

На правах рукописи

МАСЛЕННИКОВ Валерий Васильевич

**ФАКТОРЫ РУДОЛОКАЛИЗАЦИИ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ
ТОЛЩАХ (НА ПРИМЕРЕ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА)**

Специальность: 04.00.11 – Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений; металлогения

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени доктора
геолого-минералогических наук

Томск-1998

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Кучеренко Игорь Васильевич
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Мананков Анатолий Васильевич
доктор геолого-минералогических наук, профессор
Сотников Виталий Иванович

Ведущая организация: Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва

Защита диссертации состоится 24 июня 1998 года в 10 часов в 111 аудитории 1
корпуса на заседании диссертационного совета Д 063.80.08 при Томском
политехническом университете по адресу: г. Томск, пр. Ленина, 30

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении 25 лет научной и производственной деятельности автора основными объектами его исследований являлись месторождения золота, закономерности их формирования и размещения, как основа для разработки действенных прогнозно-поисковых критериев, а также методов геолого-экономической оценки золоторудных объектов на разных стадиях их изучения. Результаты этих исследований легли в основу настоящей работы.

Постановка проблемы и актуальность исследований. Черносланцевые формации довольно широко распространены в различных структурах земной коры и являются типичными представителями разновозрастных складчатых и офиолитовых поясов. В этих углеродистых толщах залегают крупнейшие месторождения золота, суммарные запасы которых составляют 30,62% мировых запасов золота без учета запасов Витватерсранда (Vache, 1982). Кроме того, в рудах отдельных месторождений золота в черносланцевых формациях установлены повышенные содержания элементов платиновой группы, что в перспективе может значительно повысить их ценность. Это позволяет считать золоторудные месторождения в черносланцевых формациях важным источником золота не только сейчас, но и в следующем столетии, чем определяется актуальность и перспективность исследований по данной проблеме.

Несмотря на длительную историю и обилие публикаций, некоторые вопросы, важные для понимания природы золотого оруденения в черносланцевых формациях, остаются недостаточно изученными, другие требуют уточнения.

К ним относятся: глубокий сравнительный анализ геотектонических, палеогеографических условий формирования черносланцевых формаций, вмещающих золоторудные месторождения, их петрохимических и минералогических особенностей, установление отличий этих черносланцевых формаций от подобных, вмещающих месторождения иных полезных ископаемых. Другими проблемами, имеющими особое значение при генетических построениях, являются: установление связей природных процессов концентрации золота в черносланцевых толщах с магматизмом и трансмагматическими гидротермально-флюидными системами, глубины формирования, минералого-геохимическая, структурно-морфологическая зональность месторождений и рудных тел на рудных полях, а также условия локализации крупных рудных тел и крупных месторождений золота.

Цель исследований. Основной целью работы являлось решение проблемы оруденения в черносланцевых формациях на примере золоторудных месторождений. В рамках этой проблемы решались следующие задачи: 1) установление геотектонических, палеогеографических условий формирования черносланцевых формаций в золоторудных районах, выявление их петрохимических, минералого-геохимических особенностей и фоновой золотоносности; 2) изучение связей золотого оруденения с

глубинным строением земной коры, магматизмом и трансмагматическими гидротермально-флюидными системами, определение петрохимических особенностей магматических пород на рудных полях; 3) рудно-формационный анализ золоторудных месторождений, изучение их минералого-геохимической и структурно-морфологической зональности, типизация золоторудных полей и месторождений в черносланцевых формациях, выявление особенностей формирования крупных рудных тел и крупных месторождений; 4) формирование на основе выявленных факторов рудолокализации прогнозно-поисковых критериев, выбор перспективных площадей и объектов, разработка методов экспрессной геолого-экономической оценки месторождений.

Фактический материал, использованный в работе, был получен в процессе многолетних (с 1973 года) исследований, проведенных автором в качестве ответственного исполнителя в рамках тематических и научно-исследовательских работ при обобщении материалов по золотоносности Восточного Казахстана (1975), обобщении и прогнозной оценке рудных полей и месторождений Архарлы (1979), Миялы (1980), Бакырчик (1981), Маралиха (1981), Васильевское (1985), при генеральных подсчетах запасов месторождений Бакырчик (1976,1997), Большевик (1985, 1987, 1998), при обобщении материалов геологоразведочных работ по месторождениям Эспе (1987), Токум (1987), Баладжал (1991).

Изученные месторождения отражают практически весь спектр минералого-геохимического и структурно-морфологического разнообразия золотого оруденения в черносланцевых формациях Восточного Казахстана и характеризуются масштабами от мелких, с запасами золота 0,5-4 т и средних (25-34 т), до крупных - 300 т золота.

Были составлены металлогенические прогнозные карты на золото Восточного Казахстана (масштаба 1:500000), геологические карты золоторудных полей и месторождений (масштаба 1:2000 - 1:10000), проведено дешифрирование космических и аэрофотоснимков территории региона площади около 30 тыс. кв. км. В процессе работы были использованы сотни химических анализов пород, руд и метасоматитов, определений изотопов серы пирита и арсенопирита, тысячи эмиссионно-сцинтилляционных анализов на золото и ЭПГ, декрептометрических анализов и замеров магнитной восприимчивости спектрозолотометрических анализов, десятки тысяч анализов минералогических проб, полуколичественных и количественных спектральных, пробирных и химических анализов сделанных в производственных лабораториях ПГО "Востказгеология", Семипалатинской и Алтайской ГРЭ, рудников Боко и Бакырчик.

Научная новизна. 1. Разработана и обоснована концепция формирования золоторудных месторождений в неспециализированных на золото черносланцевых формациях путем воздействия на них гидротермально-флюидных систем, сопровождавших становление и развитие доаболитовых магматических формаций - производных единой базальтовой магмы.

2. Выдвинута и обоснована концепция о значительном сходстве черносланцевых формаций в различных золоторудных регионах по временному интервалу формирования геосинклинально-складчатых систем, геотектоническим условиям образования, химическому составу, содержанию $C_{орг}$ и др. и резкому их отличию по этим параметрам от черносланцевых формаций, вмещающих другие полезные ископаемые [5, 10, И, 14, 17, 22, 32, 35].

3. Установлена связь между формированием золоторудных месторождений, залегающих в черносланцевых толщах, и заключительными стадиями развития трансмагматических флюидных систем [2, 3, 5, 6, 10, 28, 80, 34, 35].

4. Обоснован единый генетический ряд золоторудных месторождений различных структурно-морфологических типов. Последнее объясняется как различной средой рудообразования, так и положением месторождений в единой рудно-метасоматической колонне [6, 10, 15, 18, 19, 20, 21, 24, 26, 34].

5. Установлены различия в условиях формирования мелких и крупных золоторудных тел и месторождений [20, 31, 34]. Установленные в результате исследований закономерности формирования золоторудных месторождений значительно расширяют представления о процессах эндогенного рудообразования и могут служить составной частью модели формирования гипабисальных гидротермальных месторождений.

Практическая значимость. Разработаны новые количественные методы формирования прогнозно-поисковых критериев [4, 9, 20], которые позволили выделить новые перспективные площади и объекты. Выданные на их основе рекомендации изложены в геологических отчетах, а также использовались непосредственно автором в его практической деятельности на должностях главного геолога Семипалатинской и Алтайской геологоразведочных экспедиций, президента АО "Алтайзолото" и начальника Семипалатинского областного департамента недропользования. В результате была доказана перспективность флангов и глубоких горизонтов (600-1000м) месторождения Бакырчик (1976, 1981, 1997), Большевик (1981, 1985, 1987, 1998), Эспе (1987), Васильевское (1987); были выявлены: новый тип промышленных руд на законсервированном месторождении Баладжал (1991) и новое золоторудное месторождение Токум (1987). По всем этим объектам выданы лицензии на геологическое изучение и разработку.

Разработанные новые методы экспрессной геолого-экономической оценки россыпных и мелких коренных месторождений золота [7, 8, 12] с 1981г рекомендованы МИМ Казахской ССР для применения в золотодобывающих и геологоразведочных предприятиях республики (протокол № 189 от 17.10.1981).

Апробация работы. Результаты исследований обсуждались на Всесоюзном совещании по проблемам золотоносности Сибири (Новосибирск, 1975), выездной сессии НТС Мингео СССР (Самарканд, 1976), семинаре ПО "Союззолото" МЦМ СССР (Иркутск, 1981), конференции по геологии и разведке полезных ископаемых, посвященной 100-летию со дня рождения М.А. Усова (Томск, 1983), конференциях, посвященных геологическому строению и полезным ископаемым Алтая

(Бийск, 1986-1991), на Всесоюзной конференции по проблеме условий формирования и закономерностей размещения месторождений цветных, редких и благородных металлов (Фрунзе, 1985), на Всесоюзном совещании по корам выветривания (Магнитогорск, 1986), межрегиональной конференции по стратиформному оруденению (Чита, 1991). Практические рекомендации рассматривались на НТС ПРО "Востказгеология", МЦМ Каз ССР, ПО "Со-юззолото", техсоветах ГОК "Алтайзолото", Бакырчикском ГМК, ПО "Каззолото".

По теме диссертации опубликовано 35 статей и 1 монография. Результаты исследований служебного характера изложены в 35 отчетах о результатах научно-исследовательских, тематических и геологоразведочных работ, хранящихся в Республиканском геологическом фонде.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из Введения, 9 глав и Заключения и содержит 211 страниц текста, 44 таблицы и 56 рисунков. Список литературы из 282 наименований. Первая глава посвящена истории проблемы, во второй главе дается характеристика глубинного строения региона, дизъюнктивных, инъективных дислокаций и структурно-формационных комплексов. Третья глава посвящена изучению черносланцевых формаций золоторудных регионов, четвертая - описанию золоторудных полей и месторождений в черносланцевых толщах, пятая - их рудноформационному анализу, в шестой главе дано описание рудно-метасоматической, а в седьмой минералого-геохимической зональности золоторудных месторождений, восьмая глава содержит описание мантийно-коровой модели формирования золоторудных месторождений в черносланцевых формациях, а девятая - методы прогнозирования, способы геолого-экономической оценки и практические рекомендации.

Благодарности. Особую благодарность автор испытывает к профессору А.Ф.Коробейникову, с которым его связывает многолетнее творческое сотрудничество, инициировавшему интерес автора к проблемам золотого оруденения в черносланцевых толщах и реально способствовавшему выполнению этой работы.

Многолетнее творческое сотрудничество связывает автора с А.М.Анищенко, Ю.В.Лаптевым, В.Я.Микитченко, А.Е.Ермоленко, которым он искренне благодарен. Большую помощь в обработке материалов автор получил от сотрудников Томского политехнического университета Ю.С.Ананьева, С.А.Арыштаева, Ю.Е.Зыкова, Н.А.Колпаковой, Н.Н.Мартыновой, А.Я.Пшеничкина, а также от коллег по работе А.Н.Клепиковой, Т.А.Акшалова, В.И.Ковалько, Т.А.Рогачевой, которым он искренне признателен.

Автор имел возможность обсуждать отдельные вопросы и положения исследований с академиком АН СССР В.А.Кузнецовым, членами-корреспондентами РАН Л.Н.Овчинниковым, Ю.Г.Саофновым, профессорами А.М.Кузьминым, П.Ф.Иванкиным, Б.М.Тюлюпо, Н.А.Фогельман, докторами и кандидатами наук Е.А.Алехторовой, В.И.Баженовым, Г.Н.Гамяниным, Б.А.Дьячковым, Т.М.Жаутиковым,

И.В.Кучеренко, В.А.Нарсеевым, Г.П.Нахтигалем, В.Н.Матвеевко, В.М.Яновским. Всем этим ученым автор признателен за конструктивные советы и благожелательную критику, которые способствовали совершенствованию его представлений.

Несмотря на сходство в структурно-формационном районировании, под Зайсанской складчатой системой различные исследователи понимают разные площади, М.Г. Хисамутдинов и др. (1972) считает Зайсанской складчатой системой территорию, ограниченную с северо-востока структурами Горного Алтая, а с юго-запада - структурами Чингиз-Тарбагатая. Г.Н.Щерба и др. (1972, 1976) в пределах этой же территории выделяли два геотектоногена - Алтайский (на северо-востоке) и Жарма-Саурский (на юго-западе). А.А.Ковалев и др. (1973, 1978) под Зайсанской складчатой системой понимают территорию, заключенную между структурами Рудного Алтая и Чингиз-Тарбагатая. Эта же территория В.С.Сурковым и О.Г.Жеро (1981) отнесена к южной части Калба-Нарымской складчатой зоны, входящей в Западно-Сибирскую складчатую систему. В этих же границах Зайсанская складчатая система понимается и автором.

Осевая часть Зайсанской складчатой системы представлена Чарско-Горностаевским офиолитовым поясом. А.А.Ковалев (1973, 1978) с позиции гипотезы тектоники плит считает офиолиты литосферой древнего океана со срединно-океаническим хребтом. Зарождение срединно-океанического хребта произошло, по-видимому, в раннем девоне, а уже в конце раннего девона началось поглощение океанической плиты под континенты Чингиз-Тарбагатая и Рудного Алтая, причем на северо-востоке, вероятно, возникла активная окраина андийского типа. Образование черносланцевых толщ в нижнем карбоне происходило в условиях сильно сузившегося и продолжающего сокращаться океанического бассейна в условиях сближающихся континентов (Ковалев, 1978). Ранние габбро-плагиогранитные комплексы являются, по-видимому, комагматами эффузивов, офиолитовой ассоциации, а более поздние гранитные комплексы возникли в обстановке столкновения континентов.

Г.Н.Щерба с соавторами (1976) отметил, что предложенный А.А.Ковалевым механизм формирования Зайсанской складчатой системы аналогичен механизму формирования глубинных подвижных зон и геотектоногенов. Согласно представлениям этих исследователей, формирование черносланцевых толщ, вмещающих золоторудные месторождения, произошло в среднюю стадию при преимущественном сжатии и частичной инверсии отдельных блоков. Сопровождающие оруденение габбро-гранитные комплексы комагматичны эффузивам базальт-андезитового ряда.

Рассматривая историю развития Зайсанской складчатой системы, с позиции классической геосинклинальной теории, автор отмечает, что образование геосинклинали началось в раннем девоне на незавершенном палеозойском основании и сопровождалось активным излиянием базальтовых магм на территории Чарского офиолитового пояса и к юго-западу от него с образованием карбонатно-кремнисто-диабазовой

формации (D_{1-3}). К северо-востоку от Чарского офиолитового пояса вулканизм отсутствовал и здесь возникли карбонатно-кремнисто-терригенная ($D_{2gv} - D_{3fr}$) и аспидная ($D_3 - C_1$) формации. В визейское время ареал вулканизма ограничивался только областью Чарско-Горностаевского пояса. Здесь продолжает формироваться морская карбонатно-кремнисто-диабазовая формация (C_{1v2-3}) с рифовыми известняками и межрифовыми черносланцевыми толщами. В конце визе территория Чарского офиолитового пояса формируется в срединный массив, здесь образуется сводовое поднятие, которое разделяет ранее единый морской бассейн. К северо-востоку от него в условиях эпиконти-нентального моря в серпуховское время формируется морская флишеидная черносланцевая формация (C_1s), а к юго-западу одновозрастная морская молассоидная формация. В среднем карбоне продолжается поднятие и дальнейшее сокращение морского бассейна, в результате чего в остаточных бассейнах формируется прибрежно-морская молассовая формация (C_2) наложенных прогибов, которая затем сменяется в этих прогибах базальт-андезит-молассовой (C_{2-3}) и дацит-лиларитовой (C_3) формациями, выше которых залегает наземная пестроцветная формация (C_3). Средне-верхнекаменноугольный вулканизм завершается внедрением протрузий гипербазитов и добатолитовых интрузий габбро-плагиогранитной формации (C_3). Затем характер магматизма меняется и в послескладчатое время происходит внедрение позднеорогенных гранитов "батолитового" типа (P) и послебатолитовых даек базит-гранито-идной формации (P_2-T_1).

В субплатформенную стадию в Семейтауской мульде происходит внедрение щелочных вулканитов и интрузий трахибазальт-трахилипаритовой формации (T).

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ПОЛОЖЕНИЕ 1

Черносланцевые формации, вмещающие эндогенные золоторудные месторождения, формируются в геосинклинальных прогибах по периферии гипербазитовых поясов; они характеризуются значительной (до 4,5 км) мощностью, по составу соответствуют переходным терригенно-углеродистым, а по содержанию $C_{орг}$ - убого и слабо углеродистым формациям эпиконтинентальных морей, возникающим в условиях малых и средних глубин при теплом или жарком гумидном климате. Для Западно-Калбинского региона фоновая золотоносность этих формаций низкая.

К такому заключению автор пришел при обобщении материалов по золотоносности Восточного Казахстана (1975), перспективной оценке ряда золоторудных полей.

Материалы исследований позволили обосновать концепцию о специфических условиях формирования черносланцевых толщ в золоторудных районах. Основные результаты данных исследований опубликованы в [3, 5, 6, 9, 10, 11, 14, 17, 22, 23, 32, 35].

1.1. Рудовмещающие Черносланцевые толщи развиты в осевой части Зайсанской складчатой системы и формировались в период от визе до первой половины среднего карбона. Наиболее древние углеродистые кремнисто-глинистые отложения являются составной частью карбонатно-кремнисто-диабазовой формации. Мощность черносланцевых толщ (2,47-3,19 км) значительно превышает среднюю мощность этой формации (1,83 км). Исходя из абсолютного времени периода осадконакопления черносланцевых толщ по В.Б. Нейману (1983) и мощности черносланцевых толщ, средняя скорость погружения составляет в области их накопления 0,130-0,168 мм/год. Следующий уровень, на котором формируются черносланцевые толщи, соответствует серпуховскому ярусу. Черносланцевые толщи сложены морской флишовой формацией, представленной грубо ритмичным переслаиванием песчаников и алевролитов с повышенным содержанием $S_{орг}$. Мощность формации на большей части территории Калбинского прогиба 1,5-2,0 км, а на территории Бакырчикского рудного района достигает 2,5-4,2 км. Средняя скорость прогибания в этот период составляет 0,183 мм/год, а в Бакырчикском рудном районе достигает 0,312-0,525 мм/год. Третьему, наиболее молодому стратиграфическому уровню, соответствует черносланцевая прибрежно-морская молассовая формация, образования которой в значительной степени обогащены $S_{орг}$. Мощность этой формации колеблется от 0,71 до 1,47 км в различных прогибах, а скорость прогибания от 0,130 до 0,171 мм/год.

Формирование черносланцевых формаций, вмещающих золоторудные месторождения, связано с геосинклинальной стадией развития Зайсанской складчатой системы, и происходило в постинверсионный этап. Они формировались в прогибах, обрамляющих Чарско-Горностаевское поднятие, выполненное породами офиолитовой ассоциации.

Анализ геотектонических условий формирования черносланцевых толщ в других золотоносных регионах, проведенный автором по опубликованным данным, показал, что образование черносланцевых формаций во всех этих регионах происходило в геосинклинальных прогибах в инверсионный, либо в постинверсионный этап, в большинстве случаев (67%) в тесной пространственной связи с офиолитовыми поясами. Другой характерной особенностью черносланцевых толщ, развитых в золотоносных регионах, является значительная мощность этих отложений и, следовательно, высокие средние скорости прогибания (0,072-0,525 мм/год), значительно превышающие средние скорости прогибания в фанерозойских геосинклинальных бассейнах (З. Куккол, 1987) - 0,011-0,043 мм/год.

Условия образования черносланцевых формаций в золотоносных регионах существенно отличаются от таковых для черносланцевых толщ, вмещающих промышлен-

ные месторождения других полезных ископаемых. Черные сланцы, вмещающие месторождения меди и полиметаллов ("kupferschiefer"), формировались исключительно в платформенных условиях и характеризуются неизмеримо меньшей мощностью (от 0,5-1,0 до 20 м). Ураноносные черные сланцы, формирующиеся в платформенных условиях, несмотря на весьма обширные площади распространения, также имеют весьма незначительную мощность (10-22 м). Ураноносные, ванадиеносные и фосфоритоносные формации черных сланцев, возникающие в активизированных областях и геосинклинальных бассейнах также имели мощности не более 210-400 м.

1.2. Важными классификационными критериями для выделения черносланцевых формаций золотоносных регионов среди прочих формаций черных сланцев являются их петрохимические особенности, для изучения которых была использована диаграмма, предложенная С.В.Ефремовой и КТ.Стафеевым (1985), представляющая собой совмещенные бинарные диаграммы в координатах А-S и S-C, где: $A=Al_2O_3(CaO + Na_2O + K_2O)$, $S=Si-(Al_2O_3 + MgO + CaO)$, $C=CaO + MgO$. Здесь на основе большого количества химических анализов выделены поля фигуративных точек, соответствующих породам карбонатно-углеродистой, терригенно-углеродистой и кремнисто-углеродистой формаций.

Черносланцевые формации, вмещающие золоторудные месторождения Восточного Казахстана, занимают на этой диаграмме вполне определенное место, располагаясь на сопряжении полей терригенно-углеродистой и кремнисто-углеродистой формаций ($C_{1V2.3}$), либо терригенно-углеродистой и карбонатно-углеродистой (C_{1s} и C_2), т.е. соответствуют переходным типам терригенно-карбонатно-кремнисто-углеродистых формаций. Поля фигуративных точек черносланцевых формаций других золоторудных регионов (Западного Узбекистана, Якутии, Енисейского края, Приамурья) также соответствуют области сопряжения полей фигуративных точек терригенно-углеродистой, кремнисто-углеродистой и карбонатно-углеродистой формаций и частично перекрывают поля фигуративных точек черносланцевых формаций Восточного Казахстана.

Таким образом, черносланцевые формации в золоторудных регионах, независимо от возраста (от протерозоя до перми), соответствуют переходному типу терригенно-карбонатно-кремнисто-углеродистых формаций.

1.3. Содержания $C_{орг}$ в различных возрастных подразделениях черносланцевых формаций существенно не различаются. Значительно большие отличия в содержаниях $C_{орг}$ устанавливаются в различных литологических разностях пород.

Песчаники характеризуются несколько пониженными концентрациями $C_{орг}$ с большим разбросом содержаний от 0,24 до 9,0% при среднем значении 0,98% и дисперсии $S=1,61$. Алевролиты имеют наиболее высокие средние содержания $C_{орг}$ 1,37%, большой разброс значений: от 0,36 до 4,36% и дисперсию: $S=0,677$. Переслаивание песчаников и алевролитов занимает по содержанию $C_{орг}$ промежуточное положение

между упомянутыми породами: среднее содержание $C_{орг}$ 1,12%, разброс значений значительно меньший - от 0,39 до 2,08%, дисперсия $S=0,527$. Конгломераты и гравелиты имеют характер и параметры распределения $C_{орг}$ тот же, что и переслаивание песчаников и алевролитов: среднее содержание $C_{орг}$ - 1,18%, разброс значений 0,42-2,75%, дисперсия $S=0,689$. Известняки, встречающиеся среди черносланцевых толщ, имеют низкие содержания $C_{орг}$: среднее 0,67, разброс значений 0,11-1,74%, дисперсия $S=0,474$. Кремнистые породы имеют наиболее низкие содержания $C_{орг}$ 0,44%, наименьший разброс значений от 0,03 до 1,20% и минимальную дисперсию $S=0,394$. Эти породы, по сути, нельзя отнести к углеродистым, так как содержание $C_{орг}$ в них ниже кларка для континентов (Ронов, Ярошевский, 1976).

Таким образом, среднее содержание $C_{орг}$ в породах черносланцевых формации Восточного Казахстана колеблется от 0,44 до 1,37%, составляя в среднем по всем литологическим типам пород 0,96%, т.е., несмотря на широкий диапазон колебаний, является очень невысоким и по классификации автора [35] относится к убого углеродистым.

Имеющиеся данные по содержанию углеродистого вещества в черносланцевых формациях других золоторудных регионов [35] показывают, что уровень средних содержаний $C_{орг}$ во всех формациях примерно одинаков и все они относятся либо к убого углеродистым, либо к слабо углеродистым. Формации черных сланцев, вмещающие иные полезные ископаемые, содержат $C_{орг}$ в значительно больших количествах - от 3-7 до 20-30 % в среднем.

1.4. Основные признаки, свидетельствующие о палеогеографической обстановке формирования черносланцевых толщ в золоторудном регионе Восточного Казахстана: циклическое строение толщ, выразившееся в чередовании слоев, обогащенных $C_{орг}$, со слоями с полным его отсутствием, наличие слойчатости, градационной слоистости, местами косой слоистости, повышенной карбонатности, наличие сингенетичного пирита, преобладание FeO над Fe_2O_3 .

Колебания содержаний $C_{орг}$ отражает циклическое чередование окислительных условий, недостатка или полного отсутствия кислорода у поверхности раздела "осадок-вода". Это может быть обусловлено колебаниями в доставке кислорода процессами глубоководной циркуляции, о чем свидетельствуют следы взмучивания и привноса в обогащенные $C_{орг}$ осадки. Для исследуемых формаций одним из факторов такого ускорения может быть наблюдаемые высокие скорости прогибания.

Характерной особенностью изучаемых черносланцевых формаций является то, что, несмотря на регрессивный характер разреза (морские флишоидные отложения перекрываются прибрежно-морской молассовой), наиболее обогащенные $C_{орг}$ песчано-алевролитовые пачки фиксируют частные трансгрессии: во всех случаях они залегают на песчаниковых, иногда косослоистых, или песчано-конгломератовых отложениях.

Локальные трансгрессии приводили к разрастанию акваторий эпиконтинентальных морей, и, соответственно, к расцвету планктона, что, в свою очередь, увеличивало сапропелевую составляющую формирующихся осадков как основы будущих черных сланцев.

Повышенная карбонатность черносланцевых толщ золотоносных районов Восточного Казахстана определяется размывом, растворением и переотложением в цементе карбонатных образований девона-визе выше уровня карбонатной компенсации в щелочной среде с рН более 7,5.

Одним из факторов, характеризующих условия осадконакопления, является наличие в породах черносланцевых формаций сингенетического пирита, образование которого связывается с деятельностью сульфатредуцирующих бактерий в анаэробных условиях.

Отношение Fe_2O_3 и FeO в черносланцевых формациях, вмещающих золоторудные месторождения Восточного Казахстана, колеблется от 0,34 до 0,29, что свидетельствует о принадлежности этих осадков к формациям умеренных глубин (до 100 м) шельфа и лагун. Аналогичные отношения Fe_2O_3 и FeO (0,24-0,45) характерны и для других золоторудных резонев.

Планктоногенное происхождение углеродистого вещества, его сапропелевый состав и малое содержание битумов (0,023-0,09%) возможно в гумидной климатической зоне, когда теплые климатические условия, большие запасы питательных веществ, приносимых реками, контролировали продуктивность фитопланктона в бассейне, значительно превышавшую количество привносимого терригенного органического вещества.

1.5. Среднее содержание золота в неизмененных породах черносланцевых формаций колеблется от 1,8 до 3,9 мг/т. Фоновые содержания золота не зависят от возраста черносланцевых формаций и составляют в среднем 3,1 мг/т, при этом наибольшие средние содержания золота отмечаются в алевролитах (3,3-3,8), наиболее низкие - в известняках (2,0 мг/т).

Анализ литературных данных о фоновых содержаниях золота в черносланцевых формациях различных золоторудных районов [32] показывает, что в них встречаются углеродистые толщи со средними содержаниями золота в 2-8 раз выше (11,20-38,88 мг/т) и в 2-3 раза ниже (1,0-3,8 мг/т) кларка золота для глинистых пород. Кроме того, известны черносланцевые формации, специализированные на другие полезные ископаемые: полиметаллы, уран, в которых фоновое содержание золота превышает кларк в 2-10 раз, а в докембрийских черных сланцах Финляндии фоновое содержание золота составляет 0,1-0,9 г/т (Peltola, 1960).

Таким образом, новые содержания золота в черносланцевых формациях золоторудных регионов ввиду значительного разброса значений и сходства их с фоновыми

значениями в других типах руд черносланцевых формаций не могут служить надежным классификационным признаком.

Фоновые содержания элементов группы платины в породах черносланцевых формаций золотоносных районов, определенные методом инверсионной вольтамперометрии (Колпакова и др., 1973, 1977, 1983, 1987, 1989) составляют 0,3-0,5 мг/т осмия и 0,2-0,4 мг/т палладия.

ПОЛОЖЕНИЕ 2

Эндогенные месторождения золота в черносланцевых толщах пространственно ассоциируют с интрузиями габбро-плагиогранитной формации. Формирование этих месторождений связано с воздействием на черносланцевые толщи гидротермально-флюидных систем, сопровождавших становление из единой родоначальной базальтовой магмы родственных дунит-пироксенит-габбровой, габбро-диабаз-диоритовой и габбро-плагиогранитной формаций, на заключительных стадиях развития этих систем при их распаде в верхних частях земной коры,

Эта проблема решалась автором на основе анализа данных о глубинном строении, изучении положения магматических образований в геотектонической истории развития региона, выявлении петрографических и петрохимических особенностей магматических пород, установлении признаков флюидных магматических систем в геологических структурах региона. Основные результаты и выводы этих исследований отражены в [2, 3, 5, 6, 9, Ю, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35].

2.1 Анализ размещения проявлений золота в геологическом пространстве Золоторудной Калбы устанавливает четкие пространственные связи с добатолиловыми магматическими формациями, широко проявленными на рудных полях. Для золоторудных месторождений, залегающих среди черносланцевых толщ, эти связи выражены в преимущественной локализации золотопроявлений как в эффузивах, так и в эндоконтактах добатолиловых интрузий, главным образом габбро-плагиогранитовой формации (14.8% всех золотопроявлений), а так же в зонах непосредственного влияния интрузий габбро-плагиогранитовой формации (80% золотопроявлений и все месторождения золота расположены на расстоянии до 5 км от контакта с ними). Во всех рудных полях установлены геофизическими методами слепые интрузии гранитоидов повышенной основности, проявленные в верхнем структурном этаже ореолами слабого ороговикования, в надинтрузивной части которых (на расстоянии до 5 км) сосредоточено 80% всех проявлений золота и все месторождения золота. Наиболее ранними являются протрузии гипербазитов, возраст внедрения которых определяется на Бокко-Васильевском рудном поле, где они прорывают породы прибрежно-морской молассовой формации. Возраст гипербазитов автор считает визейским (Михайлов, 1958; Севрюгин, 1965; Нехорошее, 1966; Хен, 1973 и др.); Интрузии габбро-диабаз-

диоритовой формации комагматичны эффузивам девона - визе и среднего карбона. Штоки и дайки габбро-плагиогранитной формации пользуются наибольшим распространением, составляя 84,5% и от всего объема магматических образований на золоторудных полях. Они приурочены к зонам глубинных разломов и прорывают черносланцевые толщи, эффузивы андезит-базальтового ряда и сероцветную моласу. Абсолютный возраст их 303 млн. лет. Штоки и дайки сложены габбро, габбро-диоритами, диоритами, гранодиоритами, плагиогранитами, плагиогранит-порфирами.

Дайки габбро-гшагиогранитной формации (C_3) распространены в пределах рудных полей в виде пучков, поясов или единичных тел. Особенно широко распространены они на месторождениях прожилково-вкрапленного типа, залегающих среди черносланцевых толщ.

Среди интрузий формации гранитов "батолитовых" типа (P) существенного золотого оруденения не установлено. Поелегранитные дайки габбро-диабазов (P_2-T_1) нередко пересекают золотоносные зоны и не обнаруживают продуктивной минерализации.

Золотое оруденение накладывается на автометасоматически измененные штоки и дайки габбро-плагиогранитовой формации (C_3) и срезается позднеорогенными гранитами батолитового типа (P). Пространственная совмещенность раннеорогенных интрузий с зонами автометасоматических и гидротермальных изменений и золотого оруденения, наблюдаемые на большинстве рудных полей, свидетельствует о единстве путей движения магмы, постмагматических флюидов и, наконец, гидротермальных растворов и общности их источника. Таким источником являлись, видимо, слепые интрузии или более глубинные магматические камеры.

В регионе наблюдается центробежная миграция добатолитового магматизма во времени, сопровождавшаяся увеличением степени дифференциации от ранних формаций к поздним и выразившаяся в зональном размещении разновозрастных магматитов. На всех этапах магматической деятельности этого периода здесь формировались генетически родственные магматические ассоциации эффузивных и интрузивных пород.

На одинаковую направленность развития этих формаций указывает наследование основных черт химизма от ранних основных к поздним кислым дифференциатам и близость минерального и химического состава равных по кремнекислотности пород, независимо от их формационной и фациальной принадлежности. Это свидетельствует о единстве составов исходных базальтовых расплавов, условий их генераций и механизма дифференциации. Исследования, проведенные с использованием манганотитанового модуля (В.Н. Богдецкий, 1975) доказывают единство магматических источников для всех добатолитовых магматических формаций региона. Очаги базальтовой магмы в верхней мантии возникшие в раннегеосинклинальную стадию, существовали длительное время вплоть до орогенной стадии, когда сформировалась габбро-плагиогранитовая формация. Такие длительно функционировавшие очаги обеспечива-

ли устойчивый тепловой и флюидный поток, обусловивший более высокую степень дифференцированности и флюидонасыщенности раннеорогенных магматитов.

Анализ литературных данных по другим золоторудным регионам, приуроченных к черносланцевым толщам, показывает, что во многих из них золоторудные тела пространственно ассоциируют с гипербазитами или дорудными дайками габбро-плагиогранитной формации (Аккаргинское рудное поле на Южном Урале, рудные поля Мурунтау, Кокпатас, Каракутан в Западном Узбекистане, Мазер Лод в Калифорнии, Джуно-Тредвел на Аляске, Нежданинское в Якутии, Саралинское в Кузнецком Алатау). В других золоторудных регионах интрузии гранитоидов устанавливаются либо по геофизическим данным под рудными полями (Ленский золотоносный район), либо вблизи золоторудных месторождений (Восточная Австралия, Даугызтау в Западном Узбекистане).

Золоторудные районы в черносланцевых толщах Восточного Казахстана очень тесно ассоциируют с выявленными при дешифрировании космических и аэрофотоснимков кольцевых структур и их фрагментов весьма небольших размеров (МКС) диаметром от десятков и сотен метров до первых километров (МКС Ш и II) и до первых десятков километров (МКС I), в пределах которых расположены зоны и поля метасоматитов и рудные проявления золота. Им часто соответствуют отрицательные кольцевые магнитные аномалии (интенсивность последних наиболее велика у (МКС Ш), а также участки с высокой поляризуемостью и пониженным электрическим сопротивлением пород. Это свидетельствует об интенсивных метасоматических преобразованиях в пределах кольцевых структур - выщелачивании магнитных минералов и образовании вкрапленности сульфидов. Сочетание малых кольцевых структур различных порядков и связанных с ним метасоматитов можно полагать как свидетельство "распада" термофлюидного трансмагматического потока на окислительном барьере в верхних частях земной коры.

Метасоматические явления в земной коре привели к образованию рудно-метасоматических колонн. В нижних частях таких колонн распространены калиево-натриевые автометасоматиты. выше по разрезу - березиты-листвениты, пропилиты, аргиллизиты и руды различных типов. Отмеченная метасоматическая зональность свидетельствует об окисляющем воздействии свободных вод верхней части термогидроколонны на глубинные флюиды восстановительной обстановке и подтверждают сказанное выше положение.

Фоновая золотоносность добатолитовых магматических формаций колеблется от 1,9 до 3,3 мг/т в эффузивных фациях и от 1,9 до 4,2 мг/т в интрузиях, достигая 7 мг/т в дайках плагиогранит-порфиров, и превышает более чем в два раза фоновую золотоносность интрузий гранитов батолитового типа (1,3-1,7 мг/т).

Данные о распределении золота в гранитоидах, залегающих среди черносланцевых толщ других золоторудных регионов, дают основание сделать вывод, что все пет-

рографические разности гранитоидов имеют умеренные и близких фоновым содержания золота - 1-6 мг/т. В то же время для габброидов, гранодиоритов, плагиогранитов и диорит-лампрофиров этих интрузий устанавливаются более устойчивые умеренно повышенные фоновые значения золота (2,7-24 мг/т) для рудных полей всех отмеченных регионов.

Таким образом, гранитоиды потенциально наиболее продуктивной на золото габбро-плагиогранитной формации характеризуются повышенными содержаниями золота. Существенное заимствование золота из вмещающих черносланцевых толщ при становлении этих интрузий трудно предполагать из-за пониженных фоновых содержаниями золота в исходных терригенных породах. Фоновое содержание платиновых металлов оказались ниже кларковых значений даже для габбро-диоритов и апогипербазитовых серпентинитов (0,2-0,5 мг/т).

Анализ накопления золота от неизмененных пород к метасоматитам и рудам свидетельствует о систематическом увеличении коэффициентов накопления (K_n): неизмененные породы (1,0) → аутометасоматиты: пропициты, альбититы (1,0-0,8) → березиты-листвениты без сульфидов (1,3-8,8) → березиты-листвениты с сульфидами (29-562) → прожилково-вкрапленные, кварцево-жильные, штокверковые руды (1025-3490). Это свидетельствует об отсутствии областей выноса золота на уровне формирования месторождений.

Аналогичные результаты получены при исследованиях золотоносности интрузий и метасоматитов в других золотоносных регионах, сложенных черносланцевыми толщами.

Картируемые на поверхности штоки и дайки габбро-плагиогранитовой формации имеют небольшие размеры и не могут генерировать металлоносные растворы в объемах, достаточных для формирования месторождений. Промышленное золото-сульфидное оруденение формируется лишь при пространственном совмещении продуктов всех фаз внедрения интрузий в пределах зон смятия, сопряженных с глубинными разломами, по которым могли поступать растворы из глубинных источников, т.е. связь оруденения с добатолитовыми малыми интрузиями парагенетическая, их общим источником являются, возможно, слепые интрузии гранитоидов повышенной основности, установленные на глубинах 0,5-3,5 км, или более глубинные магматические камеры. Расчеты показали, что на наиболее крупных рудных полях количество золота, выносимого с флюидной фазой при дифференциации базальтовой магмы из объемов соответствующих слепым интрузиям, не может обеспечить формирование известных рудных тел. Необходимое количество золота возможно получить лишь при допущении более высокой (в 1,8-2,2 раза) его концентрации в исходном расплаве по сравнению с продуктами кристаллизации или при дополнительном его приносе флюидами из более глубинных источников.

Последовательность геологических событий при формировании золоторудных месторождений региона представляется следующим образом.

1. Возникновение в верхней мантии очага базальтовых магм, обогащенных флюидами в результате мантийного метасоматоза.

2. Проникновение мантийных базальтовых магм по глубинным разломам в вышележащие горизонты земной коры с образованием промежуточных очагов - камер на глубинах 20-5 км от поверхности. Обогащение золотом магм при подтоке глубинных флюидов (мантийный флюидный поток), выщелачивавших его из мантийного вещества.

3. Подъем базальтовых магм из промежуточных очагов - камер по периодически подновлявшимся глубинным разломам в верхние горизонты земной коры и формирование всех добатолитовых магматических формаций. Длительно функционировавшие магматические очаги обеспечили устойчивые тепловые и флюидные потоки и, как следствие, высокую степень дифференцированности и насыщенности магматитов сероносными, углеродистыми и металлоносными флюидами.

4. Кристаллизация магм в верхних частях земной коры с образованием интрузивных тел, в том числе штоков и даек добатолитовой габбро-плагиогранитовой формации (С₃).

5. Отделение флюидной фазы, формирование гидротермальных растворов, образование рудно-метасоматических колонн с калиево-натриевыми метасоматитами в нижних частях колонн, выше - березитов, лиственитов, пропилитов, аргиллитов и руд различных минеральных и структурно-морфологических типов при окисляющем воздействии свободных вод в верхней части термогидроколонны на глубинные флюиды восстановительной обстановки.

ПОЛОЖЕНИЕ 3

Золоторудные месторождения в регионе относятся к единой золото-кварц-березит-лиственитовой рудной формации и, в зависимости от положения в рудно-метасоматической колонне, представлены: золото-березитовым (корневая часть), золото-кварц-березитовым в песчаниках и эффузивах, золото-углеродисто-сульфидным в черносланцевых толщах (нижняя и средняя части) и золото-кварцевым (верхняя часть) минеральными типами; последнее подтверждается минералого-геохимической и структурно-морфологической зональностью как в масштабе месторождений, так и в пределах рудных полей.

3.1. Несмотря на значительное разнообразие рудных и нерудных минералов в рудах золоторудных месторождений региона, отчетливо намечается ряд "сквозных" минеральных ассоциаций, свойственных всем исследованным месторождениям.

В регионе выделены следующие минеральные типы руд с устойчивыми минеральными ассоциациями.

1. Золото-березитовый; альбит+серицит+кварц+хлорит (развита широко), кварц+карбонаты+серицит (развита умеренно), золото+пирит+арсенопирит (около 70% запасов руды), золото+хатакопирит+сфалерит+галенит+блеклая руда (около 30% запасов руды) - месторождения Баладжал, Кара-Чоко.

2. Золото-кварц-березитовый: кварц+карбонаты+серицит (около 90% запасов руды), альбит+серицит+кварц+карбонаты+хлорит (около 10% запасов руды); золото+халькопирит+сфалерит+галенит+блеклая руда (около 90% запасов руды), золото+пирит+арсенопирит (около 10% запасов руды).

3. Золото-углеродисто-сульфидный: кварц+карбонаты+альбит+углеродистое вещество (свыше 83% руды), кварц+углеродистое вещество+серицит+хлорит+альбит (около 15% руды), альбит+серицит+кварц+карбонаты+хлорит (около 3,5% руды), кварц+карбонаты+серицит (1,5% руды), золото+пирит+арсенопирит (не менее 98,5% руды), золото+халькопирит+блеклая руда (не более 1,5% руды).

4. Золото-кварцевый: кварц +карбонаты+серицит (свыше 90% руды), углеродистое вещество+серицит+хлорит+альбит (на глубоких горизонтах месторождений), золото+галенит+блеклая руда (80-85% руды), золото+пирит+арсенопирит (не более 15-20% запасов руды на глубоких горизонтах).

Эти данные показывают, что выделенные минеральные типы золоторудных месторождений различаются не столько набором устойчивых минеральных ассоциаций, сколько степенью их развития в каждом минеральном типе.

3.2. Пирит и арсенопирит, в наиболее продуктивной минеральной ассоциации являются основными концентраторами золота.

Среди пиритов золоторудных месторождений региона выделяется три типа: осадочно-диогенетический пирит I, метасоматический пирит II и рудогенный пирит III.

Пирит I распространен в углеродистых терригенных породах и обособляется в виде тонкозернистых агрегатов, стяжений, желваков, линзочек по слоистости и сланцеватости пород. Пирит I слабо золотоносен - 0,3-0,78 г/т и наблюдается лишь за пределами рудных зон.

Пириты II и III - гидротермальные, распространены на месторождениях золота. Основная масса пирита II приурочена к околорудным метасоматитам, пирита III - к рудным телам различной морфологии. Пирит II слабо золотоносен - от 5 г/т до 25,8-38,6 г/т, но в среднем содержание Au в нем почти в 40 раз выше, чем в осадочно-диагенетических пиритах.

В зонах прожилково-вкрапленного золотого оруденения, залегающих в терригенных толщах, рудогенный пирит III часто образует мелкозернистые агрегаты по периферии крупнозернистых агрегатов пирита II. Рудогенные пириты характеризуются пентагондодекаэдрическим и куб-пентагондодекаэдрическим габитусом и высокой зо-

лотоносностью - от 55 до 301,6 г/т, в среднем 162,6-197,6 г/т, т.е. в 5,2-6,4 раза выше, чем в метасоматических пиритах П.

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы:

- в направлении от осадочно-диагенетического пирита I к метасоматическому пириту II и рудогенному пириту III отмечается систематическое накопление золота - коэффициенты накопления золота К составляют: 1, 39; 4,208; 5,253, 6 соответственно;

- для метасоматических пиритов II и для рудогенных пиритов III при всем разнообразии кристалломорфологических типов во всех месторождениях наиболее постоянны и являются абсолютно преобладающими кубические, пентагондодекаэдрические и куб-пентагондодекаэдрические кристаллы.

Арсенопирит является главным минералом-концентратором золота. В виде тонкоигольчатой вкрапленности и тонкозернистых агрегатов встречается совместно с пиритом, располагается по границам крупнокристаллических пиритов или в интерстициях. Содержание его в рудах колеблется от 0,2 до 2,4%. Среднее содержание золота в арсенопирите, полученное по 56 пробам, из рудного тела №1 месторождения Бакырчик колеблется по отдельным горизонтам от 145,7 до 287,2, составляя в среднем 212,1 г/т, т.е. в 1,4 раза выше, чем среднее содержание золота в рудогенном пирите III.

3.3. Золото является главным и единственным полезным компонентом в рудах месторождения региона и его параметры в различных минеральных типах являются их надежной характеристикой.

Видимое золото размером 0,1-2 мм пробы 669-880 встречено только в жильных и штокверковых телах представленных золото-березитовым, золото-кварц-березитовым и золото-кварцевым типами. В золоте устанавливаются примеси Ag(4,4-19,2%), Си, РЬ, Ti, Mn, As, Ab, Hg (0,003%).

В месторождениях золото-углеродисто-сульфидного типа основная масса золота находится в тонкодисперсном состоянии, отношение тонкодисперсного и видимого золота колеблется от 7:1 до 50:1. Скопления тонкодисперсного золота пробы 900-997 распределены по всей массе сульфидов или локализованы по краям кристаллов пиритов II и III и рудогенного арсенопирита.

3.4. Установлена приуроченность различных структурно-морфологических типов рудных тел и месторождений к определенному минеральному типу руд.

Золото-березитовому минеральному типу соответствуют золотоносные зоны вкрапленной минерализации в интрузиях габбро-диоритов, кварцевых диоритов, плагиогранит-порфиров габбро-плагиогранитной формации. Здесь же отмечаются золото-рудные кварцевые жилы мощностью от 0,01 до 1 м и длиной 100-140 м. К зонам золотоносных березитов приурочены основные запасы золотых руд. На месторождении Баладжал с рудным телом золотоносных березитов связано свыше 71% запасов золота, остальные запасы золота сосредоточены в 20 мелких кварцевых жилах, сложенных на 95% кварцем, на 3-5% карбонатами, на 0,2-2% сульфидами.

Золото-кварц-березитовый минеральный тип представлен главным образом простыми, линейными золотоносными кварцевыми жилами, залегающими преимущественно среди убого углеродистых песчаников, реже участков переслаивания песчаников, алевролитов, андезитов и андезибазальтов и еще реже среди кремнисто-углеродистых сланцев. Кварцево-жильное оруденение сопровождается редкими дайками и штоками габбро-плагиогранитной формации. В этом минеральном типе основная часть запасов золота связана с кварцевыми жилами. На рудном поле Ала-Айгыр 96,2% запасов золота приурочено к 8 золоторудным кварцевым жилам и только 3,8% запасов приурочены к небольшой зоне сульфидно-вкрапленных руд в березитах по плагиогранит-порфирам.

Золото-углеродисто-сульфидный тип выражен зонами прожилково-вкрапленного и штокверкового золотого оруденения, приурочен к углеродосодержащим песчано-сланцевым толщам карбона. На глубоких горизонтах этих месторождений наблюдаются интрузивные штоки габбро-плагиогранитной формации с зонами золотоносных березитов (Костобе), выше переходящие в золоторудные зоны прожилково-вкрапленной пирит-арсенопиритовой минерализации. На верхних горизонтах таких месторождений руды представлены кварцево-сульфидными штокверками и сложными кварцевыми жилами. Во всех случаях золотое оруденение на таких месторождениях сопровождается дайками габбро-плагиогранитной формации. Дайки часто березитизированы, несут прожилково-вкрапленную пирит-арсенопиритовую минерализацию и в ряде случаев (Джерек, Бакырчик) сами являются рудными телами. В этом минеральном типе до 98% запасов золота связано с зонами штокверковой и прожилково-вкрапленной минерализации в черносланцевых толщах и только 1-2% запасов - с зонами золотоносных березитов в магматических породах и кварцевыми жилами.

Золото-кварцевый минеральный тип представлен сложными, ветвящимися кварцевыми жилами и их системами (Эспе), либо жильными зонами (Кулуджун) и для этого типа характерно почти полное отсутствие даек габбро-плагиогранитной формации. Здесь довольно часто развиты основные дайки базит-гранитоидной формации секущие рудные тела. Для этих месторождений характерно появление на глубоких горизонтах штокверковых золотых руд с пирит-арсенопиритовой минерализацией, которые составляют довольно существенную часть в общем балансе запасов золота в месторождениях. На горизонтах 250-280 м от поверхности золоторудного месторождения Эспе из штокверковых зон было добыто 19% от всего добытого на месторождении золота.

Приведенные данные показывают, что для каждого минерального типа существуют свойственные ему структурно-морфологические типы рудных тел. При этом, однако, присутствуют в подчиненных количествах структурно-морфологические типы, присущие другим минеральным типам, что свидетельствует о наличии взаимопереходов от одного минерального типа к другому и структурно-морфологической зональности рудных тел и месторождений.

Более детально положение различных минеральных типов золоторудных месторождений и соответствующих им структурно-морфологических типов в рудно-метасоматическом поясе можно проследить на примере наиболее крупного Бакырчикского золоторудного района.

Бакырчикский рудный район включает пять рудных полей: Кызыловское с месторождениями Бакырчик, Дальнее, Большевик; Алайгырское с месторождениями Алайгыр, Лесть; Кара-Чоко; Эспе и Костобе. Все месторождения кроме Кара-Чоко в разное время и в различной степени обрабатывались ранее, а месторождения Бакырчик и Большевик обрабатываются в настоящее время.

Рудный район расположен в одном из сегментов малой кольцевой структуры I порядка, наиболее крупные месторождения Бакырчик, Большевик, рудные поля Эспе, Костобе приурочены к кольцевым структурам II порядка, а ряд наиболее продуктивных рудных тел на этих месторождениях фиксируется малыми кольцевыми структурами III порядка. Юго-западной границей рудного района является северо-восточная граница Чарско-Горностаевского офиолитового пояса, северо-восточной - региональный Северо-Западный разлом, прослеживающийся на глубину не менее 7 км по данным сейсморазведки. Северной границей рудного района служит региональный субширотный Куелинский разлом, прослеживающийся по сейсморазведочным данным на глубину более 3,5 км. В осевой части рудного района проходит Западно-Калбинский региональный разлом, который прослеживается по сейсморазведочным данным на глубину свыше 19 км, проникая в базальтовый слой. Все северо-западные разломы в пределах рудного района имеют крутое ($50-70^\circ$) падение на северо-восток. Основная часть территории рудного района сложена породами морской флишеидной формации серпуховского яруса, которая содержит углеродистое вещество в количестве 1,5-2,5% и значительные количества железистых карбонатов (7-17%). В северо-западной части рудного района отложения серпуховского яруса перекрыты породами прибрежно-морской молассовой формации среднего карбона с незначительным (1,5-2,0%) количеством углеродистого вещества органического происхождения. В центральной части рудного района по геолого-геофизическим данным установлена слепая интрузия гранитоидов повышенной основности, вытянутая вдоль регионального Западно-Калбинского разлома и залегающая на глубине 0,5-3,5 км от современной дневной поверхности. В пределах надинтрузивной ее части отмечаются широкие ореолы слабого ороговикования, дайки и штоки габбро-плагиогранитной формации. В северо-западной части рудного района отмечаются дайки диабазовых порфиритов, диабазов и долеритов базит-гранитоидной формации (P-T₁). Региональные разрывы представлены мощными, до нескольких сотен метров, зонами дробления, расщепления, милонитизации. Общее направление региональных разрывных и складчатых структур - северо-западное.

Разрывы, оперяющие региональные разломы, являются основными рудовмещающими структурами. Наиболее крупной из оперяющих структур является субширотная Кызыловская зона субширотного простирания средней мощностью около 100 м, длиной 11 км, падающая на север под углом 30-50°. Оперяющие трещины более высокого порядка представлены маломощными (первые метры) зонами дробления субмеридианального, северо-западного и субширотного простирания. На северо-западе рудного района картируется крупная наложенная синклираль, сложенная породами среднего карбона.

С юго-востока на северо-запад отмечаются следующие особенности распределения минеральных и структурно-морфологических типов рудных полей и месторождений (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика зональности минеральных и структурно-морфологических типов золотого оруденения в Бакырчнкском рудном районе

Рудные поля	Положение в рудно-метасоматической колонне	Минеральный тип	Структурно-морфологические особенности рудных тел	Расстояние, км	
				От кровли слепых интрузий	От палеоэрозионной поверхности
1	2	3	4	5	6
Эспе(1)	Верхняя часть	Золото-кварцевый	Сложные ветвящиеся жилы, на глубине штокверки в черносланцевых толщах.	4,5	0,8-1,1
Кызыловское (IX)	Средняя и нижняя часть	Золото-углеродисто-сульфидный	Штокверки и зоны прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации.	3,5-4,0	1,2
Костобе (YII)	Нижняя часть	-	Зоны прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации в черно-сланцевых толщах.	3,5	1,3-1,5
Алай-гырское (II)	Нижняя часть	Золото-кварц-березитовый	Простые кварцевые жилы, в песчаниках, очень редко зоны золотоносных березитов в интрузиях.	1,5-2,0	2,7-3,6
Кара-Чоко (XII)	Корневая часть	Золото-березитовый	Зоны золотоносных березитов в интрузиях	0,5-2,0	3,2-3,5

Приведенные данные свидетельствуют о наличии в пределах рудного района единой рудно-метасоматической колонны, где каждое из месторождений золота занимает вполне определенное место, которому соответствует минеральный тип и структурно-морфологические особенности рудных тел.

Очень близкая картина наблюдается в другом крупном золоторудном районе, Акжал-Боконском, который располагается в зоне регионального Боко-Кокпектинского глубинного разлома, отделяющего Чарско-Горностаевский офиолитовый пояс от Жарминского прогиба I порядка.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют, что минеральные типы руд и структурно-морфологические типы рудных тел определяются средой рудообразования и положением золоторудных месторождений относительно кровли "слепых" интрузий гранитоидов повышенной основности и относительно палеоэрозионной поверхности, существовавшей на момент рудообразования, что позволяет провести типизацию золоторудных полей региона.

ПОЛОЖЕНИЕ 4

Крупные месторождения золота (с запасами металла более 200 тонн) свойственны только золото-углеродисто-сульфидному типу; руды представлены кварцево-сульфидными штокверками и зонами прожилково-вкрапленной минерализации в крупных и региональных разломах, насыщенных дайками габбро-плагиогранитной формации, на участках с максимальной мощностью черносланцевых толщ, при условии широкого развития структурно-патологических экранов, обусловивших термостатирование и длительную циркуляцию металлоносных растворов и отложение на них рудных масс.

Этот вывод вытекает из обобщения и анализа перспектив золоторудных месторождений региона, исследования влияния различных факторов рудолокализации на масштабы оруденения, статистического анализа распределения запасов золота в рудных полях, месторождениях и отдельных рудных телах [6, 9, 20, 27, 31, 35].

4.1. Автором было исследовано распределение запасов золота в 288 рудных телах и 19 рудных полях и месторождениях золота в черносланцевых толщах нижнего и среднего карбона Западной Калбы.

Рассматривая распределение запасов в золоторудных месторождениях относительно условий их формирования (среды рудообразования, расстояния от магматического источника - "слепых" интрузий гранитоидов повышенной основности, глубины формирования от палеоэрозионной поверхности), можно увидеть следующее.

Для золоторудных полей, среди существенно песчаниковых толщ, эффузивов и интрузий наиболее продуктивными являются месторождения, сформированные в корневой части рудно-метасоматической колонны, где сосредоточено более половины всех разведанных в этой группе запасов золота (22,3 т). Здесь располагаются месторо-

ждения, относящиеся к золото-березитовому минеральному типу. В нижней и средней части рудно-метасоматической колонны сосредоточена небольшая часть запасов (5,8 и 6,4 т соответственно). Золоторудные месторождения представлены здесь золото-кварц-березитовым минеральным типом - простыми, линейными кварцевыми жилами, сопровождаемыми редкими дайками березитированных гранитоидов габбро-плагиогранитной формации. В золоторудных полях, сосредоточенных среди песчаников, эффузивов и прорывающих их интрузий габбро-плагиогранитной формации заключена незначительная доля запасов золота в регионе - чуть более 5,6%, хотя среди этих литологических разностей сосредоточено 88% всех золотопроявлений региона, относящихся, главным образом, к золото-кварц-березитовому, менее к - золото-березитовому минеральному типам, которые представляют собой своеобразный "фон" золотоносного региона.

Среди углеродистых песчано-сланцевых толщ сосредоточено существенно меньше золотопроявлений - 12,3% от их общего числа, однако здесь сосредоточено 94,3% всех запасов золота. При этом, месторождения корневой части рудно-метасоматической колонны, которые представлены золото-березитовым минеральным типом руд и месторождения золота в верхней части рудно-метасоматической колонны, где существенная роль принадлежит золото-кварцевому минеральному типу, несут незначительную часть запасов (2,4 и 6,7 т соответственно). Основная доля запасов золота (97,4%) сосредоточена в месторождениях золото-углеродисто-сульфидного типа, приуроченных к нижней (257,4 т) и средней (91,4 т) частям рудно-метасоматической колонны, представленных кварцево-сульфидными штокверками и зонами прожилково-вкрапленной сульфидной (пирит-арсенопиритовой) минерализации, залегающими в тектонических зонах крупных и региональных разломов.

Эти данные доказывают, что среда рудообразования существенным образом влияет на распределение запасов, определяя наиболее продуктивный минеральный тип руд и структурно-морфологические особенности рудных тел.

4.2. Было исследовано распределение запасов золота в 288 рудных телах по 19 золоторудным месторождениям региона. Классификация запасов золота в рудных телах была произведена таким образом, что классы отличались один от другого на порядок, т.е. 10-100 кг, 100-1000 кг, 1000-10000 кг и т.д. Результаты этих исследований показывают следующее. В месторождениях золото-березитового минерального типа из 70 рудных тел, только 2,9% имеют запасы в классе 1000-10000 кг, а остальные 97,1% рудных тел имеют запасы на 1-2 порядка ниже, В месторождениях золото-кварц-березитового минерального типа тоже только 2 рудных тела из 87 обладают запасами в классе 1000-10000 кг, а остальные 97,8% рудных тел имеют запасы золота на 1-2 порядка ниже. В месторождениях золото-кварцевого минерального типа картина распределения запасов золота в рудных телах аналогична вышеописанной: 1 рудное тело из

47 исследованных имеет запасы в классе 1000-10000 кг или 2,15 от общего их количества, а остальные рудные тела - 97,9% имеют запасы в классах от 10 до 1000 кг.

Таким образом, по 204 рудным телам, исследованным во всех трех минеральных типах, содержится 41,2 т золота, а в 5 рудных телах из этого количества или 2,45% содержится 14,8 т золота или 35,9% от общих запасов золота.

В месторождениях золото-углеродисто-сульфидного минерального типа картина распределения запасов золота в рудных телах отличается от вышеописанной только порядком запасов - наиболее крупные рудные тела на 2 порядка, а мелкие рудные тела на 1 порядок больше, чем в первых трех минеральных типах. Но здесь также только в одном рудном теле из 84, т.е. 1,19% от общего количества сосредоточены запасы золота в классе от 100 до 1000 кг (всего 48,6% всех запасов золота), а запасы золота остальных 83 рудных телах на 1-3 порядка ниже.

4.3. Весьма характерной особенностью крупных и очень крупных рудных тел является то, что среднее содержание золота в них, как правило, не превышает таковое в остальных рудных телах, т.е. они не являются рудными столбами в общепринятом смысле и отличаются от мелких и средних рудных тел прежде всего своими размерами. Поэтому, при изучении особенностей формирования крупных рудных тел прежде всего необходимо исследовать условия, обеспечивающие возможность отложения в определенных объектах геологического пространства крупных рудных масс. Ниже рассмотрены условия формирования крупных рудных тел в месторождениях различных минеральных типов.

На месторождении Баладжал, приуроченному к корневой части рудно-метасоматической колонны и относящемуся к золото-березитовому минеральному типу рудные тела представлены зонами золотоносных березитов и простыми линейными кварцевыми жилами. Распределение запасов по структурно-морфологическим типам рудных тел: зоны золотоносных березитов (2 рудных тела) - 52,2%, золоторудные кварцевые жилы (51 рудное тело) - 47,8%. Зоны золотоносных березитов залегают в эндоконтакте интрузии габбро-диоритовой габбро-плагиогранитной формации (С₃), кварцевые золоторудные жилы - как в интрузии, так и за ее пределами и приурочены к трещинам высокого порядка, оперяющимися крупный Баладжальский разлом. Наиболее крупное рудное тело, представленное золотоносными березитами, где сосредоточено 39,6% всех запасов золота в месторождении, залегают вблизи эндоконтакта интрузии габбро-диоритов, на участке резкого его выполаживания и приурочено, по-видимому, к трещинам контракции.

Месторождение Сенташ, расположенное в средней части рудно-метасоматической колонны и относящиеся к золото-кварц-березитовому минеральному типу, представлено золоторудными 60 кварцевыми жилами, сопровождающимися единичными дайками березитизированных гранодиорит-порфиоров среди песчаников. Жилы, как правило, имеют простые линейные формы. Наиболее крупная жила Удалая, в ко-

торой заключено 2,2 т или 53,6% всех запасов, представлена коротким субсогласным кварцевым телом в ядре антиклинальной складки, залегающим в зоне тектонического отслоения (седловидная жила). Тело имеет мощность от 1-5 до 10 м, прослежено до глубины 300 м при длине около 70 м. Остальные 59 рудных тел со средними запасами около 311-100, кг представлены маломощными (0,1-1,0 м) секущими напластование жилами, расположенными в мелких трещинах субмеридионального и северо-западного простирания.

Месторождение Эспе в верхней части рудно-метасоматической колонны, относящееся к золото-кварцевому минеральному типу, представлено системой ветвящихся сложных кварцевых жил в конгломератах, песчаниках и алевролитах среднего карбона. В 31 золоторудной кварцевой жиле сосредоточено 5,1 т золота и из них 3,8 т или 74,5% - в одной жиле Северной. Эта жила приурочена к субсогласному с напластованием разрыву субмеридионального простирания с пологим 30-40° падением на запад, с юга и севера ограниченному долгоживущими разрывами северо-западного простирания, которые в период рудообразования играли экранирующую роль. Рудовмещающий разрыв представлен зоной дробления мощностью 10-20 м, мощность жилы Северной от 0,5-1,0 м до 3-5 м, жила прослежена на глубину более 300 м. Зальбанды жилы представлены березитизированными песчаниками, конгломератами, реже алевролитами, также несущими промышленное оруденение. На горизонте 250 м от поверхности заль-банды представлены кварц-карбонатно-сульфидным штокверком, с этого горизонта и глубже свыше 50% золота связано с этим типом руд, на горизонте 290 м от поверхности и ниже наблюдается постепенный переход кварцевой жилы в линейный кварцево-карбонатно-сульфидный штокверк. Среднее содержание золота в жиле составляет 4,6 г/т и соответствует среднему содержанию золота по месторождению. 30 мелких кварцевых жил, в которых сосредоточено 1,3 т золота, залегают в трещинах скола, оперяющих жилу Северную (жилы Брат, Сестра и др.), либо субпараллельных, более крутых (60°) мелких трещинах мощностью 0,1-1,0 м (жила Лагерная, Перевальная, свита жил 17-х и др.) и существенной роли в отработке месторождения не играют.

Месторождение Бакырчик, расположенное в нижней и средней частях рудно-метасоматической колонны, относящееся к золото-углеродисто-сульфидному типу, является одним из крупнейших золоторудных месторождений Казахстана. Руды месторождения представлены на верхних горизонтах кварцево-кабонатно-сульфидными линейными штокверками, а на нижних - зонами прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, залегающими среди черносланцевой толщи серпуховского яруса мощностью более 4 км, в Кызыловской зоне смятия шириной 50-250 м, длиной 11 км, прослеживающейся на глубину до 3,5 км и падающей на север под углом 35-55°. На месторождении разведано 35 рудных тел, в которых сосредоточено 300 т золота или 71,9% всех запасов золота, установленных в черносланцевых толщах Восточного Казахстана. Из 35 рудных тел только в наиболее крупном рудном теле №1 сосредоточено

125,4 т золота или 41,7% всех запасов золота, разведанных на месторождении. Формирование этого рудного тела определяется мощным (до 250 м) раздувом рудовмещающей зоны, прослеженным до глубины более чем на 1,5 км, обусловленным пересечением Кызыловской зоны смятия с северо-западным и северо-восточными разрывами, в результате чего этот участок рудовмещающей зоны приобретает характерное треугольное очертание в плане. Дорудные дайки диоритов габбро-плагиогранитной формации ограничивают этот участок рудовмещающей зоны и располагаются как в лежащем боку, так и в северо-западном и северо-восточном разрывах висячего бока. Ограниченный от окружающего пространства дайками диоритов, температуропроводность которых (0,650 м/с) в 5 раз меньше температуропроводности вмещающих пород (3,350 м/с), этот участок представлял собой огромную термостатированную систему объемом более $5 \cdot 10^8 \text{ м}^3$ геологического пространства, где были созданы уникальные условия для длительной циркуляции рудоносных растворов и отложения из них значительных рудных масс. При этом среднее содержание золота в рудном теле (9,6 г/т) соответствует среднему по месторождению (8-10 г/т).

Проведенный автором анализ распределения запасов золота в рудных телах и месторождениях позволили сделать следующие выводы.

1. При формировании всех без исключения эндогенных золоторудных месторождений региона основные запасы золота сосредоточены в 1-2 рудных телах, остальные многочисленные рудные тела составляют своеобразный "фон" золотоносности месторождения.

2. Аналогичная картина наблюдается при распределении запасов золота по месторождениям: 71,9% всех запасов золота сосредоточены в месторождении Бакырчик, в остальных 18 месторождениях (94,6% от всего количества) сосредоточено 18,1% золота.

3. Основные запасы золота в регионе связаны с месторождениями золотоуглеродисто-сульфидного типа, сформированными в нижней и средней частях рудно-метасоматической колонны и приуроченными к углеродистым песчано-сланцевым (черносланцевым) толщам серпуховского яруса и среднего карбона.

4. При всей сложности и многофакторности условий формирования крупных рудных тел и крупных месторождений золота обязательным является наличие крупных рудовмещающих разрывов в сочетании со структурными и литологическими экранами, создающими благоприятные ТР-условия для продолжительной циркуляции рудоносных растворов и последующего рудоотложения.

ПОЛОЖЕНИЕ 5

Использование установленных факторов локализации золотого оруденения позволило сформировать систему прогнозно-поисковых критериев и разработать методики оценки перспектив как локальных площадей, так и отдель-

ных месторождений золота и разработать методы экспрессной геолого-экономической оценки золоторудных месторождений.

Исходя из вероятностной природы геологических процессов, для построения системы прогнозно-поисковых критериев автором была разработана методика, давшая положительные результаты при прогнозировании перспективных на золото площадей в Южной Джунгарии [4, 13]. При прогнозной оценке Кызыловской зоны смятия (1981) и Боко-Васильевского рудного поля (1987) автором были развиты представления А.В. Королева и В.П. Шехтмана (1954, 1979), касающиеся количественной оценки факторов рудолокализации, при составлении структурно-прогнозных карт рудных полей [9, 25].

5.1. Для целей среднемасштабного прогнозирования (выделение перспективных объектов на уровне рудных полей и отдельных месторождений) была выведена решающая функция R:

$$R = \sum r_1^k + \sum r_0^k \quad \left| \begin{array}{l} >0, \text{ если } a_i \in A_1 \text{ (месторождения)} \\ =0, \text{ если } a_i \text{ не опознано} \\ <0, \text{ если } a_i \in A_2 \text{ (бесперспективная площадь)}, \end{array} \right.$$

где r_1^k , r_0^k - разделяющие веса наличия (отсутствия) признака u^k в объектах семейств A_1 (месторождения) и A_2 (бесперспективные площади) соответственно.

Путем последующего экзамена (проверки) решающего правила определяется надежность разделения объектов семейства A_1 , и A_2 и вычисляются доверительные вероятности ошибок первого и второго рода.

Автором была собрана информация по промышленным месторождениям золота с разведанными и отработанными запасами, отнесенными к семейству A_1 и по всем изученным рудопроявлениям и точкам минерализации, отрицательная оценка которых является вполне достоверной (семейство A_2).

Была составлена иерархическая система из 147 поисковых критериев, из которых были выделены 30 поисковых критериев, существенных на уровне значимости 0,990.

На этом же признаковом пространстве была сделана попытка разделить золоторудные объекты по типам сопутствующих золотому оруденению платиноидной минерализации: осмий-иридиевом у (семейство A_3) и платино-палладиевому (семейство A_4) типам:

$$R_1 = \sum r^k \quad \left| \begin{array}{l} >0 \text{ при осмий-иридиевом типе минерализации,} \\ =0, \text{ если тип платиноидной минерализации не ясен,} \\ <0 \text{ при платино-палладиевом типе минерализации} \end{array} \right.$$

Результаты проверки решающих правил R_1 и R_2 показывает вполне удовлетворительное разделение объектов на достаточно высоком (0,990) уровне значимости. По картам распределения региональных и узловых критериев, после их алгебраического суммирования, была построена карта перспективных площадей, на которой выделены площади только с положительными значениями R, которые соответствуют семейству

группы A_1 (промышленные месторождения), что соответствует задачам среднемасштабного прогнозирования и позволяет выделить новые рудные поля и узлы.

5.2. При локальном прогнозе объем геологического пространства, вовлекаемого в прогнозные построения уменьшается более чем на 2-3 порядка, вследствие чего главную роль начинают играть локальные и узколокальные критерии, позволяющие выделить различные по перспективности участки рудных полей, месторождений и отдельных рудных тел.

Поскольку рудные поля и месторождения представляют собой локальные, геотектонически однородные объемы геологического пространства, критерии, однозначно месторождения, при прочих равных условиях, оказывают статистически одинаковое влияние на рудолокализацию во всем геологическом пространстве объекта.

Количественная оценка рудоконтролирующего фактора, названная удельным запасом фактора i , определяется как отношение всей суммы разведанных запасов Q_i , связанных с данным фактором, к разведанной площади влияния этого фактора S_i , т.е.

$$q_i = Q_i / S_i$$

В геологическом пространстве рудного поля отдельные рудоконтролирующие факторы накладываются друг на друга, либо пересекаются между собой, участки рудного поля, в которых суммы удельных запасов развиты здесь рудоконтролирующих факторов близки между собой образуют блоки однородные относительно этого параметра.

Несомненно, что удельный запас однородного блока Q_0 связан с суммарным воздействием на оруденение развитых в этом блоке рудоконтролирующих факторов q_i , т.е.

$$Q_0 = f(\sum q_i)$$

В частности для Кызыловского рудного поля (месторождения Бакырчик, Большевик, Дальнее и др.)

$$Q = \exp(0,084 + 0,24 \sum q_i)$$

5.3. В нынешней экономической ситуации, когда возможности получения инвестиций на основании крупных месторождений резко ограничены, роль мелких золото-рудных объектов, освоение которых не требует больших вложений (затраты на разведку их также невелики), резко возрастает.

Четко разработанной схемы геолого-экономической оценки таких объектов на всех стадиях геологоразведочных работ нет. Наиболее слабым звеном является определение максимальной глубины отработки и, следовательно, глубины разведки и подсчета запасов.

Для ускорения процесса геолого-экономической оценки небольших объектов и объективного определения максимальной глубины открытой разработки автором совместно с Ю.В.Лаптевым [7, 12] был разработан и практически использован

метод, в основу которого положено понятие об экономически целесообразном

$$H = 3 \operatorname{tg} \alpha i [(ctg \gamma + ctg \beta)L + b/i] / 4 + \sqrt{ \{ [(ctg \gamma + ctg \beta)L + b/i] 3 \operatorname{tg} \alpha i \} / 4 - 3 \operatorname{tg} \alpha [(M-m)L - K \operatorname{эм} L] },$$

где H - максимальная глубина открытой отработки, м; M - ширина полотна карьера, м; m - горизонтальная мощность рудного тела, м; L - длина рудного тела в контуре карьера, м; α и β - углы откоса бортов выездной траншеи; γ , δ - углы откоса бортов карьера; i - уклон въездной траншеи; B - ширина въездной траншеи.

Уравнение довольно просто для расчета максимальной глубины открытых горных работ, так как значение параметров a , y , $(3, i, b)$ являются справочными для конкретных горнотехнических условий каждого объекта.

Необходимо отметить, что значение $K \operatorname{эм}$ связано только с извлекаемой ценностью полученного компонента из руды, а не с кондициями, определяемыми для месторождений, и предложенный метод позволяет вовлечь в открытую отработку часто руды, относимые по кондициям к забалансовым, т.е. повысить полноту использования недр.

Описанная методика применяется при оценке мелких золоторудных объектов и в настоящее время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных работ позволили выдвинуть и обосновать концепцию формирования золоторудных месторождений в неспециализированных на золото черносланцевых толщах путем воздействия на них флюидно-магматических систем сопровождавших становление и развитие добатолитовых магматических формаций возникших из единого мантийного очага базальтовых магм. В рамках этой концепции были раскрыты связи золотого оруденения с историей геотектонического развития региона, определена роль рудовмещающих черносланцевых толщ в формировании золоторудных месторождений, установлены важные особенности распределения запасов золота в месторождениях и рудных телах.

Важнейшим результатом исследований является вывод о ведущей роли в формировании золоторудных месторождений региона процессов, обусловленных развитием флюидно-магматических систем. Инъективные дислокации, связанные с проникновением глубинного вещества в земную кору, приводили к разуплотнению ее вещества, в результате чего возникла магмо-рудно-метасоматические палеоколонны вертикальной протяженностью 3-7 км.

Пространственное совмещение в этих структурах магматизма и глубинного метасоматизма, обусловили формирование золотых с платиноидами руд в черносланцевых толщах на окислительных барьерах при встрече трещинных вод, где происходило интенсивное рудоотложение. Эти явления на современной дневной поверхности отража-

ются малыми кольцевыми структурами, системами кольцевых и дуговых структур размером п.О,1-п.10 км.

Черносланцевые формации, вмещающие золоторудные месторождения являются благоприятной средой для крупных месторождений золото-углеродисто-сульфидного минерального типа со штокверковыми и прожилково-вкрапленными рудами. Значительной мощностью (2,5-4,5 км), переходным терригенно-карбонатно-кремнисто-углеродистым составом, низким (0,5-2,5%) средним содержанием $C_{орг}$ эти черносланцевые формации отличаются от подобных формаций, вмещающих другие полезные ископаемые.

Метасоматические процессы явились рудоподготовительными, но могли обеспечить не более 25% золота от общего его количества в рудах. Главное его количество приносилось в зоны локализации метасоматитов и руд глубинными гидротермами. В рудовмещающих черносланцевых толщах, метаморфизм которых соответствует цеолитовой, прениг-пумпеллитовой и зеленосланцевой фациям, ремобилизации благородных металлов происходить не могло, поскольку в породах этих ступеней метаморфизма определены близкие содержания золота (1,7-3,6 мг/т).

Принадлежность всех золоторудных проявлений к единой золото-березит-лиственитовой рудной формации доказывается сходством продуктивных минеральных ассоциаций, геологических обстановок формирования месторождений золота, наличием взаимопереходов одних минеральных и структурно-морфологических типов руд в другие в пределах одного рудного поля, месторождения и даже рудного тела.

Доказано, что формирование крупных золоторудных месторождений свойственно только золото-углеродисто-сульфидному минеральному типу на участках с максимальной мощностью черносланцевых толщ в крупных и региональных тектонических зонах с широким развитием структурно-литологических экранов, при этом наиболее существенными факторами, при формировании крупных рудных тел являются такие, которые обеспечивают образование не столько богатых руд, сколько отложение значительных рудных масс с рядовыми и даже несколько пониженными содержаниями золота.

На основе выявленных факторов рудолокализации разработаны системы прогностно-поисковых критериев, позволяющие на разных стадиях изученности прогнозировать потенциально рудоносные территории, новые золоторудные объекты и рудные тела.

Обобщение современных литературных данных по проблеме формирования золоторудных месторождений в черносланцевых толщах в различных регионах мира укрепило рассмотренные выше представления и позволило заключить, что полученные результаты отражают общие закономерности формирования золотых руд в формациях черных сланцев.

**Список основных работ автора,
опубликованных по теме диссертации**

1. Анищенко А.М., Масленников В.В. Кольцевые структуры как производные гидротермально-флюидных инъекций. // Колыма. 1990. №11. С. 1-5.
2. Анищенко А.М., Масленников В.В. О рудных концентрациях золота в черносланцевых толщах // Проблемы стратиформных месторождений. Часть II, Чита; 1990. С.147-148.
3. Анищенко А.М., Масленников В.В. Способ поиска рудных объектов путем выявления малых кольцевых структур (МКС) дистанционными методами // Каз НИИН-ТИ, Семипалатинский, ЦНТИ. Семипалатинск; 1990. 3С.
4. Гринвальд М.Н., Масленников В.В., Симоненко Н.Н., Флеров В.Е., Чериязданов З.Н. Золото // Геология СССР, Т.XL, Южный Казахстан. М.: Недра, 1977. С.211-213.
5. Коробейников А.Ф., Пшеничкин А.Я., Масленников В.В., Трубачев С.А. Проявление рудно-метасоматической зональности в рудном поле черносланцевой толщи карбона // Геол. и геофизика, 1989, №10. С.43-52.
6. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Гидротермально-метасоматическая природа золотых руд в черносланцевых толщах палеозойских орогенов // Метасоматич. эндоген. месторожд. Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 100-111.
7. Коробейников А.Ф., Масленников В.В., Микитченко В.Я. Закономерности размещения золоторудных полей и месторождений в черносланцевых толщах герцинской складчатой структуры // Известия АН СССР. Серия геология. 1990, №2. С. 103-115.
8. Коробейников А.Ф., Масленников В.В., Овчинников Л.Н., Вороновский С.Н. Эндогенная зональность золотого оруденения в черносланцевых толщах по данным изотопного состава серы // Геол. рудн. месторожд. 1990, Т.32, №4. С.3-12.
9. Коробейников А.Ф., Масленников В.В., Ермоленко А.Е. Золотоносные интрузивные комплексы черносланцевых толщ Северо-Восточного Казахстана // Геология и геофизика, 1992, №10. С.75-85.
10. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Гидротермально-метасоматическая модель формирования месторождений золота в черносланцевых толщах // Новые данные по геологическому строению и условиям формирования месторождений полезных ископаемых в Алтайском крае. Барнаул; 1991. С.86-87.
11. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Структурно-морфологическая зональность золоторудных месторождений в черносланцевых толщах // Новые данные по геологическому строению и условиям формирования месторождений полезных ископаемых в Алтайском крае. Барнаул; 1991. С.86-87.
12. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Закономерности формирования и размещения месторождений благородных металлов в черносланцевых толщах Северо-Восточного Казахстана // Томск: Изд-во Томск. Ун-та, 1994. 337с.

13.Лаптев Ю.В., Масленников В.В. Методические рекомендации по геолого-экономической оценке мелких россыпей золота Казахстана // Семипалатинск ЦНТИ. Семипалатинск; 1982. 62с.

14.Лаптев Ю.В., Масленников В.В., Микитченко В.Я. Золотоносные коры выветривания Казахстана // Кора выветривания как источник комплексного минерального сырья. Челябинск; 1986. С. 119-120.

15.Масленников В.В., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Золоторудные пояса в структурах Юго-Западного Алтая // Проблемы золотоносности Сибири, Новосибирск, 1975.

16.Масленников В.В., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П., Титов В.И. Золоторудные пояса Юго-Западного Алтая // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата; 1975. С.29-36.

17.Масленников В.В. Об одном методе разделения геологических объектов и формирования поискового критерия на вероятностной основе // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата; 1975. С. 166-177.

18.Масленников В.В. Особенности металлогении золота Калбы // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата; 1979. С.54-63.

19.Масленников В.В. Некоторые особенности процесса рудообразования в Калбинском золоторудном районе // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Алма-Ата; 1979. С.82-89.

20.Масленников В.В. Закономерности формирования и размещения золоторудных месторождений Калбы // Автореферат канд. дис. Томск; 1980. С.25.

21.Масленников В.В. Количественная оценка рудоконтролирующих факторов при исследованиях эндогенных рудных месторождениях // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Сибири. Томск; 1983. С. 252-254.

22.Масленников В.В. Стратиграфо-литологический контроль золотого оруденения//Разведка и охрана недр. 1983, №5. С.11-12.

23.Масленников В.В. Некоторые особенности рудовмещающих черносланцевых толщ на сульфидно-вкрапленных золоторудных месторождениях Зайсанской складчатой системы // Геология и полезные ископаемые Алтайского края. Бийск: НТО Горное, 1985. С.196-199.

24.Масленников В.В. Особенности формирования черносланцевых толщ Восточного Казахстана // Условия формирования и закономерности размещения стратиморфных месторождений цветных, редких и благородных металлов. Фрунзе, 1985. С.344-346.

25.Масленников В.В. Геотектоническая позиция золотоносных поясов в черносланцевых толщах // Колыма, 1990, №5. С.20-24.

26. Масленников В.В. Черносланцевые формации в золоторудных районах // Проблемы стратиморфных месторождений. Чита; 1990. С.89-91.

27. Масленников В.В., Лаптев Ю.В. Определение максимальной глубины подсчета запасов, рентабельных при открытой отработке // Семипалатинск: ЦНТИ, 1980. - 6 с.

28. Масленников В.В., Лаптев Ю.В. Определение максимальной глубины открытой разработки и подсчета запасов небольших залежей ценных руд // Горный журнал, 1983, №5. С.20-21.

29. Масленников В.В., Лаптев Ю.В., Левандовский Г.С., Филипцев А.Е. Структура и зональность рудного поля Архарлы (Южная Джунгария) // Геология месторождений золота Казахстана. Алма-Ата: Каз ИМС, 1984. С.74-85.

30. Масленников В.В., Микитченко В.Я. Метасоматическая и минерально-геохимическая зональность золото-сульфидно-вкрапленных месторождений в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Геология и полезные ископаемые Алтайского края. Бийск: НТО Горное, 1985. С. 100-191.

31. Масленников В.В., Микитченко В.Я. Рудные формации Эспинского-Кызыловского рудного района // Геология, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири. Иркутск; 1988, №6. С.7-8.

32. Масленников В.В., Микитченко В.Я., Коробейников А.Ф. Структуры золоторудных полей и месторождений в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Кольма, 1991, №6. С.14-17.

33. Масленников В.В., Микитченко В.Я. Способ локального прогноза и определения направления геологоразведочных работ с помощью изолиний метрограммов (метропроцентов) // Каз НИИНТИ, Семипалатинский ЦНТИ, Семипалатинск; 1990. 3 с.

34. Масленников В.В., Микитченко В.Я. О связи золотого оруденения в черносланцевых формациях с магматизмом (на примере Кызыловско-Эспинского рудного района) // Магматизм, флюиды и оруденение. Изд-во Дальневост. Отд. АН СССР. 1990, С. 84-97.

35. Масленников В.В. Черносланцевые формации золоторудных районов (на примере Восточного Казахстана) // Металлология и полезные ископаемые. 1993, №2. С.88-98.

36. Мерекешев М.М., Масленников В.В., Лаптев Ю.В., Левандовский Г.С. Особенности геологического строения месторождений сульфидно-вкрапленных руд в Восточном Казахстане // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Сибири. Томск; 1983. С.127-128.