972, № 2, с. 77—80.
- Палей Л. З., Муровцев А. В., Борозенец Н. И.** К геохимии золота в Султануиздаге.— «Узб. геол. ж.», 1967, № 6, с. 50—55.
- Парилов Ю. С., Егоров Г. С.** К методике геохимических поисков ртутных месторождений в Кузнецкой ртутной зоне.— «Геохимия», 1968, № 10, с. 1225—1236.
- Петров В. Г.** Эндогенные месторождения золота северной части Енисейского края. Автореф. канд. дисс. Новосибирск, 1969, с. 27.
- Петров В. В., Кренделев Ф. П., Бобров В. А., Цимбалист В. Г.** Поведение радиоактивных элементов и золота при метаморфизме осадочных пород Потамского Нагорья.— В кн.: Ежегодник-1969 Ин-та геохимии СО АН СССР. Иркутск, 1970, с. 115—119.
- Петровская Н. В.** Характер золотосодержащих минеральных ассоциаций и формаций золотых руд СССР.— В кн.: Генетические проблемы руд. МГК, XXI сессия, проблема 16. М., 1960, с. 145—159.
- Петровская Н. В.** О некоторых закономерностях размещения рудных столбов и минералогических критериях поисков скрытых участков богатых руд (на примере некоторых золоторудных районов).— В кн.: Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. М., Госгеолтехиздат, 1963, с. 285—313.
- Петровская Н. В.** Минеральные ассоциации в золоторудных месторождениях Советского Союза.— «Труды ЦНИГРИ», М., 1967, вып. 76, с. 78—112.

Петровская Н. В. О формациях золотых руд Узбекистана (по данным сопоставлений с золотым оруденением других металлогенных провинций).—«Геол. рудн. м-ний», 1968, т. 10, с. 3—16.

Петровская Н. В., Андреева М. Г. Ключевское месторождение как представитель золото-турмалинового оруденения (Восточное Забайкалье).— В кн.: Золоторудные формации Дальнего Востока. М., «Наука», 1969, с. 36—60.

Петровская С. Г., Костюкова Е. С., Глазунова А. Д. О формах нахождения элементов в различных типах эндогенных ореолов (на примере Шахталинского рудного поля).— В кн.: Ежегодник Ин-та геохимии СО АН СССР, 1970, Иркутск, 1971, с. 224—228.

Пляшкевич Л. П. Взаимоотношения процессов метасоматоза и оруденения в рудных полях эпitherмальных месторождений золота Северо-Востока.— В кн.: Материалы ко Второй конференции по околорудному метасоматозу. Л., 1966, с. 106—108.

Подзерский В. А., Подзерская Л. И. Новые данные по золотосности гор Бельтау (Центральные Кызылкумы).— «Зап. Узб. отд. ВМО», 1970, вып. 23, с. 36—43.

Поликарпочкин В. В., Китаев Н. А. Морфология, структура и зональность эндогенных ореолов эпitherмальных золоторудных месторождений.— В кн.: Геохимические и геофизические методы поисков скрытых месторождений. М., 1968.

Поликарпочкин В. В., Китаев Н. А., Гапон А. Е., Зонтов В. П. Геохимические особенности процессов образования золотоносных кварцево-сульфидных жил и зон.— В кн.: Международный геохимический конгресс. Тезисы докладов. Т. I. М., 1971, с. 379—380.

Поликарпочкин В. В., Китаев Н. А., Сарапулова В. П. Строение и вертикальная зональность первичных ореолов рассеяния Балейского золоторудного поля.— «Геохимия», 1965, № 8, с. 1024—1037.

Полторыхин П. П. Некоторые вопросы металлогении Кызыловской зоны смятия (Западная Калба).— «Геол. и геофиз.», 1970, № 7, с. 49—52.

Полторыхин П. П. Минерало-петрохимическая характеристика золоторудных минерализованных зон Калбы и некоторые вопросы их рудогенеза.— «Известия вузов. Геол. и разв.», 1972, № 6, с. 79—86.

Поспелов Г. Л. Геологические предпосылки к фазике рудоконтролирующих флюидопроводников.— «Геол. и геофиз.», 1963, № 3, с. 18—39.

Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 436.

Рахматуллаев Х. Р., Гамалеев П. Е. К вопросу об элементах-индикаторах на золотое оруденение в Западном Узбекистане.— «Доклады АН Узб.ССР», 1964, № 6, с. 38—41.

Рожков И. С. Проблемы геологии золота.— В кн.: Проблемы металлогении Советского Дальнего Востока. М., «Наука», 1967, с. 66—69.

Рожков И. С., Раковский Э. Е., Беренштейн Л. Е., Серебряный Б. Л., Шилин Н. Л. О неравномерности распределения золота в горных породах и минералах (по данным радиоактивного анализа).— «Доклады АН СССР», 1970, т. 191, № 4, с. 927—930.

Розанова Н. А. Околожилные изменения пород на Центральном месторождении и некоторые данные о распределении в этих породах золота.— «Груды ЦНИГРИ», 1965, вып. 63, с. 165—172.

Росляков Н. А. Зоны окисления сульфидных месторождений Западного Алтая. Новосибирск, «Наука», 1970, с. 254.

Росляков Н. А., Звягин В. Г. Геохимические поисковые критерии золоторудных столбов в некоторых кварц-сульфидных жслах.— В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 111—119.

Росляков Н. А., Лазин Б. П., Цимбалист В. Г. Поведение золота в полях золоторудных месторождений Центральной Камчатки (на примере Оганчшского рудного поля).— В кн.: Вопросы золотосности Дальнего Востока. Благовещенск, 1971, с. 99—104.

Рослякова Н. В. Поведение золота в гидротермальном процессе образования Беркульского золоторудного месторождения. Автореф. канд. дисс. Новосибирск, 1970, с. 24.

Рослякова Н. В. Зависимость концентрации золота в рудных столбах Беркульского месторождения от условий их образования.— В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 146—153.

Рослякова Н. В., Росляков Н. А., Звягин В. Г. Поведение золота в первичных ореолах некоторых жильных золоторудных месторождений.— «Изв. Томского политехнического ин-та», 1970, т. 239, с. 208—217.

Ротараш И. А. Золоторудные месторождения Юго-Западной Калбы (Восточный Казахстан) и их перспективная оценка. Автореф. канд. дисс. Свердловск, 1971, с. 25.

Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана. Ташкент, Изд-во «Фан», 1969, с. 396.

Санин Б. П., Зорина Л. Д. О распределении ртути на территории Калчкшнского рудного поля.— «Вопросы региональной геологии и металлогении Забайкалья», Чита, 1968, вып. IV, с. 158—162.

Сауков А. А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., Изд-во МГУ, 1963, с. 248.

- Сафронов Н. И. К теории первичных ореолов рассеяния. — В кн.: Новое в методике и технике геолого-разведочных работ. Т. 5. Л., 1962, с. 133—155.
- Сафронов Н. И., Полликарпочкин В. В., Трушков Ю. Н. Комплексные методы поисков месторождений золота. — «Сов геол.», 1961, № 4, с. 92—110.
- Сафронов Н. И., Полликарпочкин В. В., Утгоф А. А. Спектрозолотометрическая съемка как метод поисков золоторудных месторождений, не сопровождаемых механическими ореолами (россышиями). М., ОНТИ, 1960, с. 130—137 (Тр. ВИТРА, вып. 36).
- Сахарова М. С. Минералого-геохимические особенности золоторудных столбов на Дарасунском месторождении. — В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 103—111.
- Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1969, с. 687.
- Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. 1959.
- Сотников В. И. Некоторые проблемы формирования аномальных рудных концентратий на штоковерковых месторождениях субвулканического типа. — В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 370—378.
- Тимофеевский Д. А. Золоторудное месторождение Центральное. — В кн.: Геология главнейших золоторудных месторождений СССР. Т. V. М., 1952, с. 65—114.
- Тимофеевский Д. А., Щеглов П. И., Боршанская С. С. — В кн.: Геология главнейших золоторудных месторождений СССР. Т. V. М., 1952, с. 13—64.
- Толмачев И. И., Калинин С. К., Терехович С. Л., Сыромятников Н. Г., Заравняева В. К. Распределение палладия, платины и золота в магматических породах рифея и кембрия Боцекульского района (северо-восток Центрального Казахстана). — «Геохимия», 1971, № 3, с. 325—331.
- Уваров В. В., Дьячков В. А., Бурмистров В. Р., Степанов В. М., Мадьянов Т. К. Геохимия золота в магматических комплексах Калба-Нарымского района (Восточный Казахстан). — «Геохимия», 1972, № 9, с. 1130—1132.
- Файзуллин Р. М. О золотоносности верхнемезозойских Тергенских конгломератов Балейского грабена. — «Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья», Чита, 1968, вып. 3(5), с. 65—67.
- Фатьянов И. И., Кучерова М. А. Геологическое строение и золотая минерализация Многовершинного рудного поля (Южное Приамурье). — В кн.: Вопросы геологии, геохимии и металлогении Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. Владивосток, 1970, с. 269—271.
- Фахри А. Зональность первичных ореолов золоторудного месторождения и миграционная способность элементов. — «Вестник МГУ. Геология, серия IV», 1965, № 6, с. 31—43.
- Фахри А. Первичные ореолы золота и элементов-спутников на золоторудных месторождениях Казахстана. Автореф. канд. дисс. М., 1966, с. 24.
- Ферман А. Е. К геохимии золота. — «Доклады АН СССР», 1931, № 8, с. 199—204.
- Филиппов Г. В. О гидротермальных изменениях пород Ольховско-Чиббикской золоторудной зоны. — В кн.: Новые данные по геологии юга Красноярского края. Красноярск, 1963, с. 251—255.
- Фирсов Л. В. Содержание химических элементов в жилах золоторудных месторождений Яно-Колымской складчатой зоны и некоторые вопросы генезиса рудоносных растворов. — В кн.: Генетические особенности и общие закономерности развития золотой минерализации Дальнего Востока. М., «Наука», 1966, с. 110—132.
- Фомин П. С. Вулканизм, гидротермальные изменения и золотое оруденение месторождения Белой горы (Нижнее Приамурье). («Тр. ЦНИГРИ», 1968, вып. 79, с. 267).
- Фурсов В. З. Ореолы рассеяния ртути как поисковый признак на свинцово-цинковом месторождении Ачсай. — «Геохимия», 1958, № 3, с. 267—272.
- Фурсов В. З. Поиски слепых свинцово-цинковых месторождений по ореолам рассеяния ртути. — «Доклады АН СССР», 1961, т. 137, № 2, с. 411—414.
- Хамрабаев И. Х., Рахматуллаев Х. Р., Масдиев Р. А. Некоторые особенности распределения золота, свинца, урана и тория в гранитоидных породах закрытых территорий Центральных Кызылкумов. — «Геология, минералогия и геохимия Узбекистана». Ташкент, 1972, вып. 25, с. 148—151.
- Харитонов П. А. Осадочные месторождения золота как геохимическая проблема. — «Проблемы сов. геол.», 1936, № 7, с. 618—627.
- Харченко Ю. И., Фролов Ю. В., Щепотьев Ю. М. Золото-серебряное оруденение и вулканизм Центральной Камчатки. — В кн.: Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса. Владивосток, 1971, с. 178.
- Хомич В. Г. Надрудный ореол гидротермального изменения пород — критерий поисков скрытого близповерхностного золотого оруденения. — «Труды Иркутского политехнического ин-та», Иркутск, 1968, вып. 42, с. 177—185.
- Хьюлин К. Д. Структурные условия отложения руд. Пер. с англ. А. В. Королева. Тр. МГРИ, 1938, т. XI. с. 138—156.
- Цимбалов В. Г. Определение ультрамалых количеств золота в разных геологических объектах. — «Геол. и геофиз.», 1969, № 1, с. 121—123.
- Чайка В. М., Нежданова Г. Е. О миграции золота при метаморфизме сульфидсодержащих графитоподно-кварцитовых сланцев серии Кейв на Юльском полуострове. — «Доклады АН СССР», 1969, т. 188, № 2, с. 438—441.

- Чайковский В. К. Золото в осадочно-метаморфических породах и проблемы его изучения. — В кн.: Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований. М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 381—394.
- Чиро О. М. Эндогенные геохимические ореолы Типинского колчеданно-поллметаллического месторождения на Рудном Алтае. Автореф. канд. дисс. Новосибирск, 1971, с. 23.
- Чеботарев Г. М. О распределении золота в песчано-сланцевых породах Мурунтау. — «Доклады АН Узб.ССР», 1969, № 6, с. 52—54.
- Шахов Ф. Н. Основные направления научных исследований в золотоносных районах Сибири. — «Геол. и геофиз.», 1961, № 10, с. 89—101.
- Шахов Ф. Н. Геология жильных месторождений. М., «Наука», 1964, с. 220.
- Шахов Ф. Н. Некоторые проблемные вопросы в исследовании золоторудных месторождений. — «Геол. и геофиз.», 1969, № 1, с. 16—21.
- Шер С. Д. О химизме окolorудных изменений, сопровождающих золотоносные кварцевые жилы. — «Труды ЦНИГРИ», М., 1968, вып. 79, с. 97—102.
- Шер С. Д., Кондратенко А. К. О метаморфических преобразованиях пород южной части Ленского золоторудного района. — «Труды ЦНИГРИ», М., 1962, вып. 48, с. 75—101.
- Шер С. Д., Скляров В. М. Условия образования и локализации месторождений типа Мурунтау. — В кн.: Основные проблемы металлогении Тянь-Шаня. Фрунзе, 1971, с. 436—443.
- Шилин Н. Л. Становление гипабиссальных интрузивных тел и поведение золота в процессе кристаллизации гранитоидных магм на примере миоценовой формации габбро-гранодиоритов Центральной Камчатки. — В кн.: Магматизм Северо-Востока СССР. Магадан, 1968, с. 171, 172.
- Шилин Н. Л. Золото в породах Центральной Камчатки. — «Известия АН СССР. Серия геол.», 1968, № 11, с. 69—78.
- Щербаков Ю. Г. Золоторудные провинции и формации. — В кн.: Эндогенные рудные формации Сибири и Дальнего Востока. М., «Наука», 1966, с. 124—131.
- Щербаков Ю. Г. Распределение и условия концентрации золота в рудных провинциях. М., «Наука», 1967, с. 268.
- Щербаков Ю. Г. Распределение элементов в Земле и рудоносность магм. — «Труды СНИИГГИМСа» Новосибирск, 1969, вып. 90, с. 44—48.
- Щербаков Ю. Г. Геохимия золоторудных месторождений в Кузнецком Алатау и Горном Алтае. Новосибирск, «Наука», 1974, с. 300.
- Щербаков Ю. Г., Пережогин Г. А. О геохимической связи золотого оруденения с интрузивами и вмещающими породами в Западной Сибири. — «Геохимия», 1963, № 9, с. 851—858.
- Щербаков Ю. Г., Пережогин Г. А. К геохимии золота. — «Геохимия», 1964, № 6, с. 518—528.
- Щербаков Ю. Г., Рослякова Н. В., Павлова Л. К., Мельникова Р. Д. Геохимия золота в процессах образования гидротермальных золоторудных месторождений. — В кн.: Международный геохимический конгресс. Тезисы докл. М., 1971, с. 131—142.
- Щербаков Ю. Г., Рослякова Н. В. Золоторудные столбы в скарнах Синохинского месторождения. — В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 160—165.
- Щербина В. В. Формы переноса химических элементов в процессах минералообразования и условиях их концентрации. — В кн.: Вопросы геохимии и минералогии. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 72—82.
- Щербина В. В. О геохимическом значении количественного отношения серебра к золоту. — «Геохимия», 1956, № 3, с. 65—73.
- Щербина В. В. Взаимосвязь явлений минералообразования и изоморфизма. — «Геохимия», 1965, № 3, с. 259—268.
- Югай Т. А. Гидротермальный метаморфизм и золотое оруденение на месторождении Белая Гора. — «Геол. и геофиз.», 1967, № 5, с. 55—63.
- Янишевский Е. М., Григорян С. В., Баранов Э. Н., Вертенев Г. И., Каблуков А. Д. Эндогенные ореолы некоторых гидротермальных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1963, с. 123.
- Boyle R. W. The geology, geochemistry and origin of the gold deposits of Jellowknife district. — «Geol. Surv. of Canada Mem», 1960, v. 310.
- Brownlow Arthur H., Mantei Erwin J. Variation in gold contents of minerals of the Marysville quartz diorite stock, Montana. — «Geol. Soc. Am.» Special Papers, 1966, № 87, p. 22.
- Clarke T. M. The Data of Geochemistry. Washigton, 1924.
- Ghosh D. B., Sasry B. B. K., Rao A. J., Rahim A. A. Ore environment and ore genesis in Ramagiri, Gold Field, Andhra Pradesh, India. — «Econ. geol.», 1970, v. 65, № 7, p. 801—814.
- Goldschmidt V. M. Geochemistry. Oxford, 1954.
- Green J. Geochemical table of the elements for 1953. — «Geol. Soc. Amer. Bull.», 1953, v. 64.
- Krauskopf K. B. Sedimentary deposits of rare metals. — «Econ. Geol. 1905—1955», 1955, pt. 1, p. 411.

Macher Fritz. Beitrag zur Bestimmung kleiner Goldmengen in Gesteinen und Mineralien. Die Spektrographische Bestimmung des Goldes in Biotit.— «Chem. analit.» (Polska), 1962, v. 7, № 2.

Mantei Erwin J., Brownlow Arthur H. Variation in gold contents of minerals of the Marysville quartz diorite stock, Montana.— «Geoch. et Cosmochim. Acta», 1967, v. 31, № 2, p. 225—235.

Mantei E., Bolter E., Al Shaieb Zuhair. Distribution of gold, silver, copper, lead and zinc in the productive Marysville stock, Montana.— «Min. deposita», 1970, v. 5, № 2, p. 184—190.

Rankama K., Shahama Th. Geochemistry. Univ. Chicago Press, 1950.

Starke R., Rentzsch J. Geochemische Untersuchungen des Nebengesteins einiger Freiberger Gangformationen.— Geologie, H. 4. Berlin, 1959.

Vincent E. A., Crocket J. H. Studies in the geochemistry of gold. I. The distribution of gold in rock and minerals of the Skaergaard intrusion, East Greenland. II. The gold content of some basic and ultrabasic rocks and stone meteorites.— «Geoch. et cosmochim. acta», 1960.

Wilson H. D. B. Geochemical studies of the Epithermal Deposits at Goldfield, Nevada.— «Econ. Geol.», 1944, v. 39, № 1, p. 37—55.

Wrucke C. T., Armbrustmacher T. J., Hessin T. D. Distribution of gold, silver and other Metals Near Gold Acres and Tenado Lander County, Nevada.— «Geol. Surv.», Circular 589, Washington, 1968.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	5
Современное состояние изученности эндогенных ореолов золоторудных месторождений	6
Геологический очерк объектов исследования	10
Месторождения Кузнецкого Алатау (Алтае-Саянская золоторудная провинция)	10
Месторождения Казахстанской золоторудной провинции	15
Месторождения Калбы	15
Месторождения Юго-Западного Прибалхашья	18
Мурунтауское рудное поле (Средне-Азиатская золоторудная провинция)	18
Месторождения Забайкальской золоторудной провинции	20
Оганчинское рудное поле (Камчатско-Корякская золоторудная провинция)	28
Фоновые содержания золота в главных типах пород изученных регионов (региональный фон)	30
Осадочные породы	30
Вулканогенные породы	34
Интрузивные породы	35
Метаморфические породы	36
Эндогенные ореолы золота	38
Ореолы рудных полей (местный фон)	40
Ореолы месторождений	48
Ореолы рудных тел	51
Ореолы рудных тел, залегающих в вулканогенных породах	51
Ореолы рудных тел, залегающих в интрузивных породах	74
Ореолы рудных тел, залегающих в осадочных породах	82
Общие черты распределения элементов-примесей вмещающих пород золоторудных месторождений	89
Распределение элементов-примесей в порфиритах Бериккульского месторождения	89
Распределение ртути в породах Дарасунского рудного поля	93
Распределение золота и молибдена в породах Давендинско-Ключевского рудного узла	95
О зональности распределения ореолообразующих элементов в околорудном пространстве	96
Геохимические поисковые критерии золоторудных столбов	98
К вопросу о генезисе эндогенных ореолов золота	105
Поиски золоторудных месторождений по эндогенным ореолам	117
Литература	121

C O N T E N T S

Preface	5
Contemporary state study of endogenic aureoles of gold deposits	6
Geological assay of research's object	10
Deposits of Kuznetskii Alatau	10
Deposits of Kazakhstan gold province	15
Deposits of Kalba	15
Deposits of South-West Prebalkhash	18
Muruntau ore field (Middle-Aziya gold province)	18
Deposits of Zabaikal gold province	20
Ogantcha ore field (Kamchatca-Koryac gold province)	28
Background gold contents of main rock types of studieng region (regional background)	30
Sedimentary rocks	30
Volcanogenic rocks	34
Intrusive rocks	35
Metamorphic rocks	36
Endogenic aureoles of gold	38
Aureols of ore fields (local background)	40
Aureols of gold deposits	48
Aureols of ore bodies	51
Aureoles of ore bodies occurencieng in volcanogenic rocks	51
Aureoles of ore bodies occurencieng in intrusive rocks	74
Aureoles of ore bodies occurencieng in sedimentary rocks	82
General features of distribution of admixture elements of gold deposits's post rocks	89
Distribution of admixture elements in porphyrites of Berikul deposits	89
Distribution of mercury in rocks of Darasun ore field	93
Comparison of gold's and molybdenum's distribution in rocks of Davenda-Klyuchy ore group	95
About zoning of distribution of aureoles — forming elements in near — ore space	96
Geochemical prospecting criterion of gold — ore shoots	98
To question of genesis of endogenic gold aureoles	105
Search for gold deposits by endogenic aureoles	117
References	121



Нина Васильевна Рослякова, Николай Александрович Росляков

ЭНДОГЕННЫЕ ОРЕОЛЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Ответственный редактор Валерий Алексеевич Кузнецов

Редактор Е. Я. Ярошевский. Художественный редактор В. И. Жемлин. Художник Н. А. Паскун.
Технический редактор Г. Г. Сеяченко. Корректоры Н. В. Клопотная, М. М. Мосенков

Сдано в набор 18 марта 1974 г. Подписано в печать 17 января 1975 г. МН 01503. Формат 70×108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. 8,25 печ. л., 11,6 усл. печ. л., 12,0 уч.-изд. л., Тираж 1400 экз. Заказ 58. Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука». 630077 Новосибирск, 77, Станиславского, 25.