

УДК [551.263:553.2]:553.9(574)

Л.Г. МАРЧЕНКО<sup>1</sup>

## РУДОНОСНЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ ФОРМАЦИИ КАЗАХСТАНА

Металлогениялық мамандандыруға байланысты Қазақстанның көміртекті формациялары 5 топқа бөлінеді. Қарастырылады: кенкөздерінің көміртекті формацияларның геотектоникалық жағдайлары, олардың геохимиялық мамандандырылуы және алтын көздерін бағалаудың негізгі критерийлері; Көміртекті формацияда стратиформды кенденудің генотиптері анықталды.

Выделены пять типов углеродистых формаций Казахстана, имеющие определенную металлогеническую специализацию.

Рассматривается: их геотектоническое положение, геохимическая специализация и основные критерии оценки золотоносности; определены генотипы стратиформного оруденения в углеродистых формациях.

Five of types of carbonic formations were grounded; its with characteriztical of specializations are conditioned. Geotectonical position of orecontent carbonic formations and them geochemical specializations and basis criteriones of appraisement of goldcontent are being considered; genotypes of stratiformation mineralization in carbonic formations are considered.

Углеродистые отложения представляют собой уникальные образования в геологической истории Земли. Формирование этих отложений широко развито в позднем докембрии-фанерозе и продолжается поныне. Специалисты, изучающие эти отложения, называют их черными сланцами, что вполне оправдано, т.к. эти породы объединяют огромное разнообразие черных углеродсодержащих пород с различной литологической матрицей. Набор преобладающих парагенезисо пород определил разделение углеродистых формаций на типы, развитые в различных геологических условиях.

Определяются пять типов углеродистых формаций: терригенно-углеродистый, карбонатно-углеродистый, вулканогенно-кремнисто-углеродистый, кремнисто-углеродистый, карбонатно-терригенно-вулканогенно-углеродистый. Каждый тип имеет определенную металлогеническую специализацию. Наиболее золотоносными являются терригенно-углеродистые и карбонатно-терригенно-вулканогенно-углеродистые формации. Полиметаллическая нагрузка характерна для карбонатно-углеродистой формации, а редкометаллическая, фосфорная, железомарганцевая, железисто-кварцитовая – для вулканогенно-крем-

нисто-углеродистой и кремнисто-углеродистой формаций.

В сульфидизированных черных сланцах Мира известны крупнейшие залежи полиметаллических, колчеданно-полиметаллических серноколчеданных руд. К ним относятся такие гиганты как Брокен-Хилл, Маунт-Айза, Раммельсберг, Мак-Артур и другие. К терригенно-углеродистым формациям приурочены крупнейшие месторождения с тонкодисперсными рудами редких (вольфрам, молибден, ртуть), благородных (золото-серебро-платина) и редкоземельных элементов. К таким месторождениям относятся Хомстейк, Карлин, Ватерлоо в США, а также австралийские и бразильские аналоги. Разрабатываются щелитоносные стратиформные залежи в Восточных Альпах, Португалии, Швеции, ртутеносные (с сурьмой) – в Югославии. К терригенно-углеродистой и вулканогенно-терригенно-углеродистой формациям приурочены крупнейшие золоторудные месторождения в Центральных Кызылкумах Узбекистана (Мурунтау, Даугызтау, Кокпатас и другие), в Восточном Казахстане (Бакырчик, Большевик, Суздальское и другие), в Киргизии (Кумтор и другие), в России (Сухой Лог и другие).

<sup>1</sup>Казахстан. 050100, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а, ТОО Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева

Для углеродистых формаций Казахстана характерно многоуровневое металлогеническое развитие. Кремнисто-углеродистые и вулканогенно-кремнисто-углеродистые формации включают несколько уровней развития джеспилитов, ванадий-молибденового и фосфорного оруденения с сопутствующими золотой и полиметаллической минерализациями. Железорудные уровни карсакапайского типа, парагенные с полиметаллическими, отмечаются в средне-верхнем рифее, верхнем рифее-венде и ордовике, а ванадие- и фосфоритоносные каратауского типа – в нижнем палеозое-венде. В последних рудные ассоциации совмещаются: железистая – в кремнистых фациях, фосфоритовая и свинцово-цинковая – в кремнисто-известковых. К карбонатно-углеродистым формациям приурочены среднерифейский текелийско-шарыкский рудоносный уровень с полиметаллическими объектами (с золотом) и девон-карбонный жайремско-миргалимсайский рудоносный уровень с полиметаллическими и железомарганцевыми объектами. В терригенно-углеродистых и частично карбонатно-вулканогенно-углеродистых формациях на трех уровнях: в протерозое, нижнем-среднем рифее и верхнем рифее-венде отмечена минерализация золота и золота с серебром, а на пяти уровнях палеозоя с максимумом в ордовике, девоне и карбоне отмечаются малые и гигантские объекты.

Для объектов, локализованных в черных сланцах, типична стратиформность оруденения, которая определилась большим количеством факторов, начиная с условий осадконакопления, геодинамики, развития магматизма, метаморфизма и метасоматизма.

Вопросы генезиса орудения в углеродистых формациях анализировались в трудах многих исследователей на примере месторождений Узбекистана, Киргизии, России, Казахстана, однако в них не всегда уделялось должное внимание выявлению **основной металлогенической специализации** углеродистой формации и особенно ее эволюции во времени и роли факторов, определяющих источник рудного вещества, отложение и концентрацию металлов.

Основная специализация определяется корреляционным анализом геохимических параметров, чем подтверждает правильность определения ведущей металлогенической специализации выявленных типов формаций черных сланцев.

А именно, для терригенно-углеродистого типа формаций характерно золото, карбонатно-углеродистой – полиметаллы, вулканогенно-кремнисто-углеродистой и кремнисто-углеродистой – фосфор, ванадий и железо. Определение геохимической специализации и продуктивности углеродистых формаций проводится с применением геохимического анализа, основанного на корреляционных связях рудных, петрогенных элементов и углеродистого вещества.

**Литотипы углеродистых формаций.** По петрологическому набору преобладающих литофаций углеродистые отложения докембрия и фанерозоя Казахстана разделены на пять типов углеродистых формаций:

1. Терригенно-углеродистый;
2. Карбонатно-углеродистый;
3. Карбонатно-вулканогенно-углеродистый
4. Вулканогенно-кремнисто-углеродистый;
5. Кремнисто-углеродистый.

Для терригенно-углеродистой формации характерны терригенные литотипы пород: песчаники, алевролиты, алевро-аргиллиты, глинистые пелиты и пелитоиды с преобладанием песчано-алевролитовой фации над более грубо- и тонкозернистой фациями и развитием подчиненных карбонатных, кремнистых и вулканогенных пород.

Карбонатно-углеродистый тип формаций имеет в преобладании карбонатные фации, а в подчинении – глинистые фации, обогащенные углеродистым веществом.

Вулканогенно-кремнисто-углеродистый тип формаций представлен сложным соотношением горизонтов углеродистых сланцев и вулканитов. А именно – переслаиванием кремнистых сланцев и яшм с известковистыми сланцами и измененными эффузиями. Эта формация соответствует собственно «черносланцевой» формации с накоплением пород синхронно с вулканической деятельностью, иначе говоря, это отдаленно – кремнистая геологическая формация (по Н.С. Шатскому).

Кремнисто-углеродистый тип близок по генезису с вулканогенно-кремнисто-углеродистому, но характеризуется подчиненным развитием вулканогенных пород и появлением карбонатных фаций.

Карбонатно-вулканогенно-углеродистый тип характеризуется наличием вулканитов среди уг-

леродистых сланцев, а сами вулканогенные комплексы имеют прослои кремнистых (фтаниты) и карбонатных фаций.

#### **Рудоносные углеродистые формации.**

Углеродистые формации составляют значительную часть отложений палеозоя и докембрия Казахстана. Суммарная площадь их выходов на поверхности составляет около 30 % обнаженной территории, в пределах которых расположены месторождения различных металлов. Как отмечалось выше, наибольшая золотоносность характерна для образований терригенно-углеродистой и вулканогенно-терригенно-углеродистой формаций.

*Терригенно-углеродистые формации.* Эта формация на Кокчетавском Среднем массиве и его обрамлении представляется песчано-сланцевой шарыкской свитой общей мощностью более 1000 м, содержит большое количество точек минерализации и месторождений с золото-сульфидным типом руд. Нижнепалеозойская терригенно-углеродистая формация – песчано-сланцевая ордовикская Большого Каратау мощностью 500 м содержит большое число рудопроявлений и десятки точек минерализации золота и серебра. Нижнепалеозойская терригенно-углеродистая формация (нижний кембрий) – песчано-сланцевая толща Восточного Зауралья мощностью 3500 м содержит рудопроявления Джетыгаринской группы. Нижнекембрийская терригенно-углеродистая формация песчано-сланцевая толща ниязской свиты Еремантауского района с мощностью до 2000 м включает многочисленные рудопроявления золота. Терригенно-углеродистая формация нижнего-среднего ордовика – песчано-сланцевая кушакинская свита Шу-Или-Бетпакдалинского района, вмещает многочисленные рудопроявления золота. Терригенно-углеродистая формация турне-визейского возраста – полтаво-брединская свита песчано-сланцевая Восточного Зауралья, мощностью 1200 м имеет рудопроявления кумаковского и брединского типов. Терригенно-углеродистая и карбонатно-вулканогенно-углеродистая формации среднего карбона (буконьская, калбинская и даубайская свиты) включают гигантские золото-сульфидные месторождения Бакырчикского рудного поля и большое количество месторождений золото-кварцевожильного типа. Терригенно-углеродистые и вулканогенно-углеродистые формации ордовика – вулканогенно-осадочная толща Селетинского

синклинория включает часть руд гидротермальных золоторудных месторождений бестюбинского типа.

Особенности золотоносных литофаций состоят, прежде всего, в их высокой химической, структурно-текстурной неоднородности, в немонотонности рудовмещающих толщ. Наличие в разрезе горизонтов существенно различающихся литосоставом и физико-химическими свойствами является благоприятным для рудонакопления.

В России широкое развитие имеют терригенно-углеродистые формации в протерозое, несущие золотое оруденение. Они развиты на Енисейском Кряже, Ленском районе и включают золоторудные и золото-сурьмяные и золото-платиновые месторождения типа Сухой Лог.

В США, штате Невада с терригенной формацией, значительно обогащенной карбонатом, приурочено семнадцать месторождений с тонкодисперсным золотом (Карлин, Кортес и другие).

*Вулканогенно-кремнистые, углеродистые формации.* Этот тип формации очень широко развит в Мире, в которых известны месторождения железистых кварцитов и тесно связанные с ними углеродисто-кремнистые формации с месторождениями полиметаллов, урана, золота и др. В Казахстане к этой формации относится докембрийская Карсакпай-Улытауская железорудная зона при ширине 10-15 км протягивается на 300 км с перерывами по центру Улытауского поднятия в субмеридиональном направлении в виде параллельных гряд. К ней приурочено более двадцати месторождений и рудопроявлений (Балбраун, Керегетас, Белеуты и др.). В Карсакпайском районе выделяют девять железорудных горизонтов приуроченных к бурмашинской, балбраунской, шагырлинской и биитской свитам карсакпайской серии. Аналогами Карсакпайской серии в пределах Жуантобинско-Чуйского поднятий являются железистые кварциты бетпакдалинской серии. Месторождение Гвардейское локализуется среди жуантобинской и кагашинской свит ордовика.

Железоносная пачка огизтауской свиты (углеродисто-кремнистая формация) имеет мощность не менее 250-350 м на протяжении 60 км, в которой отмечаются повышенные содержания свинца, цинка, молибдена и серебра, фиксируемые сорока пятью рудопроявлениями и многими точками минерализации.

В венд-кембрийском возрасте к кремнисто-углеродистой формации приурочена Каратау-Байконурская железорудная зона, развитая на Байконурской миогеосинклинали длиной 1100 км, при ширине 20-25 км. Железистые кварциты приурочены к колдыбайшокинской свите (графитисто-железистые сланцы месторождения Колдыбайшоки).

К низам камальской свиты приурочено баритовое оруденение, где последнее тяготеет к известковисто-сланцевым фациям, а к кремнисто-углеродистым – железистые кварциты.

В Юго-Западном Каратау в ранне-среднем ордовике в кремнисто-углеродистой формации выделяются богатые руды железистых кварцитов с сопутствующими свинцово-цинковыми (Коско и др.) и медным (Кызылота) оруденением.

Углеродисто-кремнистая формация докембрия в Большом Каратау представлена курумсакской и кокбулакской свитами тесно связанными с ванадие-фосфорным оруденением. Эта формация образует Евразийское поле протяженностью около 2000 км (от Китайской платформы на юге до Центрального Казахстана – на севере), окаймляя каледонские складчатые сооружения.

*Карбонатно-углеродистые формации.* Карбонатные фации чаще всего преобладают среди полиметаллических объектов. В Австралии к графитистым известковым сланцам рифея тяготеют месторождения-гиганты Маунт-Айза и Мак-Артур-Ривер, развиты в депрессиях авлакагенов.

К рифовым доломитам Юго-Восточной Миссури приурочено свинцовое месторождение Бонн-Терр. В верхнекембрийские известковые рифы включают цинковое месторождение и свинцово-цинковое Линейное. Рифейские известково-углеродистые сланцы Якутии (Россия) включают – свинцово-цинковое месторождения Сардана, Уруй.

На примере стратиформных месторождений в Забайкалье и Прибайкалье очень четко видна металлогеническая специализация типов углеродистых формаций докембрия (рифея). В ондокской свите на площади Байкало-Патомского поднятия с терригенно-кремнисто-карбонатными фациями ассоциирует свинцово-цинково-колчеданная рудная формация (Холоднинское и Савинское месторождения), с кремнисто-сланцевой – железистокварцитовая (Тыйчское, Парамское

месторождения), а с терригенно-сланцевой – золото-сульфидно-углеродистая рудная формация (Воскресенское, Карафтитское месторождения). Пестроцветная молассовая терригенная включает медистые песчаники Удоканского месторождения, а пестроцветная доломито-углеродистая включает свинцово-цинковую рудную формацию, представленную месторождением Таборное и Ондокской группой месторождений.

В Западном Прибайкалье свинцово-цинковое месторождение Таборное приурочено к верхнепалеозойской углеродисто-глинисто-известняковой толще. В Северном Тянь-Шане в графитистых и карбонатных толщах докембрия расположены колчедано-полиметаллические месторождения Ачикташ, Барскаун, Курган, а в Южном Казахстане – Текели, Яблоневое и другие. Девонская карбонатно-сланцевая толща Таласско-Каратауского района (Киргизия, Южный Казахстан) включает свинцово-цинковую месторождений и группу Молдатаускую и месторождения Ачисай и Миргалимсай. Девонские кремнистые и карбонатные отложения, обогащенные углеродистыми сланцами в виде пачек и горизонтов, включают железо-марганцевые месторождения типа Каражал и полиметаллические – типа Жайрем и Атасу (Центральный Казахстан).

**Геотектоническое положение рудоносных углеродистых формаций.** Углеродсодержащие отложения широко развиты во многих геотектонических структурах. Главный вопрос – какой источник углеродистого вещества биогенный или абиогенный (эндогенный) был ведущим при образовании **рудоносных углеродистых формаций**. Многие годы признавался только углерод биогенного происхождения в рудоносных углеродистых формациях. Изыскивались «бассейны», «ванны», предполагались климатические условия и масштабы биохимических процессов, не смотря на то, что развиты углеродистые формации не только в синклинорных и платформенных условиях, но и, в основном, орогенах, областях тектономагматической активизации, подвижных мегаблоках (террейнах) широкого возрастного диапазона, от архея до современного периода.

Наиболее продуктивными на накопление углеродсодержащих отложений могут быть перигеосинклиные (по В.Е. Хайну) – окраинные платформенные впадины, крупные внутриплатформенные впадины (авлакогены). Это активизиро-

ванные области платформ и по характеру осадконакопления близки периогеосинклинальным. Периокеанические платформенные впадины возникают на склонах платформ, подводных окраинах континентов, втягиваясь в погружение в сторону океана. Активность этих структур определяется наличием несогласий и перерывов в осадочном чехле, обусловивших образования структурных ловушек.

В Мире огромные площади занимают углеводородсодержащие толщи, но далеко не все они рудоносны и не все включают крупные объекты и месторождения.

Одной из главных проблем современной геологии и металлогении черных сланцев остается проблема глубинного строения регионов с формированием рудоносных углеродистых формаций. В связи с открытием в Центральноазиатском регионе крупных золоторудных объектов (Мурунтау, Кумтор, Бакырчик) интерес к таким супернакоплениям металлов в **черных сланцах** резко возрос, что явилось толчком к разработке моделей их образования. Обычно для таких месторождений характерна связь с глубоко проникающими нарушениями, что отмечалось многими исследователями. Такие дислокации пересекают границы плит, палеорифты, сутурные зоны, орогенические пояса и характеризуются наличием **длительно** действующих тепловых потоков, которые обладают большим запасом летучих компонентов, на протяжении многих миллионов лет обеспечивающих развитие процессов магматизма и рудообразования. Особенно интересен момент связи с мантийными флюидо-потоками, которые достигают надастеносферных слоев и, что очень важно, перестают зависеть от горизонтальных перемещений литосферных плит по астеносферному слою. Формирование крупных месторождений связано с несколькими геодинамическими обстановками. Накопление рудной минерализации и углеродсодержащих пород начинается с образования рифтогенных фаций (континентальный рифт). В этой обстановке появляется рассеянная минерализация с вышекларковыми значениями рудных элементов. Восстановленные флюиды углеродного состава формируют широкомасштабные отложения углеродсодержащих пород или переходят в углеродистый метасоматоз с привнесом тонкодисперсного металла (металлоорганические соединения) – зо-

лота, серебра, сурьмы, мышьяка, платиноидов и другие. На рубеже раннего и позднего архея восстановленные флюиды проникают в земную кору **дискретно**, только вдоль зон глубинных разломов с формированием специфических метасоматитов и тектонитов с тонкодисперсным алмазом, графитом, антраксолитом, керитом, битумоидами (Ф.А.Летников. 1988, 2001).

Крупное золото–вольфрамовое месторождение Кумтор расположено в тыловодужном поясе Срединного Тянь-Шаня (Южнее сутуры – линии «Николаева») в рифейской углеродисто-терригенной формации (джетымской свите) на пересечении с Транс-Иссыккульской зоной разломов С-З простирания. Такие секущие зоны являются проводником тепловых потоков, восстановленных флюидов и магматических пород. Они наследуют направления более древних дислокаций, секут структуры «тяньшанского» направления и хорошо фиксируются геолого-геодинамическими методами (маркируются эпицентрами землетрясений). На **глубинный** характер дислокации указывают: повышенные значения теплового потока, выходы термальных вод с высоким содержанием **фтора**, наличие палеогенных базальтов, резкие перепады границ Мохо и сокращение мощности земной коры (Р.Д.Дженчураева, 2003).

Кроме геолого-геофизических факторов, вывод о глубинном происхождении золотоносных потоков, на примере Кызылкумского сектора Западного Узбекистана (А.Б.Бертман, 2003), можно сделать на основе изучения газово-жидких включений в рудах и околорудных породах и изотопных характеристик рудного свинца.

Идея глубинного источника углеродистого вещества и тяжелых металлов, привносимых в **терригенные толщи** рассматривалась на примере рудного поля Мурунтау А.А. Маракушевым и В.А. Хохловым (1992), «На слабо метаморфизованные породы в зонах дислокаций, сопровождаемых брекчированием, накладывался высокотемпературный метаморфизм, в результате которого возникли «биотитовые углеродистые породы нередко обладающие **брекчиевым** сложением, занимающие как согласное, так и **секущее** положение по отношению к металаеволитовым толщам», характеризующиеся повышенным содержанием золота (особенно в нижней части бесапанской свиты) – 483 мг/г, то есть на порядок выше содержаний в породах, расположенных за

пределами рудного поля. Золотоносность этих пород и последующая мобилизация золота водно-углекисло-щелочесодержащими гидротермами определяют продуктивность многих золоторудных районов (П.Ф. Иванкин и др., 1977, 1984).

Геодинамическое развитие увязывают с различиями в глубинных условиях зарождения мантийных плюмов. На примере одной из моделей формирования месторождений Мурунтауского типа (М.М. Мансуров и др., 2003) предполагаются различные источники рудного вещества, определяемые этапами геодинамического развития региона: 1- первоначальное накопление золота, вольфрама и других сопутствующих элементов (протерозой-рифей-венде-кембрий) в углеродистых толщах (тасказганская, бесапанская и другие свиты) сопровождается толеитовыми базальтами этапа спрединга Туркестанского палеоокеана; 2- второе обогащение (на уровне 5-8 кларков золота и других элементов) в нижнепалеозойских черносланцевых и вулканогенно-осадочных толщах происходит за счет ордовик-силурийского островодужного известково-щелочного вулканизма, что приводит к формированию редких пластовых углеродисто-сульфидно-кварцевых зон, обогащенных золотом; 3- третье обогащение – перераспределения сингенетичных рудных накоплений в период каледонских надвиговых событий с образованием геохимических аномалий и бедных кварц-шеелит-золотых руд, сопровождавшихся кварц-полевошпат-биотитовыми метасоматитами; 4- четвертое обогащение – ремобилизация золота в коллизионно-обдукционный этап развития региона в верхнем карбоне-перми под воздействием гранитного массива, с выносом и концентрацией во внешних зонах контактовых ореолов и формированием столбов, штокверков мощных кварцевых жил с пирит-арсенопирит-золотой минерализацией; 5- положение платино-уран-серебряное оруденение генетически связанное с триасовым щелочно-базальтовым магматизмом постплатформенной ТМА.

Наиболее характерной чертой глубинного строения Западно-Калбинского золоторудного района (Бакырчикское рудное поле), локализованного в углеродисто-терригенной формации, является «ярусное» строение верхних горизонтов земной коры. В составе нижних ярусов – метаморфогенные сланцы докембрия, **офиолитовые островодужные комплексы**, а верхние песчано-

сланцево-углеродистые толщи. Роль структурного контроля выполняют участки пересечения на **глубине** крутопадающих разрывов и зон смятия типа сдвига-надвига (В.Н. Любецкий, 1981, 1985), которые были связаны с очагами ультраметаморфизма, наиболее глубоко проникающими во фронтальную часть Иртышского разлома. Это золотое месторождение Бакырчик, как и всё одноименное золоторудное поле формировалось в результате поздней коллизии (герцинской) на океанической коре. Океаническая кора ( $D_2-C_2$ ) сформированная в условиях двух геодинамических обстановок: срединно-океанических хребтов и океанических островов, представлена базальтоидами Чарской зоны, пластинами габбро-перидотитов и серпентинитового меланжа, содержащего досилурийские эклогиты и глаукафановые сланцы. Они формируют сложную по строению **сдвиговую** позднекарбонического возраста зону, образовавшуюся на месте сочленения Сибирского и Казахстанского континента (А.И. Сафонова, Б.Е. Буслов, 2001, 2002).

Различная геодинамическая обстановка играет значительную роль на геохимическую специализацию и на металлоносность углеродистых формаций. На примере Саяно-Байкальской складчатой области можно проследить, что углеродистые отложения Котерского (турбидитовый террейн), Ильчинского (океанический террейн) и Окинского (островодужный террейн) синклинариев имеют вариации геохимической специализации. Черные сланцы, тесно ассоциирующие с офиолитами, имеют высокую золотоносность сульфидных горизонтов, представляющих собой аналоги сульфидных построек задуговых спрединговых зон. Для углеродистых отложений континентальных окраин установлены горизонты с повышенными содержаниями платины и палладия (до 0,5 г/т), молибдена (до 100 г/т), урана (30-50 г/т), РЗЭ (200-300 г/т), бария (0,1-1,5 мас. %). Резкое обогащение барием и изменение изотопов серы свидетельствует об участии в осадочном накоплении глубинного флюида (В.И. Смирнов и др., 2001).

**Геохимическая и металлогеническая специализация рудоносных углеродистых формаций.** Поскольку тектонические структуры являются поверхностным выражением эндогенных режимов развития, разнообразие эти

структур, контролировавших накопление углеродистых формаций, будет указывать на гетерогенность этих режимов и различную их глубинность. Отсюда становится понятной металлогеническая специализация углеродистых формаций и магматических сопутствующих образований. Создается своеобразная металлогеническая пара – литологическая – углеродистая формация и магматическая формация – флюидизаты, интрузивные массивы, дайки. Состав минерализации и ее продуктивность зависит от глубинности родоначальных источников рудного вещества.

Содержания в углеродистых ассоциациях (типах углеродистых формаций) малых элементов и закономерности их распределения определяются совокупностью факторов. Одним из главных в них можно считать степень связи формирования углеродистых фаций с магматизмом. Связь с вулканическими центрами можно проследить на примерах отложений, относимых к вулканогенно-кремнисто-углеродистой и кремнисто-углеродистой формаций. Томингская серия раннего протерозоя Кольского полуострова – яркий пример того, где отчетливо выделяются три фациальные зоны, несущие определенную геохимическую, металлогеническую специализацию: для зоны приближенной к центрам вулканической деятельности типичны углеродистые метатUFFиты, переслаивающиеся с фтанитами и кремнисто-колчеданными образованиями; вторая зона – относительно удаленная имеет преобладание глинистых углеродистых пород и фтанитов с проявлением карбонатных фаций; третья зона значительно удалена от активных вулканических центров и характеризуется преобладанием слобоуглеродистых метасилицитов и карбонатных пород. Для углеродистых ассоциаций, наиболее приближенных к центрам вулканической деятельности, характерно повышение концентрации железа, марганца и микроэлементов. Относительно удаленные от вулканических центров **кремнистые** породы обогащены золотом, серебром, свинцом, германием, оловом, молибденом, бором. Для очень удаленных зон типичны метасилициты, относительно обедненные марганцем, железом и малыми элементами. Для карбонатных пород этой зоны свойственен повышенный фон меди, никеля, ванадия, фосфора, бария, стронция, а глинистым – меди, никеля, кобальта, хрома, ванадия, стронция и бора. Вероятным поставщиком

основной массы рудных элементов и его дифференциация, в первую очередь, является вулканический очаг (Э.А.Мележик, В.А.Предовский, 1981). Углеродистому веществу здесь приписывается роль сорбента, захватывающего рудные элементы и создающего в стадиях син-, диа-, и эпигенеза восстановленную и сероводородную среду для осажденных халькофильных и сидерофильных элементов. В рассмотренных ассоциациях углеродистых пород только для некоторых элементов проявлены отчетливые корреляционные связи с углеродистым веществом.

Второй пример – Жуантобе-Шуйская рудная провинция, известная наличием Бетпак-Далинского железорудного бассейна в Казахстане (Гвардейское и Темирское месторождение), где ясно видна связь железисто-кварцевой минерализации с вулканогенными фациями, которая по латерали сменяются удаленными карбонатно-углеродистыми фациями с колчеданной (свинцово-цинковой и медной) минерализацией.

Рудоносность углеродистых формаций и их металлогеническая специализация не находится в прямой зависимости от содержания углеродистого вещества в среде, а определяется общей геологической историей развития того или иного региона, валовым составом ведущего парагенезиса вмещающих пород, характером метаморфизма, метасоматоза, магматических и постмагматических процессов.

Рудовмещающие углеродистые толщи имеют как пониженные (1-3 мг/т), так и повышенные (6-65 мг/т Au) средние содержания золота. Терригенные углеродистые формации с примесью вулканогенного материала несут повышение концентрации золота и содержат средние по запасам объекты, т.е. для формирования богатого золотого оруденения необязательны первичное-осадочное накопление этого металла в рудовмещающих и подстилающих толщах (А.Ф.Коробейников, 1990). Лишь активные магматические, метасоматические, гидротермальные (несколько этапов) процессы способны определить зоны рудообразования и конкретные крупные объекты.

Тем не менее геохимическая специализация должна выявляться для углеродистых формаций с целью определения качественной характеристики литогеохимии слагающих ее фаций и определения связей металлов с углеродистыми соединениями.

Геохимическая специализация углеродистых формаций раскрывает их перспективность на обнаружение полезных ископаемых. На основании проанализированного фактического материала, накопленного автором, в отчетах других авторов (Е.А. Анкинович, 1981, Э.Г. Кичман, 1981, И.Н. Рошин, 1981, В.А. Хаматов, 1975, Н.Г. Калининченко, 1977, 1982 и др. и большого объема литературных источников, было подчеркнуто, что для различных типов черных сланцев намечается определенная геохи-металлогеническая специализация. Для того, чтобы использовать геохимическую специализацию с целью оценки перспективности толщ черносланцевых формаций, нами рассматриваются как толщи с продуктивными промышленными объектами, так и их аналоги с близкими лито- и геохимическими характеристиками, но не имеющие рудопроявлений.

Металлогеническая специализация фаций вулканогенно-кремнисто-углеродистого типа формаций Большого Каратау (табл. 1), отражена в распределении элементов по контрастности содержаний как отдельных фаций, так и формации в целом. Геохимические специализации двух рудных полей Большого Каратау – Балаускандыкского и Курумсакского характеризуются  $Mo - Ag - V$  ассоциаций, висмут отмечается только на Курумсакском рудном поле. Выборки по фациям составлены в порядке увеличения концентрации элементов  $Mo, V, Ag$ . Рудные горизонты характеризуются большим привносом рения и углерода. Элементы полиметаллической группы ( $Cu, Pb, Ba$ ) последовательно увеличивают свои содержания и переходят из слабо- и мало-контрастных в характерные ряды. Наиболее высокие содержания свинца характерны для ванадиеносных углеродисто-глинисто-кремнистых сланцев. Очень интересным считается повышенное содержание серебра для фтанитов Курумсакского рудного поля (12-16 г/т с максимальным – 19-20 г/т). В Балаускандыкском рудном поле среднее содержание серебра во фтанитах 19-53 кларка. Фосфор в этом виде формации не проявляет значительных перепадов контрастности содержаний при переходе от одной фации к другой, ограничиваясь рамками мало-контрастных содержаний (1 – 8 кларков). Для всех фаций формации устанавливается золото с содержанием 0,005 г/т и характерное для Курумсакского рудного поля.

В Улытауском районе к вулканогенно-кремнисто-углеродистому типу формаций относится кокतालская свита кембрия и жалтауская свита венда. Кокतालская относится к карбонатно-кремнисто-углеродистой фосфатноносной разновидности вулканогенно-кремнисто-углеродистого типа формации, а жалтауская – к терригенно-кремнисто-алюмофосфатной разновидности. Кокतालская сопоставима с кокбулакской (кулунтауской) свитой Каратау по формационной и металлогенической характеристикам. Она имеет значительные содержания серебра, меньше молибдена и ванадия. Для углеродисто-глинисто-кремнистых сланцев кокतालской формации характерны повышенные содержания молибдена (3-7 кларков), ванадия (3-8 кларков), а для углеродисто-глинистых с барием характерны повышенные содержания фосфора (2 кларка), бария (8 кларков), молибдена (4-6 кларков), ванадия (1,5 кларков), меди (2 кларка) и серебра (7 кларков).

Несмотря на более низкую контрастность содержаний всей группы элементов, кокतालская формация Улутау имеет качественно близкую к курумсакской Каратау геохимическую специализацию – молибден-ванадиевую с подчиненной фосфорной. Жалтауская кремнисто-терригенно-углеродистая формация имеет фосфорную и подчиненную ванадиевую специализацию.

В Шу-Илийском районе отмечается целый ряд формаций, относимых к вулканогенно-кремнисто-углеродистому типу, имеющие ванадиевую, фосфорную, джеспилитовую основные геохимические специализации и вторичные – полиметаллическую и золотую.

*Киинтасская формация* – представляет терригенно-кремнистую разновидность. Как ванадиеносная она характеризуется наличием высококонтрастных содержаний молибдена, а содержания ванадия и фосфора мало – и слабоконтрастные. В киинтасской формации обнаружена наложенная золотая минерализация, которая отражается корреляционным графом  $Bi-As-Au-Ag$  и  $Pb$ . Золотая минерализация сопровождается зонами окварцевания и тесно связана с полиметаллической (участки Киинтас-Кызылауз).

*Акбастауская формация* среднего-верхнего рифея пространственно связана с киинтасской и распространена на Шуйском поднятии. Для них обоих характерен висмут, что определяется об-



щим повышенным фоном и воздействием Киинтасской интрузии гранитоидного состава. Геохимическая ассоциация акбастауской формации качественно повторяет киинтасскую, но количественно имеет слабо – и мало контрастные содержания этих элементов. Концентрации фосфора выше ванадиевых, что подчеркивает геохимическую специализацию на фосфор известково-кремнисто-терригенно-углеродистой ассоциации (разновидность кремнисто-углеродистого типа формации).

*Домбралинская* верхнекембрийская формация перекрывает две выше- названные. Карбонатно-терригенная ассоциация, также как и две выше названные, имеют высокие (ведущие по контрастности) содержания висмута с характерным корреляционным графом  $Bi-As-Ag-Mo$  с  $Au$  (P, V). Для пород акбастауской и домбралинской формаций часто отмечаются аномальные содержания меди, свинца, цинка, молибдена, серебра, мышьяка.

*Жайсанская* углеродистая формация среднего-верхнего кембрия развита в Кендыктасском районе и относится к карбонатно-кремнисто-терригенной разновидности, специализированной на фосфор. Углеродисто-кремнистые и углеродисто-сланцевые породы формации имеют повышенные содержания молибдена, свинца, серебра, ванадия и урана. Преобладают в разрезе терригенные отложения: песчаники, алевролиты, глинистые сланцы и горизонты фосфоритов в известковистых песчаниках. Терригенные фации имеют повышенные концентрации фосфора, а в кремнистых – ванадия и молибдена. Средние значения золота выше кларковых в 3,5 раза.

*Бурубайтальская* формация широко распространена в Сарытумской зоне и является представителем кремнисто-углеродистой формации с мелкими проявлениями ванадия.

К ней приурочено мелкое месторождение золота Карагуз, три рудопроявления и шестнадцать точек минерализации.

*Ацисуйская* (венд-кембрий) формация имеет джеспилитовую металлогеническую нагрузку с повышенным содержанием кобальта и никеля в кремнистых фациях. В последних намечается  $Mo-V$  ассоциация, что не исключает обнаружение кроме джеспилитовой, ванадиевую минерализацию.

Приведем несколько примеров геохимической специализации на золото терригенно-углеродистых формаций. Самым древним его представителем является *кокджотская* свита Малого Каратау. В ней обнаружено несколько десятков рудопроявлений золота с содержанием до 5 г/т и большое количество точек минерализации с содержанием золота от 0,01 до 1 г/т. Породы представлены углеродистыми песчаниками в различной степени окварцованных и гидротермально измененных. От интенсивности измененности зависит повышение содержаний золота и элементов спутников. Для кокджотской формации характерна золото-серебряная ассоциация с медью, частично с молибденом и свинцом.

Геохимические поля развития рудопроявлений золота в кокджотской формации пространственно совмещены с пирит-халькопирит-галенитовой минерализацией золото-сульфидно-кварцевой рудной минеральной ассоциации. Кларки золота в интенсивно измененных песчаниках повышается до 149-257 значений сравнительно с неизменными (0,5-1 кларк), серебро при этом незначительно повышается (от 2 до 10 кларков), но заметно повышается содержание меди и свинца.

В Шу-Илийском районе к терригенно-углеродистому типу формаций отнесены андеркенская и дуланкаринская углеродсодержащие свиты верхнего ордовика, щербактинская, майкольская – нижнего-среднего ордовика. Андеркенская формация ярче, чем дуланкаринская характеризуется корреляционным графом  $Au-As$  с вольфрамом. Наиболее контрастные содержания золота характерны для углеродсодержащих песчаников (ороговикованных), меньше для алевролитов. Дуланкаринская терригенная формация имеет основную  $As-Au$  геохимическую ассоциацию и вторичную  $W-Sn-Cr-Zn-Pb$ .

*Щербактинская* терригенно-углеродистая формация нижнего-среднего ордовика характерна для крайнего юга Шу-Илийского района (Кендыктас) она имеет повышенные содержания золота, мышьяка и сурьмы. В зонах развития кварцево-жильного золотого оруденения с подчиненным золото-сульфидно-вкрапленным (Чоклар) повышаются содержания висмута, серебра, свинца. Для щербактинской углеродистой формации определяется четкая геохимическая специализация на золото-полиметаллическое оруденение

(Чокпар, Тасполы и другие) и имеет корреляционный геохимический граф Au-As-Sb-Bi-Ag-Pb (Mo, W). Ее неизменные фации, обогащенные вулканомиктовым материалом содержат до 300 кларков золота, около 20 кларков мышьяка и около 15 кларков сурьмы, четыре кларка вольфрама и около трех кларков свинца. В рудах золото-кварцево-жильного типа количество мышьяка достигает 542 кларков, сурьмы- 104, свинца и серебра – свыше 30, а молибдена – свыше 10 кларков.

Представитель вулканогенно-кремнисто-углеродистого типа формации, имеющий геохимическую специализацию на золото как вторичную является кайнарская свита верхнего рифея Каратау. Она имеет аномальные содержания золота, мышьяка, висмута, характерные для углеродистых сланцев. Содержания этих элементов увеличивается в зонах окварцевания и березитизации. Корреляционный геохимический граф кайнарской формации с учетом зон минерализации (Нижне-Кумыстинское рудопроявление) соответствует Au-Bi-As-Cu (Ag, Zn).

Представителями карбонатно-углеродистой формации с золотой минерализацией следует считать терригенно-карбонатные свиты *бакырлинская (шованская)* в Каратау и *шарыкская* в Кокчетавской Глыбе. Для первых характерны содержания золота, висмута, мышьяка, сурьмы, но они не превышают 5-ти кларкового содержания и еще меньше – вольфрам и серебро, золото до 410 кларков, висмут-100.

*Шарыкская* формация имеет корреляционный геохимический граф As-Au-Cu (Zn, Mo). Золото по степени контрастности отличается в березитированных углеродистых сланцах. В неизменных доломистых сланцах золото присутствует в количестве 1-2 кларков. В среднем золота – 8 кларков, мышьяка до 50 кларков.

*Калбинская* формация серпуховского яруса представляет геохимическую специализацию графом Au-As-Sb-W (Bi). Неизменные углеродистые песчаники, алевролиты и алевросланцы с характерным по контрастности золото-мышьяковым или золото-сурьмяным в зоне окварцевания и березитизации уже имеет ведущее по контрастности содержания золото.

Геохимическая специализация *буконьской* формации представлена двумя графами : для Бакырчикского района – граф As-Ag-Cu-Zn (Pb,

Mo), а для Васильевского – As-W-Zn. Для первой содержания меди, цинка, свинца отмечают в слабоконтрастных содержаниях. Вольфрам в аналогичных содержаниях отмечается только в песчаниках. Васильевская геохимическая ассоциация отличается от Бакырчикской наличием вольфрама во всех разностях пород от слабоконтрастных в туфопесчаниках до малоконтрастных в алевролитах и характерных – в аргиллитах. Цинк здесь достигает 45 кларков. По содержанию серебра Бакырчикский район более обогащен, чем Васильевский – соответственно 3-7 против 1-6 кларков. Для песчаных фаций *буконьской* формации в целом отмечается медная специализация, а для более тонкообломочных – медь-свинец-цинковая.

В Селетинском синклинории развиты две формации терригенно-углеродистого типа, вмещающие золоторудные месторождения. Это торткудукская свита верхнего кембрия-тремадока и бестюбинская серия среднего-верхнего ордовика.

В *торткудукской* формации локализовано золото-сурьмяное месторождение Кварцитовые Горки. Большинство рудных тел приурочено к горизонтам углеродисто-кремнистых, известково-углеродистых алевролитов.

Итак, в Казахстане самыми древними золотоносными углеродистыми формациями является *кокджотская* в Малом Каратау и *бакырлинская (шованская)* в Большом Каратау (нижний-средний рифей). В различной степени золотоносны: кайнарская верхнерифейская свита, венд-кембрийские свиты-аксумбинская, ранская, карагурская, кембрийские – кулунтауская, байконурская, курумсацкая и девонская – тюлькубашская.

В докембрийских формациях Большого Каратау сосредоточено-56% золотопроявлений, венд-кембрийских, кембрийских – 21%, верхнепалеозойских – 23%.

По наличию золотых точек минерализации *кокджотская* терригенно-углеродистая формация выходит на одно из первых мест среди углеродистых формаций докембрия. К ней приурочены рудопроявления Бесагаш, Карашат, Аралтау, Амансай, Курсай, Аркалы (68 рудопроявлений и более сотни точек), как представители кварцевых и кварцево-карбонатных жил, приурочены к тектоно-дислоцированным участкам, занимающим межпластовые отслоения, либо крутые

трещины скалывания, где они контролируются дорудными и пострудными дайками.

*Кайнарская* терригенно-вулканогенно-углеродистая формация характеризуется наличием слоев углеродистых сланцев и конгломератов, к которым приурочены рудопроявления золота: Нижне-Кумыстинское, Актымасай, Тегистык, Алтын-Тау-малосульфидные кварцевые золотоносные жилы и минерализованные зоны (сульфидно-вкрапленные).

*Бакырлинская* (шованская) терригенно-карбонатная формация вмещает мелкие месторождения золото-серебряные и серебро-полиметаллические с золотом, представленные кварц-сульфидными жилами и зонами минерализации (Шован, Косунгур, Келенчиктау).

В палеозойских формациях заслуживает внимание *толькубашская* терригенно-углеродистая формация, включающая месторождения и рудопроявления на северо-западе Каратау. К средней части формации приурочено Карамурунское кварцево-жильное месторождение с кобальт-золотой, вольфрамо-золотой и редкометалльно-золотой минерализациями.

Для Тургайского прогиба на границе Троицкой и Денисовской подзон, вблизи Тобольского глубинного разлома в дробленных углеродистых сланцах верхнего рифея и нижнего палеозоя развито несколько рудопроявлений золота: Комсомольское, Тохтаровское, Аккарга, Сабитовское, Глебовское. Вмещающими для этих проявлений являются углеродистые осадочно-метаморфические отложения верхнего рифея (алексеевская свита), силурийская вулканогенно-терригенно-углеродистая формация (сакмарская свита) и терригенно-углеродистая (шебектинская) формация нижнего палеозоя.

В Мугоджарах выделяются несколько золоторудных формаций, из них как и в Тургайской зоне, большое внимание заслуживает формация терригенно-углеродистая верхнего рифея (алексеевская свита). С этой формацией связаны проявления не только золота, но и графита. В Зауральской зоне широко развиты нижнепалеозойские нерасчлененные отложения, представленные углеродистыми песчаниками и кварцево-серицит-углеродистыми сланцами. Золоторудный район особенно интересен в Балкымбайском грабене, где выделяются Северо-Балкымбайская группа рудопроявлений (Заря, Джумса, Карлау, Кугутык

и другие). Районы очень перспективные на золото в связи с оруденением двух морфотипов в углеродистых формациях. На юге Балкымбайского грабена выделен Балаталдыкский золоторудный район. Многочисленные золотоносные кварцевые жилы и кварцевые метасоматиты развиты в терригенно-углеродистых сланцах и вулканитах ( $D_3-C_1$ ) и шебетинской свите ( $Pz_1$ ). Из золотопроявлений выделяется кварцево-жильный Балаталдык и зоны минерализации – Балаталдык Южный и Тастысай. На юге этого района с углеродистыми сланцами связана группа урановых аномалий.

Вдоль Восточно-Мугоджарской зоны разломов на протяжении 170 км при ширине 10-20 км развита Шолак-Кайрактинская золоторудная зона, развитая в углеродистых сланцах и вулканитах верхнего девона и нижнего карбона, а также в углеродистых толщах карбона ( $C_1, t_2-v_1+C_1, v_3-s$ ) и частично в шебетинской свите нижнего палеозоя.

Золоторудная Шолак-Кайрактинская зона, развитая в углеродистых толщах, представлена двумя разобщенными районами: Шотинско-Каракудукским и собственно Шолак-Кайрактинским. В первом районе насчитывается много точек минерализации и рудопроявления: Каракудук и Кызылтан в карбоне и также два рудопроявления и масса точек в шебетинской свите. Шолак-Кайрактинский район объединяют более 30 рудопроявлений Узун-Кайрактинской группы золотоносных кварцевых жил – Токбура, Кенгияк, развитые в песчаниках и углеродистых сланцах нижнего палеозоя (шебетинская свита) и верхнего девона-нижнего карбона. На Кингияке широко развиты углеродисто-сульфидные кварциты с золотом 0,8-1,0 г/т.

Шолак-Кайрактинская золоторудная зона фактически является южным продолжением Брединско-Кумакской золоторудной зоны Южного Урала (Россия), с которой связаны промышленные месторождения золото-сульфидной рудной формации.

К этому стыку приурочен Каракудукский участок, где широко развиты углеродисто-кремнистые и серицито-кремнисто-углеродистые сланцы ( $D_3-C_1$ ). Кора выветривания по этим сланцам содержит до 0,25 г/т золота, в измененных породах – до 2-10 г/т. Шолак-Кайрактинская золоторудная зона считается наиболее перспектив-

ной среди других, развитых в Западном Казахстане. К тому же его перспективность подчеркивается наличием (продолжением) севернее Кумакского рудного поля (Россия).

Кумакская группа месторождения прожилково-вкрапленного морфотипа в черных сланцах. Рудное поле представлено около 20 месторождениями и расположено в восточной части Аниховской грабен-синклинали выполненной отложениями полтаво-брединской свиты ( $C_1t_3-v_1$ ).

### Критерии оценки золотоносности углеродистых формаций.

*Метасоматические критерии.* Оценка критериев рудоносности углеродистых формаций рассматривается на примере суперкрупных золоторудных месторождений, локализованных в черных сланцах.

Долгое время для золоторудных месторождений, локализованных в черных сланцах, проявление околорудного метасоматоза не замечалось, его считали «специфически» отсутствующим. Однако на многих малоглубинных объектах с золото-сульфидно-вкрапленным оруденением (П.Ф.Иванкин, 1980, Л.Г.Марченко, 1980, 1985, 1989, И.Н.Томсон, 1989, 1993) и реже среднеглубинных (М.И.Новгородова, 1983) метасоматиты имеют широкое развитие, но они обогащены углеродистыми соединениями, что затрудняет их визуальное определение.

Руды, приуроченные к черным сланцам, обычно характеризуются основной золото-углеродисто-сульфидной ассоциацией и совмещены с различными фациями метасоматитов вулканогенного и плутоногенного рядов, с характерной вертикальной зональностью.

Вулканогенный ряд метасоматитов: I уровень (сверху-вниз) – аргиллизитовые и кварц-аргиллизитовые, серицит-гидрослюдистые, обогащенные углеродистым веществом; II уровень – углеродисто-серицитовые, хлорит-углеродисто-карбонатные, углеродсодержащие – ортоклазовые и пропилитовые. Плутоногенный ряд: I уровень – пропилиты с подчиненными кварц-полевошпатовыми и кварцевыми углеродсодержащими разностями; II уровень – кварц-микроклиновые и флогопит-серицитовые метасоматиты с небольшим количеством углеродистого вещества. Слюдистый минерал на всех уровнях имеет калиевый профиль. Апикальная зона метасомати-

тов (латеральная) обеднена калием и имеет кварц-хлоритовый, кварц-диккитовый, кварц-каолинитовый и хлорит-альбитовый состав с незначительным развитием углеродистого вещества. Надрудные зоны обогащены углеродистыми веществами и карбонатами.

Распределение углеродистых соединений в метасоматитах неравномерное с максимальным нарастанием от плутоногенного ряда к метасоматитам вулканогенного ряда.

Углеродистое вещество имеет сложный состав и представлено как твердой фазой (шунгит, антракосолит, асфальтит), так и жидкой – углеводороды (битумоиды). Твердое углеродистое вещество зонально распределено в вертикальной колонне метасоматитов с накоплением шунгито-антракосолитовых «чехлов» в надрудной зоне. Концентрации битумоидов наоборот повышаются сверху вниз и особенно высоки в богатых рудах, совмещенных с углеродистыми серицитолиитами или кварц-флогопит-серицитовыми метасоматитами вулканогенного ряда.

В составе шунгитов и других твердых углеродистых веществ преобладают аморфные разности, как примесь – графит и карбин. Битумоиды представлены группами алифатических углеводородов (парафиновые и кислородсодержащие – карбонильные и карбоксильные) с подчиненными группами ароматических и нафтеновых углеводородов и металлоорганическими соединениями. Окисленные углеводороды (карбонильные, карбоксильные) имеют зональное распределение с нарастанием их количества от надрудных зон в сторону рудных (и особенно в богатых рудах). Благородные металлы (золото, серебро, платиноиды) концентрируются как в твердых, так и жидких углеродистых соединениях и достигает в богатых рудах Карлинского месторождения – 20-40% от общего количества золота, а на месторождениях Бакырчик и Большевик – 10-15%. Жидкие углеводороды тесно коррелируются с рудогенными (золото, серебро, мышьяк) и петрогенными (калий, железо, алюминий) элементами, что свидетельствует о существовании специфического калиевого метасоматизма с участием во флюиде металлоорганических соединений.

Т. Graupner et. al. (2003) на основании изучения биотит-калишпатового изменения боковых пород Мурунтауского рудного поля и выявления в жильном золотоносном кварце высокотемпе-

ратурных флюидных включений, обогащенных  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , и наличия желтоватокоричневого жильного шеелита, пришли к выводу о ведущем значении в золотооруденении фактора высокотемпературного метасоматоза с восстановленным флюидом. Ими подчеркивается тесная корреляция золота с калием. Drew et. al. (1996) высказывали мнение о возможности существования флюидно-углеродистого процесса, влияющего на формирование Мурунтауской системы.

Наличие в рудном поле обогащенных углеродистым веществом ювенильных флюидизатов определяет глубинное происхождение восстановленного флюида. Углеродсодержащие метасоматиты золоторудных полей могут проявиться как по всей колонне, так и частично, что определит масштабы оруденения на глубину, уровень их формирования или эрозионный срез месторождения.

И.Н. Томсон и др. (1993) предлагают углеродистые метасоматиты зон смятия выделить в особую самостоятельную формацию – «эндогенных черных сланцев». Выявленные газовые включения в эндогенных черных сланцах Приморья близки к газам кимберлитов, охарактеризованы как восстановленные, что коррелируются с наличием в акцессорных самородных металлов и карбидов и свободного углерода в метасоматитах. Ранее уже были рассмотрены особенности состава графит-ильменитовых (углеродистых) метасоматитов из зон смятия в Приморье (И.Н. Томсон и др., 1984, 1987, 1989, 1993). «Формация эндогенных «черных сланцев» представляет собой особый тип углеродистых метасоматитов, развивающихся вдоль зон смятия и рассланцевания тонкообломочных терригенных и карбонатных пород, в цементе трубок взрыва, а также среди вулканитов, которые бывают затронуты процессами углеродистого метасоматоза». Углеродистое вещество – эндогенный графит и шунгит, атраксолит и углеводороды ассоциирует с переменным количеством ильменита, сульфидов, карбонатов и сопровождаются акцессорными самородными металлами, карбидами, металлоорганическими соединениями и интерметаллидами. Геохимические особенности эндогенных «черных сланцев» близки к таковым для стратифицированных черных сланцев, что позволяет предполагать их родственные связи, а именно повышенный фон ряда металлов, достигающих промышленных содержаний, т.е. на 1-2 и

более порядков концентрации одних и тех же элементов: хрома, кобальта, титана, фосфора, ванадия, никеля, редких, селена, урана, золота, серебра, редких земель, мышьяка, цинка, свинца, железа, молибдена, платиноидов и др; в этот сложный комплекс элементов входят ванадий, титан, железо, кобальт, висмут и другие глубинные компоненты.

При формировании золоторудных месторождений черносланцевой формации (Сухой Лог, Россия, В.В. Левицкий и др., 1980, 1981, 1983; Мурунтау, Даугызтау, Узбекистан, Н.Т. Тапаева, А.В. Генералов, 1993; Бакырчик, Казахстан, Л.Г. Марченко, 1979, 1984, 1985, 1989; Карлин, Невада, Radke, 1985 и др.) перенос золота и возможно, других компонентов осуществлялся в основном в виде легколетучих соединений, устойчивых в восстановленных углеродистых флюидах, то есть в виде металлоорганических соединений и кластерно-комплексных агрегатов.

По данным Л.Т. Носика, изотопия свободного углерода метасоматитов (на примере Приморья) близки к значениям углерода мантии. Для углерода мантии значения  $\delta^{13}\text{C}$  близки к – 23%. Согласно данным ЭПР, в углеродистом веществе метасоматитов присутствуют металлоорганические соединения, и оно отличается от биогенного углерода осадочных пород меньшим числом парамагнитных центров.

Эндогенные флюидные системы Земли на рубеже нижнего и верхнего архея были восстановленными, а на рубеже позднего архея в общепланетарном масштабе произошла инверсия флюидного режима с восстановленного на окислительный. И с этого времени восстановленные флюиды проникали в земную кору дискретно, только вдоль зон глубинных разломов (Ф.А. Летников 2001).

Еще в 60-е годы прошлого столетия Э.Б. Чекалюком была показана устойчивость в верхней мантии тяжелых углеводородов. И только в наше время термодинамические модели В.С. Зубкова, И.К. Карпова, В.А. Бычинского и др. (1998-2001) подтвердили выводы Э.Б. Чекалюка и показали, что в верхней мантии могут сосуществовать две ветви флюида – углеводородная и неорганическая. Мантийный флюид представляется тяжелыми углеводородами, которые с появлением кислорода в системе изменяют состав, что приводит к появлению кислородсодер-

жащих углеводов (см. Л.Г.Марченко, 1989) и окислов углерода и азота. В процессе метастабильного подъема мантийного углеводородно-неорганического флюида по **глубинным разломам** в первую очередь конденсируются элементарноорганические соединения, а позднее вода неорганической ветви флюида, что определяет «двухэтажную» металлогеническую зональность, а именно в нижней преобладают углеродистые метасоматиты, а в верхних – гидротермальные образования. Многоплановое развитие метасоматитов сначала углеродистых, а затем «чистых» можно проследить на примере Мурунтауского рудного поля.

Углеродистые метасоматиты в зонах смятых ранее рассматривались как динамометаморфизированные углистые сланцы (углистые пелитоиды Кадали-Сухоложской зоны смятия Патомского нагорья М.П. Лобанов и др., 1976, В.И. Синцов, 1974). Подобные тектониты отмечаются во многих районах Мира и к ним приурочены высокие концентрации золота и платины. Такие образования отмечаются в Восточно-Саянском поясе ультраосновных массивов в составе складчатого обрамления Сибирской платформы.

Обильноуглеродистые тектониты отвечают всем признакам углеродистых метасоматитов: наложенный характер распределения углеродистого вещества, приуроченность к региональным глубинным разломам и т.д. (Ю.В. Данилова, Б.С. Данилов, 2001). В зоне главного Саянского разлома открыта концентрация платины в графитистых магнезиально-кальциевых метасоматитах с сульфидной минерализацией и содержанием элементарного углерода 40 вес %, платины до 2,88 г/т, палладия до 0,24 г/т и золота до 0,3 г/т. Анализ изотопного состава углерода графита (10,4-9,1) %, что характерно для эндогенного углерода (Галимов, 1973). Эндогенная природа углеродистой минерализации является очевидной и для других групп месторождений. К ним относятся медно-никелево-графитистые рудные тела в базитовых интрузивах – месторождения Тасказган в Центральных Кызылкумах, никелевое месторождение Воронежского кристаллического массива. В комплексе расслоенного интрузива Стиллиуотер (США) в 1985 г. обнаружена платиноидная минерализация, которая содержит до десятков процентов графита и образует в расслоенном интрузиве штокверк трубообразной

формы. Графит ассоциируется с сульфидами, арсенидами, карбонатами, для которых предполагается мантийный источник вещества.

По данным М.И.Новгородовой (1986), на Южном Урале черные графитовые сланцы возникают за счет углеродизации пород из флюидных фаз, связанных с базит-ультрабазитовым магматизмом. При этом происходит привнос хрома, титана, марганца, цинка, меди. Зоны углеродистых метасоматитов, развитые в Узбекистане, Казахстане, Киргизии, Сибири связаны с глубинными разломами и сопровождаются малыми интрузиями диабазового состава. Базитовый магматизм и высокоуглеродистый метасоматоз проявлялись в раннеорогенном или предорогенном этапе, что определяет металлогенический этап с образованием полиметаллических, золоторудно-редкометалльных и других стратиформных месторождений, связанный с рифтогенезом.

*Магматические критерии.* Особенности взаимосвязи магматизма с оруденением в черных сланцах рассматривается на примере золоторудных объектов. В пределах золотоносной Западной Калбы развито два дайковых пояса и представлены тремя группами интрузивных тел: малые интрузии, субинтрузии и субвулканические тела, которые имеют диорит-гранодиоритовый реже более основной состав. Они чаще всего имеют согласное залегание с полосчатостью и рассланцованностью углеродсодержащих пород. Кларк концентрации золота в них меняется от 2 до 706. Изучению интрузивных комплексов этого района было посвящено очень много работ и данные по ним освящены в литературе вполне достаточно. Мы коснемся вопроса развития в пределах золоторудных полей особых магматитов-флюидизатов, изучению которых сейчас уделяется внимание многих исследователей.

Флюидизаты – магматогенные брекчии, формирующиеся в процессе эволюции флюидно-экслозивных систем различного состава (И.И.Голубева, Л.В.Махлаев, 2002, Reynolds, 1954, и др.). Эти брекчии имеют большое петрологическое и металлогеническое значение. На современном этапе знаний их относят к подтипу магматитов. В литературе их именуют по-разному – туффизиты, ксенотуффизиты, интрузивные пирокластиты, валунные дайки, эруптивные псевдоконгломераты, эксплозивные брекчии и т.д. Для них характерно следующее:

1. Специфическая морфология, обусловленная взрывообразным отделением от магматического очага газово-жидких флюидов, обогащенных диспергированным твердым материалом.

2. Участками их развития являются тектонически ослабленные зоны различных глубин заложения.

3. Обломки и цемент состоят из идентичного материала, в основном полимиктового состава с преобладанием магматитов и примесью более глубоких или вышележащих пород.

4. Минерализация развита внутри брекчий или в системе наложенных трещин ( Г.И.Туговик 1989).

С флюидизатами ассоциирует большое количество разнообразных месторождений: черных, цветных, благородных, алмазов и др.

Существует другой тип флюидизатов, а именно тип флюидизатов, обогащенных черным углеродистым веществом, которые встречаются на крупнейших золоторудных месторождениях, ассоциирующих с черными сланцами. Выделение этого типа сопряжено с большой трудностью распознавания. Во-первых, многими исследователями признается только биогенная природа углеродистого вещества и, во-вторых, эти брекчии затухиваны метасоматозом и интенсивным смятием.

Углеродистые флюидизаты Марченко Л.Г. (1978, 1980, 2004) описаны на Боко-Васильевском и Бакырчикском золоторудных полях, где они названы гибридными взрывными брекчиями и битуминизированными лавобрекчиями. Углеродистые флюидизаты на Васильевском месторождении развиты в зоне надвига и представлены мощной полосой (70-100 м), подсеченной на глубине скважинами и фиксируемой в разведочной шахте. Для пачки битуминизированных лавобрекчий характерно линейно ориентированное сложение с элементами чередования брекчий с флюидально-обломочной, пузыристой и линзовидной текстурами. Обломки преобладают андезитобазальтового состава, плюс обломки диабазового (подстилающие толщи) и вулканомиктового (перекрывающие толщи) состава. Размеры обломков меняются от подошвы к кровле пачки (от 50-100 мм до 0,5-0,005 мм), что картируется как смена по вертикали грубообломочных лавобрекчий, слабо обогащенных углеродистым веществом, аргиллизитоподобными черными туффитами, обогащенными углеродистым веще-

ством, серицитом и тонкозернистым кремнеземом. В туффизитах редко встречаются обломки лав и карбонатов. Крупные обломки – линзовидные, шнуровидные, псевдослоистые, полосовидные ориентированы согласно с общим направлением флюидальности обломочных лав. Мелкие обломки сильно сплюснены, редко имеют изометрическую форму. В крупнообломочных брекчиях обнаружены конкрециевидные скопления (20-70 мм) доломитового состава, сплюсненные и вытянутые. Интенсивное тектоническое смятие вместе с гидротермальной деятельностью затухивает первичный состав и текстуры углеродистых лавобрекчий и определяет пятнистые, плейчатые, линзовидно-полосчатые и сланцеватые текстуры.

Эксплозивные углеродистые брекчии развиты на большинстве месторождений Бакырчикского золоторудного поля. Они не имеют видимых переходов в магматические фации и представлены в основном слепыми телами. Редко отмечается их переход в лавобрекчий по простиранию. Брекчии сопровождаются субвулканическими габбро-диабазовыми телами, пересекаются дайками диоритовых и диабазовых порфиритов и сиенито-порфиров. Брекчии исчезают за пределами рудного поля (западнее и восточнее). По структуре делятся на макробрекчии: глыбово-конгломератовые, псефито-псаммитовые и микробрекчии: псаммито-алевролитовые и алевропелитовые. Микробрекчии составляют цемент в макробрекчиях и самостоятельные обособления, заключающие линзы и пласты макробрекчий мощностью от 5 до 50 м. В составе округлых, реже угловатых обломков преобладают (60-80%) базальтовые и андезитовые порфириты, дацитовые порфиры, гиалокластиты. Крупные обломки в большей степени раскристаллизованы, чем мелкие. В микробрекчиях обломки сплюснены и представлены разложенным стеклом и криптозернистым кварцем. Присутствуют обломки кварцитов, алевролитов, туфопесчаников, туффов, туффитов – инородные обломки перекрывающей и подстилающей свит. В цементе большое количество углеродистого вещества, серицита, гидробиотита, меньше альбита, карбоната, хлорита. В туффизитах (алевро-пелитовых брекчиях) развиты текстуры микровнедрений, псевдоритмичности и комковатости. Микроритмы – микрослойки шунгитового, шунгит-кварцевого, шунгит-кар-

бонатного, карбонатного (сидерит, антраконит, доломит) состава, мощностью от долей мм до первых см. Углеродистое вещество в цементе брекчий обособляется в виде гнезд, линз, конкреций (3-50 см) и сростания с кварцем и карбонатом.

Морфология explosивных брекчий усложняется дополнительным брекчированием, расщеплением и смятием, синхронным с более поздней гидротермальной проработкой, что обусловило образование брекчий углеродисто-карбонатно-кварцевого состава, содержащих реликты углеродистых explosивных брекчий. В кварце широко развиты импактные микроструктуры.

Рудная минерализация представлена золотоносными пиритами и арсенопиритом, развита как по цементу (туффизиту), так и в обломках андезитового и базальтового состава. Руды часто повторяют линзовидную и изометричную форму брекчий. Очень характерны повышенные содержания золота в глыбовых обломках витрокластитов. Менее золотоносны мономинеральные скопления углеродистого вещества. Золотоносность explosивных брекчий и гибридных лавобрекчий усиливается в зонах интенсивного окварцевания.

На Мурунтауском золоторудном поле (Узбекистан) к углеродистым флюидизатам следует относить брекчий участка Мютенбай, контролируемые Южным глубинным разломом и представленные мощным телом углеродистых туффизитов с «плавающими» обломками магматитов, гнейсов и вулканитов. Брекчий обогащены углеродистым веществом и биотитом и имеют широкое распространение и контакты внедрения в слоистую толщу бесапанской свиты (А.А. Маракушев, 1992). Туффизиты обогащены золотом и другими тяжелыми металлами, содержание которых усиливается последующими метасоматическими процессами с образованием биотит-кварц-полевошпатовых метасоматитов и уменьшающимся содержанием черных углеродистых веществ.

Кумторское золоторудное поле (Кыргызстан) приурочено к джетымской толще черных сланцев, в составе которой описаны «специфические» конгломераты с развальцованными обломками риолитов, гранитов, гнейсов, карбонатов размерностью долей см до 0,5 м. Цемент базального типа вулканикомиктовый, обогащенный (до 30%)

углеродистым веществом, серицитом и золотоносным пиритом (В.Н. Богдецкий, 1981).

Для всех трех рудных полей характерно формирование в условиях мощных зон смятия (сдвига) с заложением разломов надвигового строения, осложненных разрывами и зонами интенсивного расщепления. Кроме того, что является очень важным, для них закономерна приуроченность к глубинным разломам и залегание офиолитовых комплексов на глубоких, нижних этажах.

Процессы, определяющие оруденение на трех золоторудных полях, многослойны и отличаются проявлением большого разнообразия метасоматитов, развитых зонально по вертикали и латерали. Наша задача касается выявления флюидизатов и определения их связи с метасоматозом и рудообразованием.

Как уже говорилось выше, на Бакырчикском, Мурунтауском, Кумторском и других рудных полях определились и развиты углеродистые метасоматиты, которые не только насыщены углеродистым веществом, но и закономерно меняют по вертикальной и латеральной зональности свой состав.

Если некоторые исследователи тесную корреляцию углеродистого вещества с металлами еще комментируют как признак сингенетичности металла с осадконакоплением, игнорируя многие другие признаки наложенного характера, то наличие углеродистых веществ в составе метасоматитов развитых по цементу explosивных брекчий (И.Н. Томсон и др., 1989, 1992) уже не у кого не может вызвать негативного мнения.

Тяжелые углеводороды, насыщающие углеводородные мантийные флюиды в определенных условиях способны детонировать, что приводит к образованию explosивно-брекчиевых потоков в флюидизированном состоянии. Образование кимберлитовых трубок – яркий пример мощных взрывов. Углеродистые флюидизаты в отличие от кимберлитовых формировались на меньших глубинах и сопровождалась восстановленным метасоматозом, несущим либо основную часть рудных металлов (Карлин, Даугызтау, Бакырчик, Кумтор, Сухой Лог), либо подчиненных (Мурунтау).

Источники восстановленного флюида в Чарско-Западно-Калбинской зоне (Бакырчикское и Боко-Васильевское рудные поля) связаны с моментом активных перемещений террейнов, начи-



ная с докембрия и кончая палеозоем, что выражается наличием недифференцированных ультрамафитов Чарского комплекса, которые корнями связаны с глубинными зонами раскрытия (растяжения). Углеродисто-флюидизированная система определяет образование рудоносных флюидизатов и способствует переносу глыбовых блоков (террейнов) древнего возраста вверх по ходу этих флюидизатов.

Как для Западно-Калбинского (Бакырчик-Васильевского) золоторудного района, так и Кумторского и Мурунтауского характерна приуроченность их к зонам глубинных разломов и развитие на глубине горизонтов офиолитовых комплексов, что подчеркивает глубинность происхождения рудоносного флюида.

Гипербазиты Чарского комплекса, развитые в Чарско-Западно-Калбинской сутуровой зоне, относятся к докембрийскому циклу и специализированы на золото, кобальт, никель и платину. То есть источник платины, палладия как и золота связан не только с углеродистым флюидом, но и с офиолитовой формацией.

В заключение следует подчеркнуть, что большинство золоторудных углеродистых формаций Мира с крупными объектами развито в различных структурах Земной коры, но почти всегда ассоциируют с породами офиолитовой или базит-гипербазитовой формаций.

Крупнейший золоторудный пояс Джуно-Тредвилл на Аляске, приуроченный к палеозойским черным сланцам, пространственно связан с толеитовыми базальтами и гипербазитами. Золоторудный Мозер-Лоуд по надвику пространственно контактирует с офиолитами (Сев. Америка). В западной Виктории (Австралия) ордовикские золотовмещающие черные сланцы залегают на породах кембрийского диабазового комплекса. А наиболее крупные из них золоторудные месторождения – Бендиго, Балларат, Карслейн, Дейлфорд располагается на офиолитовом комплексе кембрия и прорываются более поздними протрузиями гипербазитов. Золоторудные поля, (Казахстана – Бакырчик, Киргизии – Кумтор, Узбекистана – Мурунтау, России – Сухой Лог), если не подстилаются, то сближены в пространстве с офиолитовыми или базитовыми комплексами.

Петроформационный анализ показывает, что большинство золоторудных месторождений приурочены к терригенному типу углеродистых фор-

маций. Рудные морфотипы представлены вкрапленными (золото-углеродисто-сульфидные, золото-кварц-сульфидные) и жильными, до штокверков (золото-кварцевые золото-сульфидно-кварцевые, золото-серебро-кварцевые, золото-антимонитовые) месторождениями.

Для продуктивных на благородные металлы углеродистых формаций выделяются петрометаллогенические пары: углеродистая терригенная формация плюс углеродистые магматиты-флюидизаты, гиабиссальные и субвулканические малые тела, гранитные интрузии и глубинные гипербазиты или офиолиты.

**Генотипы стратиформного оруденения в углеродистых формациях.** Под стратиформным оруденением понимаются минеральные скопления, согласно залегающие среди вмещающих пород. Генезис стратиформного оруденения зависит от многих факторов. В первую очередь генезис определяется составом углеродистой формации и ее геохимической специализацией, затем магматическими и другими факторами.

Вопросы генезиса стратиформного оруденения анализировались в трудах многих исследователей на примере месторождений Киргизии, России, Казахстана, Узбекистана, однако в них не всегда уделялось должное внимание выявлению основной геохимической специализации, характерной для каждого типа углеродистых формаций и особенно ее эволюции во времени, то есть взаимоотношению с другими факторами, определяющими источник рудного вещества, перераспределение и концентрацию металла, и как следствие, металлогеническую специализацию.

За основу систематики стратиформного оруденения принимаются факторы, отражающие связь оруденения с ведущими процессами, определяющими генезис и модель стратиформного объекта.

На примере стратиформного оруденения, локализованного в вулканогенно-кремнисто-углеродистом типе формации, определяющим основную геохимическую специализацию, ведущим фактором является вулканизм синхронный с осадконакоплением. В Казахстане к этому типу углеродистых формаций приурочено несколько уровней развития ванадий-молибденового оруденения. Рудоносные пачки с ванадием и молибденом приурочены к углеродисто-кремнистым сланцам и их брекчиям, обогащенным углеродистым веще-

ством. Фосфорная минерализация характерна для глинисто-известково-углеродистых сланцев. Отмечается положительная корреляция между углеродистым веществом с ванадием и молибденом. Эти разновидности стратиформного оруденения по ведущему рудоопределяющему фактору, а именно источнику рудного вещества, следует относить к *вулканогенно-осадочному* типу стратиформного оруденения. Накопление осадков этого типа формации и основной части рудогенных элементов проходило синхронно с подводной вулканической деятельностью (см. табл. 1).

В *кремнисто-углеродистом* типе формации, в отличие от вышеназванного типа, гораздо меньше развито вулканогенных фаций, а приуроченное к ним оруденение представлено железистыми кварцитами-джеспилитами. Первоисточником и основным накопителем сидерофильных элементов является вулканизм, поэтому и генотип железистых кварцитов определяется как *вулканогенно-осадочный*.

В Казахстане железистые кварциты имеют широкое развитие. Особенно интересна огизтауская свита, где кроме железистых кварцитов, намечается полиметаллическая и золоторудная минерализации, которые в районе Темирского месторождения железистых кварцитов приурочена к графитистым сланцам в нижней части свиты.

В пользу вулканогенно-осадочного генотипа железистых кварцитов Казахстана говорят факты их локализации в Карсакпайском районе непосредственно в мощных толщах вулканитов (в спилитах основного состава плюс хемогенных кварцитах). Этот генотип стратиформного оруденения определяется для многих бассейнов джеспилитов Австралии и России.

К *кремнисто-углеродистой* формации, широко развитой в палеозое (фамен-нижний палеозой), относится железо-марганцевый уровень – жайремско-миргалимсайский. Жайремский уровень следует относить к полигенному генотипу стратиформного оруденения. Железистый горизонт представлен линзами и прослоями пластовых гематит-магнетитовых руд и может быть отнесен к вулканогенно-осадочному генотипу, что касается свинцово-цинкового оруденения, развитого среди ритмитов углеродистых сланцев и вулканитов, то здесь активно проявлялись процессы как магматизма (своеобразные тектоноб-

рекции и рвущие лавобрекки, быстрее соответствуют рудоносным флюидизатам), так и метасоматоза. То-есть, в последнем случае факторов определяющих источник рудного вещества и его переотложение было несколько, что и определило выделение в едином процессе рудообразования три этапа: гидротермально-осадочный, гидротермально-метасоматический и гидротермальный поздний (Н.М.Митряева, 1979). Руды всех трех этапов имели единый источник рудного вещества, это был очаг базальтоидной магмы. Этот же очаг определил руды железа и марганца.

Месторождения атасуйского типа (Жайрем и др.) по многим признакам имеют сходство со свинцово-цинковым месторождениями Каратау. Они также приурочены к углеродисто-карбонатно-сланцевой ассоциации пород верхнего девона-нижнего карбона, но в отличие от атасуйского типа, в каратауском (Миргалимсайское месторождение) отсутствуют железо-марганцевые руды и развит преимущественно свинцовый профиль оруденения.

На основании вышеизложенного для полигенного оруденения Жайрем-Миргалимсайского стратоуровня наиболее соответствует гидротермальный генотип стратиформного оруденения.

Несколько подробнее остановимся на генотипах стратиформного оруденения золота, локализованного в черных сланцах. Карлинская группа месторождений штата Невада (США) представлен 14 месторождениями. Благоприятным металлогеническим горизонтом для этого типа руд являются углеродисто-известковые алевролиты или илестые карбонаты. Источники рудных элементов предполагаются – глубинный магматический очаг. Метасоматоз-силицитизация и образование джеспериодов (т.е. метасоматоз удаляет карбонатные и добавляет глинистые и кремнистые компоненты). Минералогический состав пластовых рудных тел мощностью до 1675 м: каолинит, кремнезем, кварц обломочный, пирит, арсенопирит, углеродистое вещество, реальгар, киноварь. Углеродистое вещество “внедрено” вместе с гидротермальными минералами, а также встречается в виде больших масс близ тектонодвигов, имеющих крутые углы падения. Особенностью стратиформности Карлинского месторождения является то, что хотя рудная минерализация тяготеет к крутопадающим сбросам, но в основ-

Таблица 1. Геохимическая и металлогеническая специализации вулканогенно-кремнисто-углеродистой формации Каратау

Породы и руды	Балаускандыкское рудное поле				Курумсакское рудное поле			
	Ассоциативные группы (ряды)							
	ведущие · КК>100	характерные КК=10-100	малоконтрастные КК=5-10	слабоконтрастные КК=1-5	ведущие · КК>100	характерные КК=10-100	малоконтрастные КК=5-10	малоконтрастные КК=1-5
Фтаныты	-	Ag, Mo, V	Sb, As	Cu, P, Pb	Ag, Bi	Mo, Sb, As	V, Cu	Pb, Zn, P
Углеродисто-кремнисто-глинистые сланцы	Mo	V, Ag, Sb, As	Cu	Ba, Pb, P, Zn	-	Ag, Bi, Mo, V, Sb, As	Cu, Pb, P	Ba, Zn, Zr
Углеродистые алевролиты	-	Mo, Ag, V	Sb, Ba	As, Zn, Cu, P	-	Bi, Mo, Ag, V, As, Sb, Ba	P, Pb	Cu, Zn, Zr
Углеродисто-глинисто-кремнистые сланцы	-	Mo, V, Ag, Sb, As	Pb, Cu	P, Ba	-	Mo, Bi, Ag, V, Sb, As, Cu, Pb	Ba, P	Zn, Zr
Средние значения для рудных полей	-	Mo, Ag, V, Sb	As	Cu, Ba, Pb, P, Zn	-	Ag, Mo, Bi, V, Sb, As	Cu, Zr, Pb, P	Zn
Руды-ванадиеносные горизонты	Рений, Mo, С	Ag, V, As, Sb, Ba, Pb, Zn	Cr, Cu, Ni, TR	P, Co	-	-	-	-

· КК-кларки концентрации рассчитаны относительно кларков по А.П. Виноградову

Таблица 2. Средние кларки концентрации золота и других рудогенных элементов в углеродистых формациях

Тип формации	Местное название, месторождения	Возраст	Количество проб	Контрастность ассоциаций			
				КК>100	КК=10-100	КК=5-10	КК=1-5
Терригенно-углеродистая	Калбинская	C <sub>1</sub>	126	Au, As	Bi, Sb	W	Ag, Mo, Pb
	Буконьская	C <sub>2</sub>	90	Au	As	Ag	Zn, Cu, Pb, W, Mo, P, Co
	Бакырчик, Васильевское		39	Au	As	W	Zn, Ag, Mo, Cr, Cu, Pb, Ni, Co
	Щербактинская	O <sub>1-2</sub>	40	Au, As, Bi	Sb, As, Pb	Mo	W, Zn, Cu
	Чокпар		428		Au		Ag, Pb, Mo, Cu, Bi, Zn, As, P
	Кокджотская	R <sub>1-2</sub>	137	Au	Ag		Cu, Zn, Mo
	Бесагаш		202	Au		Ag	Pb, Cu, Zn, Mo, Bi
	Карашат		116	Au		Ag	
	Аралтау		42	Au		As, W	Sn, Cr, Pb, Zn
	Андеркенская	O <sub>3</sub>	73		Au	As	Bi, Ag, Mo, Cu, W, Sn, Zn, Pb, Ag, Cu, Mo
Дуланкаринская	O <sub>3</sub>					Mo, Cu, Zn, Co, Pb	
Терригенно-карбонатно-углеродистая	Шарыкская	R <sub>2</sub>	65			Au	W, Ag, Pb
	Шованская	R <sub>1-2</sub>	17	Au	Bi	As, Sb	
	Кайнарская	R <sub>3</sub>	127	Au	Bi, As	Sb, Cu	Ag, W, Zn, Pb
	Вулканогенно-углеродистая	O	329		Bi, Pb, As	Ag, V, Mo	Au, Zn, Sn, Cu, P, Ni
	Огизтауская	O	323		Bi, Au, As	Pb, V	Mo, Zn, Sn, Cu, Ni

Примечание: в расчетах учтены неизменные породы и метасоматиты

Таблица 3. Геохимическая специализация магматитов, развитых в пределах золотоносных углеродистых формаций

№	Магматиты (свита)	количест-во проб	Естественные геохимические ассоциации			
			ведущие	характерные	малоконтрастные	слабоконтрастные
1	Флюидизат углеродистый, оруденелый (буконьская)	16	As, Sb, Au	W, Ag		Mo, Zn, Sn, Cu
2	Флюидизат брекчиевый (без данных Au)	19	As	W		Mo, Cu, Ag, Zn, Sn, Co, Pb, P
3	Флюидизат углеродистый, брекчиевый, окварцованный	23	As, Sb, Au, Ag		W	Pb, Cu, Mo, Co, Zn, Ni
4	Углеродистые туффзиты	35	As, Sb	W		Cu, Ag, Co, Mo, Pb, Zn, Au, Ni
5	Флюидизаты углеродистые, брекчиевые	6	As	W	Cu, Mo	Ag, Co, Zn, Au, Pb, Ni
6	Гибридные флюидизатобрекчии (торткудукская)	7	As	Au, W, Ag	Co	Mo, Cu, Zn, Ni, (V)
7	Флюидизаты углеродистые, брекчиевые (Au <2,5 г/т)	4	As, Sb, Au, Ag, Zn	Pb, Mo, Cu, Ni		V, Co, W
8	Те же породы с Au <1,5 г/т	6	As, Ag, Sb, Au		Ni, Cu, Pb	V, Co, Zn, Mo
9	Те же породы с Au <0,5 г/т	11	As	Au, Ag, Ni	Mo, Cu, V	Co, Zn
10	Флюидизаты углеродистые (шебектинская, алексеевская)	16	Sb, As	W	Ag	Zn, Sn, Cr, Cu, Mo, Pb
11	Те же оруденелые	32	Au, Sb, Bi	As, W		Mo, Cr, Co, Zn, Sn, Ag, Cu, Pb
12	Обломки кремнистых сланцев в тех же флюидизатах	8		Sb, Ag, W		Sn, Pb, Cr (Mo)
13	Обломки порфиринов в тех же флюидизатах	11	Sb	Bi, As	Co	Sn, Mo, Co, Pb, Cr
14	Углеродистые игнимбриты (актаская)	8		Sb, As, Mo, Ag, W	Au, Ni, V	Cu, Co, Zn, Pb
15	Флюидизаты углеродистые (шарыкская)	8		As, Bi	Au, Pb	MO, Cr, Co, Sn
16	Граносиениты	8		Au	Mo, Cu	Ag, Pb, P, As, Ni
17	Спессартиты	11	Au	Ag, As	Cu	MO, Pb, V, Co, Ni, Zn
18	Диорит-порфириды	23	Au	As, Ag	Cu	Co, V, Mo, Pb, Ni, Zn
19	Диорит-порфириды	10	As	Sb, Au		Pb, Ag, Cr (Sn)
20	Кварцевые порфиры	8	Bi, As	Sb, Au		Sn, Ag (Pb)
21	Фельзит-порфиры	10				Sn, Mo, As, Bi, Pb, Ag, Cu, Au
22	Гранит-порфиры	16			Au, As, Pb	Sn, MO, W, Ag, Bi, Cu

1-4-Бакырчик, 5-Жолпак-Тобе, 6-Васильевское, 7-9-Кварцитовые горки, 10-13-Тохтаровское, 14-16-Байконурское, 17,18-Кварцитовые горки, 19-Чокпар (шербактинская), 20-Кулуджун (калбинская), 21-Киинтас-Кызылауз (киинтаская-огизтауская)

Таблица 4. Корреляционные геохимические ассоциации парагенных лито-магматических металлогенических пар

Местное название формации (состав)	Состав породных пар	Продуктивные геохимические ассоциации с золотом							Геохимические ассоциации без золота			
		золотая	Золото-редкометаллическая	Золото-мышьяковая с серебром	Золото-полиметаллическая	Золото-сурьяно-мышьяковая	Золото-медно-молибденовая	Золото-сидерофильная	Редкометаллическая	Полиметаллическая	Сидерофильная	Медно-молибденовая
Калбинская (терригенно-углеродистая)	Углеродистые туфопесчаники и туфоалевролиты	Au-W	Au-As •	Au-Ag Au-Cu-Zn	Au-Pb-Sb		Au-Co-Cr-V	Sn-Ag-Mo	Cu-Zn	Co-Ni	Ni-V-Ir	
	Кварцевожильные руды	Au •							Bi-Sb		Ni-Co-V	
	Дайки среднего состава	Au •							Bi-Sn		V-Cr-Ni	Cu-Cr-Mo
Буконьская (вулканогенно-терригенно-углеродистая)	Углеродистые туфосланцы		Au-W-Sn	Au-As-Ag •					Mo-P	<b>Pb-Co</b>	Cr-V-Ni	Cu-Mo
	Сульфидно-вкрапленные руды		Au-W-Sn	Au-As •					W-Mo			
	Флюидизат-брекчии оруденелые			Au-As •		Au-As-Sb •			Sn-Mo	Cu-Pb-Zn		
Щербактинская (терригенно-углеродистая)	Углеродистые песчаники слабоизмененные		<b>Au-Mo</b>	Au-Ag-As •	Au-Pb-Zn						Co-Ni	
	Интенсивно измененные углеродистые песчаники и кварцевожильные руды		<b>Au-Sn</b>	Au-Ag-As •	Au-Pb •	Au-As-Sb			<b>Sn</b>			
	Диорит-порфиры			Au-As •						Pb-Zn-Ag	Mo-V	

Шарькская (терригенно- карбонатно- углеродистая)	Доломит- углеродистые сланцы Углеродистые сланцы берези- тизированные Метасоматиты березиты и руды Углеродистые флюидизаты		Au-Mo•	Au-As				V-Mo	Ni-Co- Cr-V	Cu-Mo	
Кайнарская (терригенно- вуоканогенно- углеродистая)	Сланцы углеродистые Березитизиро- ванные оруден- ельные сланцы		Au-Sn- Mo • Au-Mo•				Au-Cu- Mo Au-Cu- Mo	V-Mo	Zn-Co	Cu-Mo	
Киинтаская (вулканогенно- кремнисто- углеродистая)	Окварцованные и оруденельные углеродистые алевросланцы Сульфидно- вкрапленные и кварцевожилъ- ные руды	Au			Au-Pb•			V-Mo	Co-Ni- V Zn-Ag (Pb)	Co-Cr- Ni-V Cr-V-Ni- Co (Ag)	Cu-Mo
								Bi-W			
								Bi-W			
								Bi-Sn	Pb-Zn	Cr-Mn	Cu-Mo
								Sn-Bi	Pb-Zn (Co)	Cr-Mn	Cu-Mo

Примечание: • — продуктивные ассоциации, количество анализируемых проб соответствует данным табл. 3.

Таблица 5. Корреляционные ассоциации рудогенных элементов и углеродистых соединений в золотоносных углеродистых формациях

Рудная формация, углеродистая формация, (месторождение)	Характер связи (+) (-)	Сорг	ОКУВ	Кероген	Σ битумоидов	А битумоид	С битумоид	S общая	S Сульфатная	S пиритная	S Органическая
1. Золото-углеродисто-сульфидная с золото-кварц-сульфидной, буконьская (Бакырчик, Больше-вик)	+	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>Mo, P</b>	<b>Au, Ag, As</b>	<b>Sb</b>	<b>Zn, Ag, As</b>	Au, Cu, Ni, Sn	Ag, Mo	<b>Co, Pb,</b>	<b>Pb</b>
	-	<b>As, Ag, Au</b> W	<b>As</b> Au, Ag, W	<b>Au, Ag, As</b> Sb, W	<b>P</b>		<b>Mo</b>	Ag, As, Pb, Co, Zn, Sb, P	<b>W</b> As, Ni, Sn	<b>Ag, As</b> Cu, Au, Sn, Ni Sb, P	<b>Sb, P</b>
2. Золото-кварц-сульфидная с золото-углеродисто-сульфидной, калбинская, (Кулуджун)	+				<b>Au</b>	<b>As, Pb</b>					
3. Золото-кварц-сульфидная с золото-кварцевой, кайнарская (Нижне-Кумыстинское)	+	<b>Au</b> <b>Ag, Mo, Ni</b> Pb, Cu	<b>Au</b> Ag, Mo, Ni, Pb, Cu	<b>Au</b> Pb, Cu, Ag <b>Mo, Ni, Zn</b> Bi, Co	<b>Cr</b>			Mn, Ba			
	-	<u>Cr, As</u>	<b>Cr, As</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu, Ag, Zn,</b> <b>Mo, Ni, Pb, P</b>	<b>Zn, Sn,</b> <b>Bi, Cu</b> Ag	<b>Pb, Cu,</b> <b>Zn, Sn,</b> <b>P, Bi, Co, Ni</b>				
4. Золото-кварцевая. Киингаская (Киингас-Кызылауз)	+	<b>Cr</b> Co, Ag	<b>Cr</b> Co, Ag	<b>Cr</b> Mn, Ag	<b>Nb</b> Ba	<b>Nb, Ba</b>	<b>Sn</b> Ba, V, Nb, Bi				
	-			<b>Nb</b>	<b>Cr</b> Mn, Ag		<b>Cr</b> Ag				

r = 95%, числовые значения КРК (коэффициент ранговой корреляции) ≥ 0,500, подчеркнуты

36



ном она развита на участках смены карбонатно-го компонента глинисто-кремнистым, приуроченным к определенным высокопроницаемым фациям. Последнее привело к образованию согласно залегающих пластовых рудных тел. Джесперидные тела, отходящие наружу от сбросов на расстояние до 30 м приурочиваются, в основном, к верхней части месторождения Карлин. В углеродистой осадочной формации Карлина выявляются аномально высокие значения As, Au, Hg, Sb и таллия. Золото могло транспортироваться в виде мышьяковистого и металлоорганического комплексов. Большая часть 60 % золота в рудах в ассоциации с сульфидами, 40 % в диспергированном виде в углеродистом веществе.

В Казахстане имеется тринадцать стратиграфических уровней, содержащих различные генотипы золотого стратиформного оруденения. На золото геохимически специализируются углеродистые формации с количественным возрастанием контрастности содержаний в толщах палеозоя сравнительно с толщами докембрия (табл. 2-3). Ассоциации золота с мышьяком характерны почти для всех корреляционных зависимостей золотоносных формаций, кроме кокджотской. Парагенетические геохимические ассоциации, характерные для определенного вида углеродистых формаций (геохимическая специализация), под воздействием различных процессов превращаются в продуктивные. Терригенно-углеродистые формации (калбинская, буконьская и другие) характеризуются золото-мышьяковой и золото-серебро-мышьяково-сурьмяной ассоциациями. Карбонатно-терригенно-углеродистые формации кроме золото-мышьяковой имеют золото-медную и золото-редкометалльную ассоциацию (шарыкская свита). Распределение золото-полиметаллической и золото-редкометалльной ассоциации терригенных и карбонатно-терригенных углеродистых формаций отражает вертикальную геохимическую зональность золоторудных объектов: первая находится на верхнем уровне, вторая – на нижнем. В вулканогенно-кремнистой формации отличается сидерофильная и полиметаллическая парагенетические ассоциации, а золотая – вто-

рична и не коррелируется ни с одной из выше-названных ассоциаций (огизтауская формация) (табл. 4).

В золотосодержащих формациях, имеющих основную геохимическую специализацию на другой металл, углеродистое вещество почти не коррелируется с золотом или золотоносной ассоциацией. В кайнарской вулканогенно-углеродистой формации выявлена редкометалльная, полиметаллическая и сидерофильная парагенетические ассоциации, связанные с углеродистым веществом, а золотая ассоциация не коррелируется с последним. Появление золотой минерализации связано только с метасоматическим фактором. Золотое оруденение в киинтаской вулканогенно-кремнисто-углеродистой формации не характеризуется корреляционными связями золота с другими элементами и углеродистым веществом, но выявляются тесные связи углерода с сидерофильной ассоциацией и редкометалльной, чем подтверждается ее сидерофильно-редкометалльная специализация (джеспилиты и проявления ванадия и олова) (табл. 5).

К самым перспективным на золотое стратиформное оруденение относятся объекты полигенного происхождения, при условии проявления нескольких ведущих факторов, определяющих аномальность содержаний рассеянной минерализации, привнос, перераспределение и концентрацию металлов. К таким факторам относятся: формирование терригенных и карбонатно-терригенных углеродистых формаций с контрастным содержанием продуктивной золотой ассоциацией; проявление магматизма на гипабиссально-приповерхностном уровне с образованием флюидизированных магматитов (флюидизатов); активное участие углеродистого вещества как в накоплении полезной золотой ассоциаций, так и в концентрации, переносе и отложении рудных тел.

Значительная выраженность этих факторов позволила выделить эталонные объекты золотого стратиформного оруденения – Бакырчик, Большевик-Казахстан, Карлин – США, Кумтор – Киргизия, Сухой Лог – Россия и отнести их к флюидизированному генотипу.