

## ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.551 (574.4)

Б. Дьячков, д-р геол.-минерал. наук, проф., акад. НАН РК

З. Черненко, канд. геол.-минерал. наук

Email: Zinchernenko@mail.ru,

М. Мизерная, канд. геол.-минерал. наук

Е. Теут, магистр, ст. науч. сотр., инженер-исследователь

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
ул. Д. Серикбаева, 19, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

### ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ВЫДЕЛЕНИЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НА ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ КАЛБЫ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

*(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінерал. наук, проф. В. М. Загнітком)*

Геолого-генетическая модель формирования нового для Восточно-Казахстанского региона типа золоторудных месторождений в гидротермально-измененных карбонатных породах базируется на объемном стереометаллогенетическом анализе территории Западно-Калбинской и Жарма-Саурской зон. Для этого применялись детальные геолого-геофизические методы исследования с использованием высокоточных анализов, которые дали основание для разработки критериев прогнозирования, поиска и оценки золотосодержащих карбонатных формаций, а также выделения новых перспективных площадей и участков с расчетом ресурсов золота по категориям P<sub>2</sub> и P<sub>3</sub>. В основе этой концепции, помимо изучения геологического строения поверхности Земли, лежит исследование особенностей геологического развития ее глубинных частей. Отсюда и название – объемная металлогения или стереометаллогения.

В связи с проблемой установления возраста и генезиса золоторудных месторождений Западной Калбы выполнен анализ материалов прошлых лет и новых результатов исследований, позволяющий уточнить геотектоническую позицию золотоносных структур и определить возраст золотого оруденения на основании его связи с конкретной рудогенерирующей формацией. В региональном плане известные зоны золоторудной минерализации (Западно-Калбинская, Жана-Боко-Зайсанская и др.) имеют кососекающую позицию относительно традиционного северо-западного направления алтайских структур, пересекают разновозрастные вулканогенно-осадочные и терригенные толщи (от девона до С<sub>2</sub>–С<sub>3</sub>), а сами срезаются и метаморфизуются гранитоидами Калба-Нарымского плутона, то есть имеют докалбинский (допермский) возраст.

По результатам лабораторных исследований, выполненных на современном оборудовании в лабораториях "ИРГЕТАС" ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Аналитическом центре ИГМ СО РАН (г. Новосибирск, РФ) и в Музее Естественной истории Великобритании (г. Лондон), установлено, что в золото-сульфидных рудах (первичных и окисленных) золото находится в свободном состоянии и образует тонкодисперсные включения в пирите и арсенопирите. Размер золотин имеет нануровневый масштаб и варьирует от первых единиц мкм до 0,1–0,5 мм, цвет его ярко-желтый, пробность высокая (в среднем 935 ‰). По данным рентген-фазового анализа золотоносные джаспероиды состоят в основном из кремнезема и окислов железа. По результатам атомно-абсорбционного анализа золото в них имеет крайне неравномерное распределение (от 0,1 до 33,5 г/т), а содержание серебра невысокое (от 0,06 до 2,66 г/т). По результатам электронной микроскопии получены новые данные о распределении благородных металлов (Au, Ag, Pt, Pd) и сопутствующих халькофильных, редких и редкоземельных элементов в рудах и вмещающих породах и намечены минералы-индикаторы для обнаружения новых рудных объектов.

**Ключевые слова:** золото, нетрадиционный тип, карбонатные формации, оценка перспектив, Западная Калба, Чарская зона, Восточный Казахстан.

**Постановка проблемы.** Разработка научного обеспечения развития минерально-сырьевой базы для золотодобывающей промышленности Восточного Казахстана в современных рыночных условиях представляется весьма актуальной.

Геолого-генетическая модель формирования нового для Восточно-Казахстанского региона типа золоторудных месторождений в гидротермально-измененных карбонатных породах, базирующаяся на объемном стереометаллогенетическом анализе территории Западно-Калбинской и Жарма-Саурской зон с применением детальных геолого-геофизических методов исследования и использованием высокоточных анализов, дает основание для разработки критериев прогнозирования, поиска и оценки золотосодержащих карбонатных формаций, а также выделения новых перспективных площадей и участков с расчетом ресурсов золота по категориям P<sub>2</sub> и P<sub>3</sub>.

**Анализ предыдущих исследований.** По литературным данным, месторождения "карлинского типа" распространены преимущественно на западной окраине Северо-Американской платформы, подверженной в мезозое-кайнозое тектономагматической активизации. Они размещаются в пределах золоторудного пояса Невады (США) и развиты в глинисто-карбонатных и терригенно-глинисто-карбонатных толщах при отсутствии или слабом развитии магматизма. В Западной Калбе в региональном плане устанавливается закономерная

приуроченность собственно золоторудных месторождений к Зайсанской сутурной зоне (ЗСЗ), сформированной в центральной части Большого Алтая в стадию герцинской коллизии (С<sub>1</sub>–С<sub>3</sub>) Горноалтайской и Казахстанской окраин литосферных плит континентального типа. Как видно, Калбинские золоторудные месторождения также приурочены к активным окраинам континентальных массивов [1].

С учетом изложенных прогнозно-поисковых критериев произведена предварительная разбивка территории Западной Калбы по степени перспективности на золотое оруденение. Составлена схематическая прогнозная карта листа М-44-XXII масштаба 1:200 000 в виде карты-накладки к металлогенетической карте. Выявленные особенности развития Зайсанской сутурной зоны открывают новые возможности для прогнозирования золотого оруденения суздальского и других типов. Выделены площади и участки на Au, Ag, Hg разной степени перспективности, которые на данном этапе исследований рекомендуются для проведения поисково-ревизионных работ.

**Методика оценки прогнозных площадей.** При оценке перспектив территории учитывались обобщающие прогнозно-металлогенетические работы прошлых лет, а также новые металлогенетические реконструкции, факторы и критерии, благоприятные для прогноза и поиска золоторудных месторождений. Основные золотоносные

структуры сформировались в осевой части Большого Алтая в ЗСЗ, образованной в результате герцинской коллизии и состыковки Казахской и Горноалтайской континентальных окраин. Сутурная зона характеризуется сложным геодинамическим развитием и полиметалльной металлогенией (Cr, Ni, Co, Au, Hg, Ti, Zr). По металлогеническому районированию, ЗСЗ объединяет Западно-Калбинскую и Чарскую зоны [5].

**Причарская площадь** прогнозируется в юго-западной части Западно-Калбинского пояса, в зоне Чарского сутурного шва (рис. 1). Площадь представлена меланжевыми структурами с блоками серпентинитов, базальтовых порфиритов и широкими выходами известняков аркалыкской свиты, подверженных гидротермально-метасоматическим изменениям с отдельными рудопроявлениями золота. Площадь вытянута в северо-западном направлении вдоль Чарского глубинного разлома на длину 20 км при ширине от 1 до 4 км. Включает многие кварцевожильные проявления золота (мелкое месторождение Сары-Тау, Дымовка, проявления Китаб-1 и др.), расположенные в аркалыкской свите ( $C_{1V_{2-3}}$ ). Перспективы связываются с изучением минерализованных зон на контакте серпентинитов и известняков.

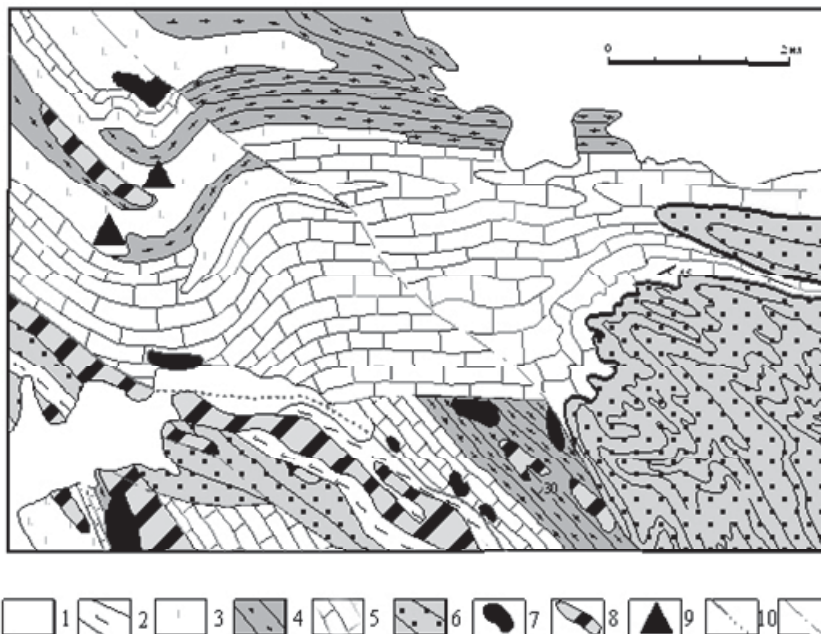


Рис. 1. Геологическое строение Причарской островодужной зоны (фрагмент)

Использованы материалы ТУ "Востказгеология": 1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – протрузии серпентинизированных гипербазитов (PR); 3–5 – базальт-андезитовая известняково-терригенная формация  $C_{1V_{2-3}}$  (3 – андезитобазальты, 4 – углисто-глинистые, кремнистые сланцы, 5 – известняки); 6 – грауваковая олистостромовая формация ( $C_{1s}$ ); 7 – малые интрузии диоритовых порфиритов, гранодиорит-порфиритов; 8 – зоны гидротермально измененных пород; 9 – золотопроявления; 10 – глубинный разлом; 11 – мелкие разрывы

Рекомендуются поисковые работы для оценки зон гидротермально измененных пород в комплексе геологических, геофизических и геохимических методов. Необходимо составление серии детальных геологических разрезов с тщательным опробованием брекчированных и окварцованных известняков, известковистых углисто-глинистых сланцев, особенно в контактах с дайками интрузивных пород. Для установления содержаний золота рекомендуется выполнение современных методов аналитических исследований на микро- и наноуровне.

**Площадь Байбура** охватывает рудопроявление золота Байбура, проявленного в известняках олистостромового типа (аркалыкская свита). Золотоносными являются зоны гидротермально-измененных пород, представленные скарнированными известняками, окремненными джасперидами и бурыми железняками в зоне окисления. Содержание золота от 1,1 до 12–27 г/т, среднее значение 3–4 г/т. Здесь ожидается обнаружение промышленного объекта суздальского типа. Прогнозные ресурсы золота по зоне Родниковой составляют: категория  $P_2$  до глубины 100 м 3–5 т. Общие ресурсы золота по всей площади – порядка 10 т.

Золотопроявление Байбура расположено в верховьях р. Б. Букони, в 37 км на юго-восток от с. Никитинка Восточно-Казахстанской области (рис. 2). Участок Байбура пространственно приурочен к Сенташ-Курчумскому островодужному поднятию, примыкающему к Те-

ректинскому разлому. Это поднятие подчеркивается скрытыми (на глубине 1–2 км) интрузиями среднекислого состава. На поверхности над ними располагаются рудные узлы Сенташ, Джумба и Кулуджун. Далее к юго-востоку выделяются скрытые диорит-гранодиоритовые массивы, образующие плутон Байбура. В краевой части последнего расположен участок Байбура с золоторудной минерализацией [2–5].

Рудовмещающими являются карбонатно-терригенные отложения аркалыкской свиты,  $C_{1V_{2-3}}$  (песчаники, алевриты, кремнистые сланцы, пелитоморфные и криноидные известняки), которые перекрываются породами аганактинской свиты,  $C_{1s}$  (массивные полимиктовые и вулканомиктовые песчаники с редкими прослоями известняков).

**Форма рудных тел.** Золотоносными являются кварцитовидные метасоматиты и скарноиды, образующие в рельефе отдельные гребни и конусообразные выходы с видимой мощностью от 0,5 до 5 м и длиной более 20 м. Разности метасоматитов, обогащенные сульфидами, в зоне окисления представлены бурими железняками.

На Байбуре и прилегающих территориях золотое оруденение связано с окремненными карбонатными породами, известняками, которые могут встречаться как в монотонных толщах, так и в виде прослоев среди вулканогенно-терригенных, терригенных и вулканогенных отложений. Карбонатные прослои, линзы, подвер-

женные гидротермальной проработке и имеющие кварцитовидный, кремневидный облик, зачастую являются рудовмещающими.

Рекомендуются поисково-оценочные работы I очереди в комплексе с геофизическими, геохимическими и буровыми работами.

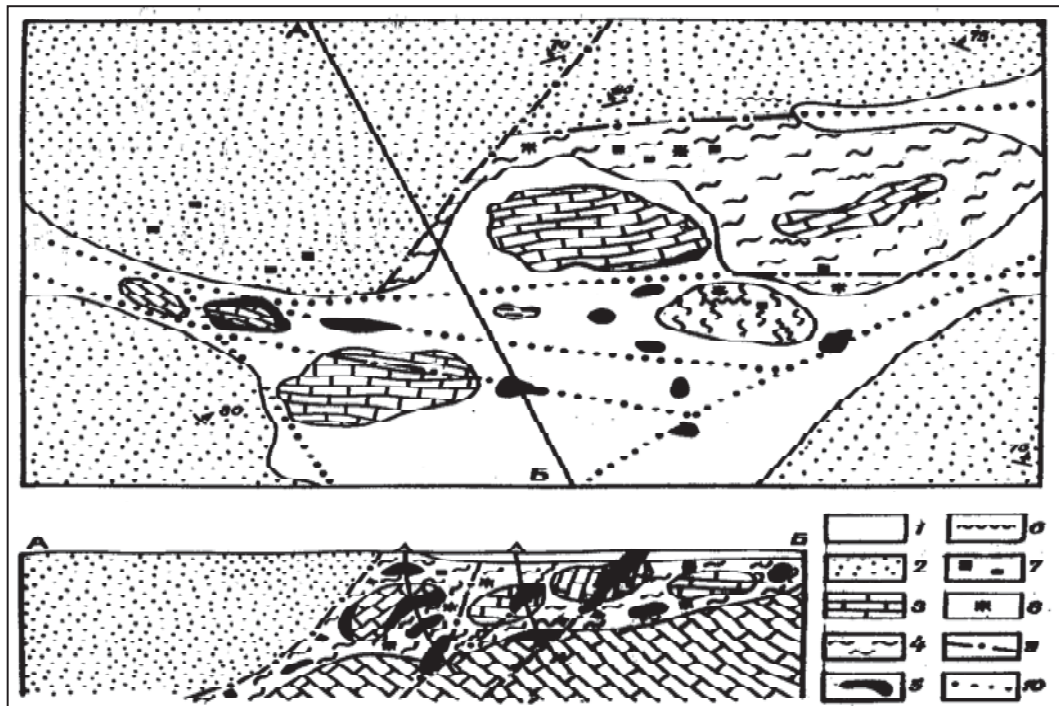


Рис. 2. Схема геологического строения рудопроявления Байбура. Масштаб 1:5000:

- 1 – рыхлые четвертичные отложения, 2 – преимущественно, песчаники аганактинской свиты ( $C_1s$ ); 3 – известняки и 4 – углисто-глинистые и кремнистые алевролиты аркалыкской свиты ( $C_1v_{2-3}$ ); 5 – фрагментарные выходы золотоносных джаспероидов и кварцитоподобных метасоматитов; 6 – кварцевые прожилки; 7 – пиритизация; 8 – обохренность; 9 – разломы достоверные и предполагаемые под рыхлыми отложениями

**Восточно-Байбуриная площадь.** Расположена в восточной части Байбуриного массива известняков (лист М-44-106-Б). В тектонически нарушенных известняках прослеживаются дайки диоритовых порфиров, известны проявления золота и марганца неясной формационной принадлежности. Наиболее перспективна приконтактная зона известняков с геохимическими ореолами As, Mn и проявлениями золота, приуроченными к разлому северо-западного простирания (рис. 3). Геологическая позиция близка к перспективному рудопроявлению Байбура. Рекомендуется проведение поисковых маршрутов, геологических разрезов, а также отбор проб на различные виды анализов. Предполагается выявление золоторудного объекта суздальского типа. Прогнозные ресурсы золота, по аналогии с рудопроявлением Байбура, могут составить на каждом объекте по категориям  $P_3$  – 5–10 т, а всего по площади порядка 30 т.

Таким образом, рассматриваемый участок Байбура в региональном плане размещается в перспективной рудоконцентрирующей структуре (Западно-Калбинской золоторудной зоне) и приурочен к надинтрузивной зоне скрытого гранитоидного массива. Такая благоприятная геолого-структурная позиция является одним из ведущих критериев для обнаружения в этом районе нового золоторудного месторождения.

**Прогнозные ресурсы.** В итоге исследований произведен предварительный подсчет прогнозных ресурсов по зоне Родниковой, исходя из её длины 700 м, вероятной мощности с повышенной рудоконцентрацией (5 м), принятой глубины 50 м и среднего содержания золота 5 г/т:  $700 \times 5 \times 50 \times 5 \times 2,6 = 2275000$  г или 2,275 т. При подсчете на глубину 100 м (по геофизическим данным, протяженность рудной зоны на глубину более 100 м)

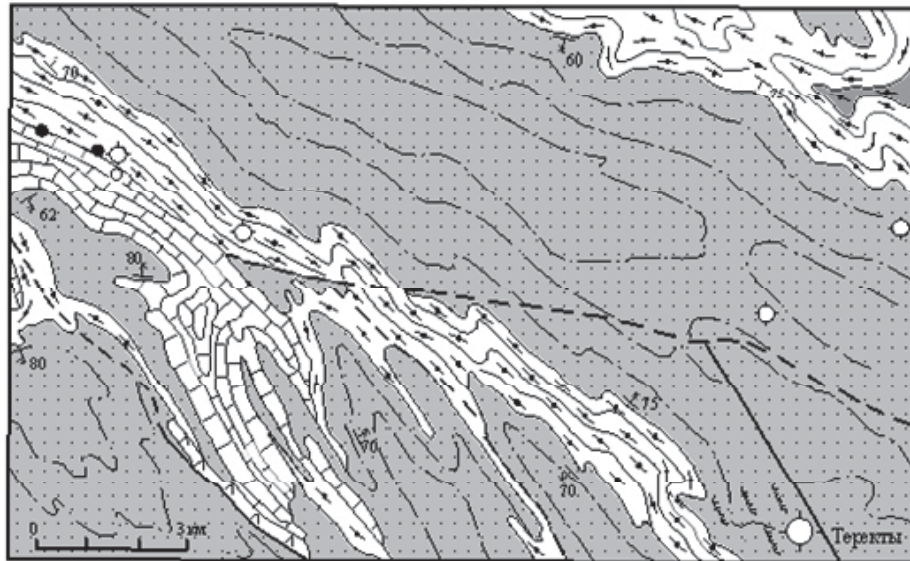
прогнозные ресурсы могут быть увеличены в два раза (до 4–5 т). По другим зонам общие ресурсы составляют 3–5 т. Таким образом, суммарные прогнозные ресурсы золота по участку Байбура – около 10 т.

В целом по участку Байбура получены положительные результаты, заключающиеся в уточнении морфологии и параметров рудоносных зон, выявлении рудных тел с повышенным содержанием золота (более 5–10 г/т). Обоснована возможность обогащения руд гравитационным и флотационным методами. Ожидается выявление промышленного золоторудного объекта с легкообогащаемыми рудами, которые по аналогии с известными месторождениями (Суздальское, Жанан, Долонсай) могут рентабельно обрабатываться по методу кучного выщелачивания.

**Рекомендации по направлению дальнейших работ.** Для выяснения масштабов золоторудения с поверхности и на глубину на участке Байбура рекомендуется проведение поисково-оценочных работ (I очереди).

Баладжальская площадь охватывает северо-западные фланги одноименного месторождения. Оруденение аналогично месторождениям Суздальское, Бригадное, Мариновское. Имеются общегеологические предпосылки и многочисленные прямые признаки для обнаружения золоторудения в зонах литвенизации [2–5].

Прогнозные ресурсы (по А. М. Мыслику) оцениваются по удельной продуктивности Суздальского рудного поля и составляют до глубины 300 м: категория  $P_1$ : руда – 2667 тыс. т, золото – 16 т при среднем содержании 6 г/т; категория  $P_2$ : руда – 3833 тыс. т, золото – 23 т при среднем содержании 6 г/т. На всей площади рекомендуется провести поисковые работы масштаба 1:25 000 – 1:10 000 первой очереди.



**Рис. 3. Геологическая карта-врезка восточного фланга участка Байбура**

С использованием материалов ТУ "Востказнедра": 1–5 – геологические формации: 1 – углисто-глинистые, кремнистые сланцы и 2 – известняки аркалыкской свиты ( $C_1V_{2-3}$ ), 3 – граувакковая олистостромовая формация ( $C_1s$ ), 4 – диоритовые порфириды, 5 – кварцевые жилы; 6–8 – кварцевожильные золоторудные объекты: 6 – месторождение, 7 – рудопроявления, 8 – точка минерализации; 9 – точка минерализации марганцевых руд; 10 – тектонические нарушения: установленные и предполагаемые; 11 – структурные линии в осадочных толщах

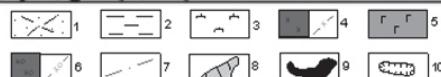
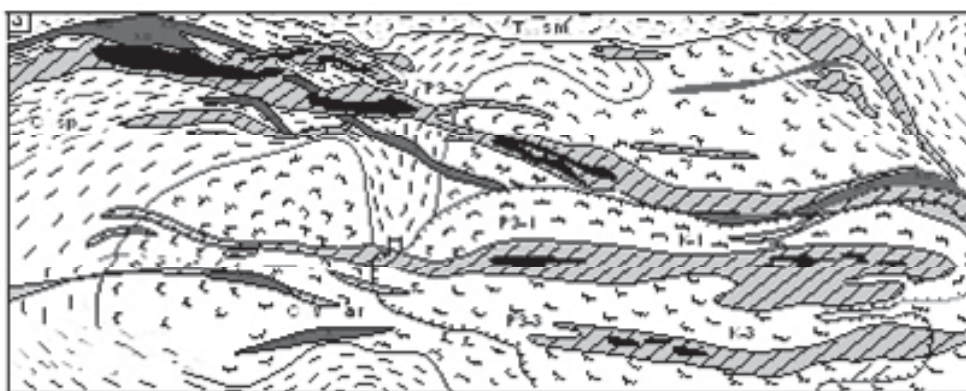
Суздальское месторождение расположено в 60 км к юго-западу от г. Семипалатинск, в юго-восточном экзоконтакте Семейтауской вулкано-тектонической постройки. Пространственно размещается на границе Чарской и Западно-Калбинской металлогенических зон. Является представителем золотосульфидно-кварцевой формации и золотоносных остаточных кор выветривания.

Основанием для выделения послужили геохимические аномалии (Sb, Ag, Hg, Zn) и развитие золотоносных позднекаменноугольных малых интрузий и даек на северо-западном продолжении Западно-Калбинского золоторудного пояса. Именно в пределах рекомендованного нами участка работами Горностаевской партии Алтайской геолого-геофизической экспедиции (ПГО "Востказгеология") при проведении групповой геологи-

ческой съемки масштаба 1:50 000 в 1983 г были выявлены Суздальское месторождение золота и ряд рудопроявлений (В. А. Денисенко, Н. Т. Дряпач).

Месторождение характеризуется сложным геологическим строением и развитием большого количества разрывных нарушений разных направлений, дополняемых общим интенсивным раздроблением отдельных толщ и блоков. Изучение структуры участка осложнено развитием каолиновых кор выветривания и общей плотной обнаженностью; около 90 % территории закрыто рыхлыми кайнозойскими отложениями.

В строении месторождения принимают участие отложения аркалыкской ( $C_1V_{2-3}$ ), аганактинской ( $C_1s$ ), майтубинской ( $C_{2-3}$ ) и семейтауской ( $T_1 ?$ ) свит (рис. 4–6).



**Рис. 4. Геологическое строение Суздальского месторождения (рудные зоны 1, 2, 3):**

1 – туфопесчаники  $T_1sm$ ; 2 – алевролиты и песчаники  $C_1s$ ; 3 – углистые алевролиты аркалыкской свиты ( $C_1V_{2-3}$ ); 4–6 интрузивы  $T_1$ ; 4 – гранитоиды, 5 – габброиды, 6 – гранит-порфиры; 7 – разломы; 8, 9 – зоны золоторудной минерализации: 8 – Au 0,1–2,0 г/т, 9 – Au > 2,0 г/т; 10 – контуры карьера;  $P_3$  – рудная зона, К – карьер

Рекомендуются поисково-оценочные работы I очереди в комплексе с геофизическими, геохимическими и буровыми работами.

Участок Койтас прогнозируется в юго-западной части листа М-44-XXII, расположен в северном экзоконтакте одноименного гранитоидного массива, в зоне

влияния Байгузин-Булакского разлома. Здесь известны проявления золото-сурьмяного оруденения (Суурлы, Койтас), флюоритовой минерализации (рудопоявление Флюоритовое), ассоциирующие с фрагментарными выходами известняков аркалыкской свиты.

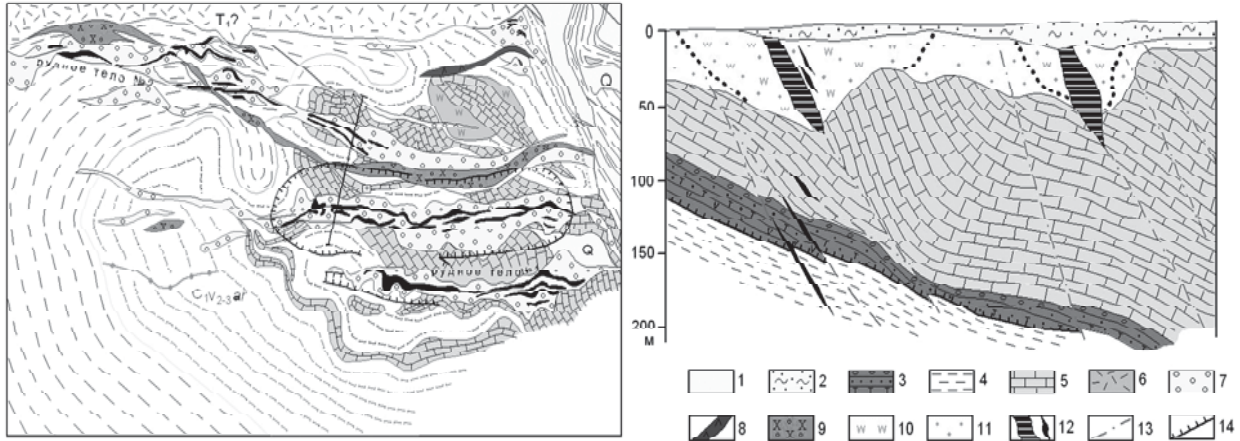


Рис. 5. Геологическое строение Суздальского месторождения: а – план, б – разрез (по материалам И. В. Бегаева, В. А. Денисенко):

- 1 – рыхлые четвертичные и 2 – неогеновые отложения; 3–5 – аркалыкская свита,  $C_1V_{2-3}$ ;
- 3 – туфогенно-песчаниковая пачка с прослоями андезито-дацитов, 4 – углисто-глинистые сланцы,
- 5 – известняки, известковистые алевролиты; 6 – вулканиты семейтауской свиты; 7 – зоны золото-сульфидной минерализации;
- 8 – дайки диоритовых порфиров и 9 – гранодиорит-порфиров; 10 – зоны окварцевания;
- 11 – золотоносные коры выветривания; 12 – рудные тела; 13 – разрывные нарушения; 14 – надвиг

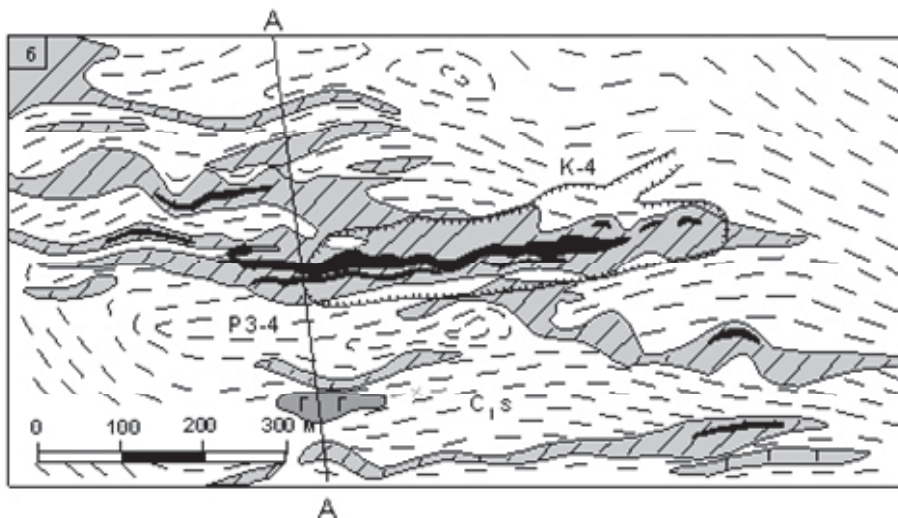


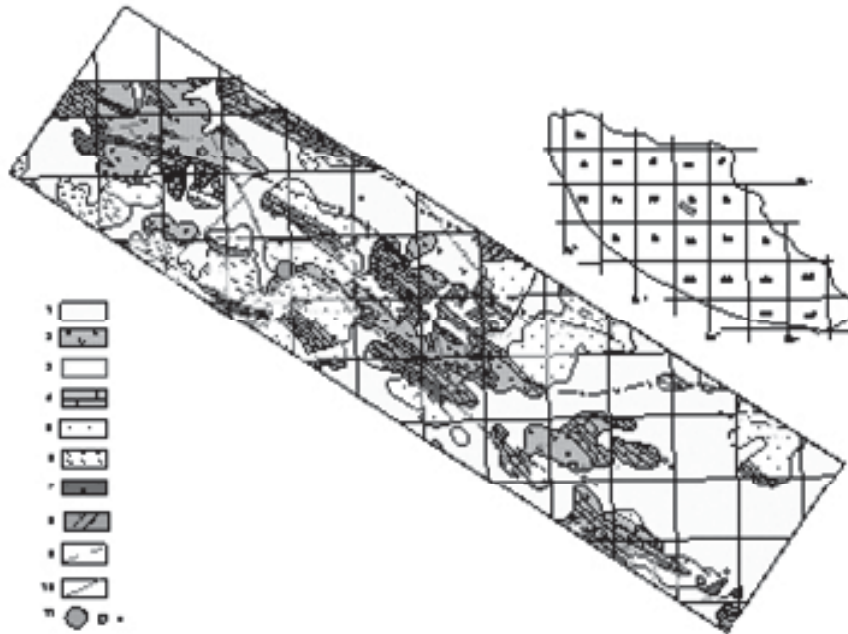
Рис. 6. Геологическое строение Суздальского месторождения (рудная зона 4)

На ряде зарубежных месторождений золота апокарбонатного типа флюоритовая минерализация проявляется обычно во внешней зоне рудной колонны. С этих позиций целесообразно продолжить оценочные работы на участке Койтас с отбором проб из бурых железняков, известняков и флюоритовой минерализации. Прогнозные ресурсы определяются по аналогии с Суздальским месторождением до глубины 100 м от поверхности. Категория  $P_3$ , золота 10 т при среднем содержании 5 г/т. Рекомендуется проведение поисковых работ в комплексе геологических, геофизических и геохимических методов.

Площадь Жайма выделяется в пределах одноименного рудного поля в Чарско-Зимунайской зоне. В геологическом строении рудного поля (рис. 7, 8) принимают участие терригенно-кремнисто-карбонатные,

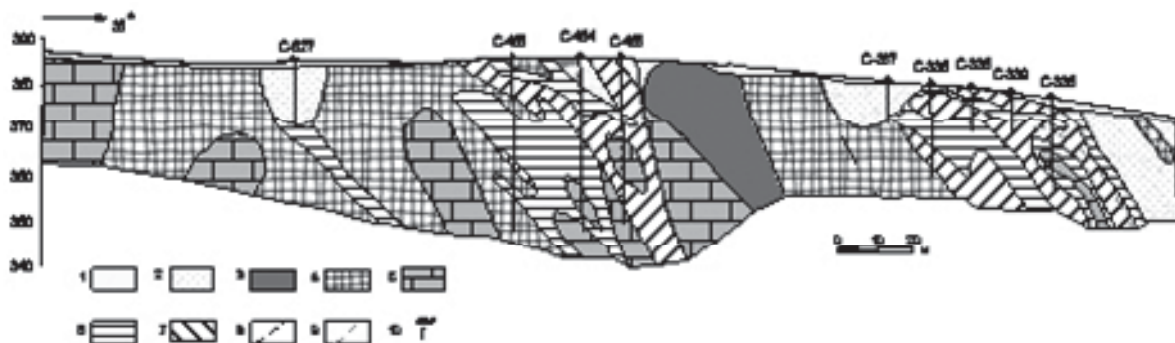
вулканогенно-карбонатные и терригенные осадочные отложения (песчаники, алевролиты, известняки, яшмиды, кремнистые сланцы, кварциты, базальтоиды, туфопесчаники) возрастом от  $D_3$  до  $C_{2-3}$ . Интрузивные образования представлены редкими дайками гранит-порфиров кунушского комплекса ( $C_3$ ).

Широко развиты коры выветривания, преимущественно каолинит-гидрослюдистого состава, мощностью от 1 до 100 м и более. Главная структурная особенность рудного поля заключается в значительной меланжированности слагающих его толщ. Это характеризуется интенсивным дроблением, брекчированием, будинированием, милонитизацией различных горных пород в реликтовых складчатых блоках, испытавших как продольные, так и диагональные перемещения.



**Рис. 7. Геологическая карта участка Жайма:**

1 – современный отдел, пески, илы, суглинки с дресвой (Q); 2 – средний-верхний отдел, андезибазальтовые порфиры и их туфы ( $C_{2-3}$ ); 3 – нижний отдел, визейский ярус, 4 – известняки, 5 – средне- и мелкозернистые песчаники, 6 – алевролиты ( $C_{1V_{2-3}}$ ); 7 – гранит-порфиры ( $\gamma\text{т}C_3$ ); 8 – дайки среднего и основного состава ( $\mu\beta C_{2-3}$ ); 9–10 – разрывные нарушения: 9 – по дешифрованию, 10 – достоверные; 11 – месторождения, рудопроявления и точки минерализации золота



**Рис. 8. Месторождение Жайма**

Поперечный геологический разрез. По материалам И. Г. Тверянкина, В. Н. Майорова (1999).

Масштаб: вертикальный 1: 500, горизонтальный 1:1000:

1 – аллювий; 2 – элювий (коры выветривания); 3 – базальт; 4 – известковые песчаники, алевролиты; 5 – известняки; 6 – ореолы околорудных забалансовых руд (джаспероиды) ( $\text{Au } 0,1\text{--}0,99 \text{ г/т}$ ); 7 – минерализованные рудные зоны ( $\text{Au } 1 > 10 \text{ г/т}$ ); 8 – разломы; 9 – граница элювия; 10 – скважины с содержанием золота

Протяженность рудного поля около 10 км при ширине выхода толщи измененных пород 0,4–1,5 км. Оно объединяет золоторудные проявления Жайма-1, Логовое, Жайма-2, Жайма-3, Жетык, Космола и ряд рудных точек и ореолов, в изучение и оценку которых большой вклад внесли В. П. Кадач, Д. Я. Кудрявцев, В. И. Товченко, А. Е. Степанов, В. Н. Майоров, В. И. Мамин и др. (1977–1995).

На этих объектах рудные тела представлены минерализованными зонами и линзами протяженностью от 100 до 900 м при мощности 2025 м. Они фиксируются первичными и вторичными ореолами As, Sb, Au. Содержание золота варьирует от 0,1 до 3,2 г/т. Рудная минерализация – вкрапленная, вкраплено-гнездовая и прожилковая, представлена пиритом, арсенопиритом и антимонитом. Пространственно приурочена к олистостромовой толще (аркалыкская свита), сложенной олистолистами кремнистых сланцев, яшм, известняков и базальтов, и проявляется в метасоматических образованиях.

Рудные тела локализованы в кварц-слюдисто-карбонатных метасоматитах по катаклазированным и

брекчированным кремнистым породам, алевролитам, калькаренитам, долеритам, оливиновым базальтам. Обнаруживается приуроченность золотого оруденения к контактовым зонам тел базальтов, линзам известняков и дайковым телам. На проявлении Жайма-3 в контактовых частях известняков наблюдаются линзы джаспероидов.

По ряду объектов (Жайма-1, Жайма-2, Игл) произведена оценка ресурсов золота в 2,7 т при среднем содержании 1,62 г/т. Верхняя часть рудных тел обрабатывалась карьерным способом (до глубины 16–23 м), всего добыто порядка 500 кг золота.

Таким образом, зоны минерализации имеют сложную внутреннюю морфологию, обусловленную размещением оруденения в дробленных породах, где зачастую оруденение обтекает отдельные глыбы вмещающих пород, максимально концентрируясь в трещинах скола и отрыва, на контактах различных пород, в зонах дробления в известняках, известковистых песчаниках, базальтах, джаспероидах. Содержание металла изменяется от 0,01 до нескольких граммов на тонну и более.

Обогащенные золотом интервалы отмечены в местах повышенного содержания тонкокристаллических сульфидов в виде тонких прожилков и пятен, часто силифицированных. На многих интервалах отмечается интенсивная трещиноватость и дробление оруденелых пород. Вертикальная и горизонтальная зональность не проявлена, золотое оруденение бескорневое, обрывается на флангах и по мощности рудных тел. Повидимому, рудные тела на рудном поле находятся в аллохтонном залегании. Этот фактор необходимо учитывать при проведении поисковых работ в Чарском офиолитовом поясе.

Перспективы рудного поля могут быть расширены за счет проведения поисковых работ на флангах рудопроявлений Жетык, Аркалык и Жайма-2. Прогнозные ресурсы золота по категории  $P_2$  – 3 т.

*Северо-западный фланг Мукурской золоторудной зоны.* Мукурская зона северо-западного направления ( $280$ – $330^\circ$ ) имеет протяженность более 60 км при ширине 9–12 км. Характеризуется многочисленными проявлениями первичного и остаточного золота, из которых наиболее значимыми являются месторождения Жерек, Восточный Семейтау, Центральный Мукур, Тас-Кудук, Восточный Мукур, расположенные в центральной и юго-восточной частях этой зоны.

С учетом новых представлений о геодинамическом и металлогеническом развитии Западно-Калбинского золоторудного пояса и входящих в него рудных зон, мы считаем, что Мукурская зона на своем северо-западном фланге срезается вулканитами более молодой Семейтауской постройки. Кроме прямых геологических соотношений, это подтверждается обнаружением месторождения Мираж на западном экзоконтакте Семейтауской постройкой. Поэтому предполагается продолжение Мукурской зоны к северо-западу от гор Семейтау. Прогнозные ресурсы золота по категории  $P_3$  могут составлять 100–200 т.

**Площадь Жайма** выделяется в пределах одноименного рудного поля в Чарско-Зимунайской зоне. На этих объектах рудные тела представлены минерализованными зонами и линзами протяженностью от 100 до 900 м при мощности 2025 м. Они фиксируются первичными и вторичными ореолами As, Sb, Au. Содержание золота варьирует от 0,1 до 3,2 г/т. Обнаруживается приуроченность золотого оруденения к контактовым зонам тел базальтов, линзам известняков и дайковым телам. На проявлении Жайма-3 в контактовых частях известняков наблюдаются линзы джаспероидов.

По ряду объектов (Жайма-1, Жайма-2, Игл) произведена оценка ресурсов золота в 2,7 т при среднем содержании 1,62 г/т. Верхняя часть рудных тел обрабатывалась карьерным способом (до глубины 16–23 м), всего добыто порядка 500 кг золота.

Перспективы рудного поля могут быть расширены за счет проведения поисковых работ на флангах рудопроявлений Жетык, Аркалык и Жайма-2. Прогнозные ресурсы золота по категории  $P_2$  – 3 т.

Научная новизна полученных результатов. С позиций мобилизма общие закономерности формирования золоторудных месторождений карлинского типа заключаются в образовании их в коллизионной геодинамической обстановке континентальных окраин, покровно-надвиговых структурах и офиолитовых поясах, включающих блоки и отторженцы олистостромовых известняков, часто повышенной углеродистости. Золото концентрируется преимущественно в известняках, подверженных метасоматическим изменениям (декарбонатизация, окремнение и окварцевание) в зонах меланжи-

рования и под влиянием гипабиссальных малых интрузий и даек с образованием скарированных и окварцованных пород, джаспероидов и аргиллитов. Золото-сульфидные руды характеризуются тонковкрапленным и дисперсным золотом, макроскопически не выразительны, поэтому рудные тела выделяются, в основном, по результатам опробования и лабораторных анализов. Главные рудные минералы – пирит, арсенопирит и золото, сопутствующими являются антимонит, реальгар, киноварь, барит, флюорит и др. Элементами-индикаторами апокарбонатного типа золотого оруденения служат Au, Ag, As, Sb, Hg. Таким образом, в настоящее время в геологии определилось новое приоритетное направление фундаментальных научно-исследовательских и геологоразведочных работ по прогнозированию и поиску крупных золоторудных месторождений карлинского типа. Обнаружение подобных объектов в разных странах уже привело к резкому увеличению мировых запасов золота [3–4].

В Восточном Казахстане к карлинскому типу золотого оруденения близки месторождения Суздальское, Жанан, Мираж, а также некоторые участки и объекты в Чарской и Западно-Калбинской металлогенических зонах.

В результате сопоставления с мировыми аналогами выявляется определенное сходство по ряду ведущих признаков суздальского апокарбонатного типа месторождений Восточного Казахстана с промышленным карлинским типом золотого оруденения, руды которого рентабельно обрабатываются по методу кучного выщелачивания. Эти данные резко повышают перспективность нашего региона на обнаружение новых крупных золоторудных месторождений [6–13].

*Практическая значимость результатов исследований.* На основании проведенных исследований, анализа и обобщения материалов прошлых лет по золоторудной металлогении разработаны прогнозно-поисковые критерии и предпосылки для выявления нового апокарбонатного типа золотого оруденения в геологических структурах Восточного Казахстана (типы месторождений Суздальского, Мираж, рудопроявлений Байбура, Мариновское и др.).

В итоге исследований в результате обобщения прогнозно-металлогенических работ прошлых лет и новых геолого-металлогенических реконструкций произведена прогнозная оценка перспектив Чарской и Западно-Калбинской зон. Составлены сводная прогнозная карта Зайсанской сутурной зоны масштаба 1:500 000, прогнозная карта – накладка листа М-44-XIV масштаба 1:200 000 и прогнозная карта центральной части Чарской зоны масштаба 1:50 000.

Оценка прогнозных ресурсов приводится по категориям,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ . Прогнозируемые ведущие типы оруденения: золотосульфидно-кварцевый апокарбонатный островодужного типа (суздальский или карлинский) и золото-мышьяково-углеродистый (бакырчикский), связанный с молассовой формацией черносланцевого типа, а также золото-кварцевый (кулуджунский) тип, ассоциирующийся с морскими малоуглеродистыми граувакковыми отложениями, и мезозойский золотоносных кор выветривания. Полученные результаты отражают фундаментальность исследований и подтверждают высокие перспективы выявления в карбонатных формациях региона нетрадиционных типов месторождений с тонкодисперсным и свободным золотом, которые могут иметь промышленное значение и рентабельно обрабатываться с применением современных технологий.

*Большое научное и практическое значение* придаётся области сочленения Горноалтайской и Казахстанской континентальных окраин, где выделяется Зайсанская сутурная зона с осевым Чарско-Горностаевским швом и концентрируются главные золоторудные структуры региона. Здесь прогнозируется крупный Восточно-Казахстанский золоторудный пояс, северо-западный и юго-восточный фланги которого ещё недостаточно изучены. В этой связи с учётом изложенных методических подходов имеется определенный потенциал дальнейшего развития научно-исследовательских работ в теоретическом и прикладном аспектах, направленных на укрепление сырьевой базы для золотодобывающей промышленности Восточного Казахстана.

**Выводы.** *Такое научное направление открывает новые возможности* для укрепления и развития минерально-сырьевой базы золотодобывающей промышленности Восточного Казахстана, чем и определяется теоретический и практический потенциал приводимых нами фундаментальных исследований по программе Министерства образования и науки Республики Казахстан. Наиболее перспективной представляется Зайсанская сутурная зона, включающая Чарско-Горностаевский офиолитовый пояс и хаотические блоки разновозрастных известняков островодужного типа, подверженных гидротермально-метасоматическим изменениям в зонах меланжирования и разрывных структурах. Рекомендуется проведение детальных прогнозно-металлогенических работ на современном научно-техническом уровне с выполнением палеогеодинамических реконструкций, применением новых методов геофизических работ и минерально-геохимического картирования и использованием высокоточной аналитической базы.

#### Перечень использованных источников

1. Radtke A. S. Geology of the Carlin gold deposit / A. S. Radtke // Nevada, Professional Paper, U.S. Geological Survey. – 1985. – 1267.
2. Дьячков Б. А. Геологические условия формирования и размещения золоторудных месторождений апокарбонатного типа Восточного Казахстана : монография / Б. А. Дьячков, З. И. Черненко, Н. П. Майорова, М. А. Мизерная, О. Н. Кузьмина. – Усть-Каменогорск : ВКГУ, 2011. – 136 с.
3. D'yachkov B.A., Chernenko Z.I., Mayorova N.P., Mizernaya M.A., Kuzmina O.N., (2011). Geological conditions of apocarbonatite gold ores origin and distribution of East Kazakhstan [Geologicheskie usloviya formirovaniya i razmescheniya zolotorudnykh mestorozhdeniy apokarbonatnogo tipa Vostochnogo Kazakhstana]. VKGTU, Ust-Kamenogorsk - EKSTU, Ust-Kamenogorsk, 136 p.
4. Дьячков Б. А. Нетрадиционные источники золотого оруденения Восточного Казахстана / Б. А. Дьячков, З. И. Черненко, О. Н. Кузьмина // Инновационные технологии в геологических исследованиях : сб. докл. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Е. М. Селифонова, 21.01.2005. – Алматы, 2005. – С. 76–78.
5. D'yachkov B.A., Chernenko Z.I., Kuz'mina O.N., (2005). Unconventional of source of gold ores of East Kazakhstan [Netradicionny'e istochniki zolotogo orudneniya Vostochnogo Kazakhstana]. Innovacionny'e tehnologii v geologicheskikh issledovaniyah, Sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyasch'ennoy 75-letiyu E.M. Selifonova – Innovation technology in geological researches, Comp. Sc. Works of scientist-practical conf. dedicated 75 Anniv. of E.M. Selifoniv, Almaty, 76-78.
6. Дьячков Б. А. Металлогения золота Восточного Казахстана / Б. А. Дьячков, Н. П. Майорова, З. И. Черненко, О. Н. Кузьмина : материалы Всерос. конф. "Самородное золото, типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований". – М. : ИГЕМ РАН, 2010. – Т. I. – С. 187–189.
7. D'yachkov B.A., Mayorova N.P., Chernenko Z.I. et al., (2010). Metallogeny of gold in East Kazakhstan [Metallogeniya zolota Vostochnogo Kazakhstana]. Mater. Vseros. Konf. "Samorodnoe zoloto, tipomorfizm mineral'nykh associaciy, usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy, zadachi prikladnykh issledovaniy" IGEM RAN. – Mater. of All-United Conf. "Native gold, typomorphism of mineral associates, origin of ores and applied tasks", IGEM RAS, Moscow, Vol. I, 187-189.
8. Дьячков Б. О металлогенической специализации гранитоидов Калбы (Восточный Казахстан) / Б. Дьячков, Н. Майорова, З. Черненко, Е. Теут :

материалы Междунар. науч. конф. "Роль высших учебных заведений в развитии геологии", Киев, Украина, 31 марта – 3 апр. 2014 г. – С. 59–61.

D'yachkov B.A., Mayorova N.P., Chernenko Z.I. Teut E.V., (2014). On metallogenic specialization of Kalba (East Kazakhstan) [O metallogenicheskoy spetsializatsii granitoidov Kalby (Vostochniy Kazakhstan)]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Rol vysshikh uchebnykh zavedeniy v razvitii geologii – Abstracts of the International scientific conference "Role of higher educational institutions in geology development", 31.03-03.04.2014, Kiev, Ukraine, 59-61.

7. Жаутиков Т. М. Металлогения и эволюционная направленность рудного процесса на месторождениях золота Казахстана / Т. М. Жаутиков : материалы Всерос. конф. "Самородное золото, типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований". – М. : ИГЕМ РАН, 2010. – Т. I. – С. 193–195.

Zhautikov T.M., (2010). Metallogeny and evolutionary trend of the ore process on gold deposits in Kazakhstan [Metallogeniya i evolyutsionnaya napravlenost rudnogo protsessa na mestorozhdeniyah zolota Kazakhstana]. Materialy Vserossiyskoy konferentsii "Samorodnoe zoloto, tipomorfizm mineralnykh assotsiatsiy, usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy, zadachi prikladnykh issledovaniy" – Abstracts of All-Russian Conference "Native gold, typomorphism of mineral associations, conditions of origin of deposits, the task of applied researches, M. IGEM RAS, Vol. 1, 193-195.

8. Калинин Ю. А. Золотоносные коры выветривания / Ю. А. Калинин, Н. А. Росляков, С. Г. Прудников. Новосибирск : Академ. изд-во "Гео", 2006. – 399 с.

Kalinin Yu.A., Roslyakov N.A., Prudnikov S.G., (2006). Gold-bearing crust of weathering [Zolotonosnyie kory vyvetrivaniya]. Novosibirsk: Akademicheskoe izdatelstvo "Geo" - Novosibirsk Academic Publishing House "Geo", 399.

9. Рафаилович М. С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели / М. С. Рафаилович. – Алматы, 2009. – 304 с.

Rafailovich M.S., (2009). Gold of Kazakhstan subsurface resources: geology, metallogeny, forecast-searching model [Zoloto neдр Kazakhstana: geologiya, metallogeniya, prognozno-poiskovyye modeli]. Almaty - Almaty, 304.

10. Рафаилович М. С. Нетрадиционные месторождения золота Казахстана / М. С. Рафаилович. Геонауки в Казахстане // Докл. казахстанских геологов. – Алматы : КазГЕО, 2004. С. 159–176.

Rafailovich M.S., (2004). Unconventional gold deposits in Kazakhstan [Netraditsionnyie mestorozhdeniya zolota Kazakhstana] Geonauki v Kazakhstane: (Doklady kazahstanskih geologov). Almaty: "KazGEO". - Earth Sciences in Kazakhstan (Kazakh Geologists Reports), Almaty, "KazGeo" Publishing, 159-176.

11. Черненко З. И., Карбонатные формации Восточного Казахстана : монография / З. И. Черненко. – Усть-Каменогорск, ВКГУ, 2005. – 74 с.

Chernenko Z.I., (2005). Carbonate formations in East Kazakhstan [Karbonatnyie formatsii Vostochnogo Kazakhstana]. VKGTU, Ust-Kamenogorsk - EKSTU, Ust-Kamenogorsk, 74.

12. Цой В. Д. О роли карбонатных пород в формировании различных рудно-формационных типов месторождений Азии / В. Д. Цой, И. В. Королева, В. В. Сваровская, Д. В. Шнырев : материалы науч. конф., посвященной 90-летию акад. Х. М. Абдулаева. – Ташкент : Фан, 2002. С. 57–59.

Tsoy V.D., Koroleva I.V., Svarovskaya V.V., Shnyrev D.V., (2002). On the role of carbonate rocks in the formation of various ore deposit formation types in Central Asia [O roli karbonatnykh porod v formirovaniy razlichnykh rudno-formatsionnykh tipov mestorozhdeniy Sredney Azii]. Materialy nauchnoy konferentsii, posvyaschennoy 90-letiyu akademika H.M. Abdulaeva. Tashkent, Fan - Abstracts of scientific conference devoted to the 90th anniversary of academician H.M. Abdulaeva, Fan Publishing, Tashkent, 57-59.

13. Цой В. Д. Апокарбонатная модель формирования золотого оруденения Узбекистана / В. Д. Цой : материалы Средней Азии / В. Д. Цой, И. В. Королева, В. В. Сваровская, Д. В. Шнырев : материалы науч. конф. "Самородное золото, типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований". – М. : ИГЕМ РАН, 2010. – Т. II. – С. 289–291.

Tsoy V.D., (2010). Apocarbonatite model of the gold mineralization of Uzbekistan [Apokarbonatnaya model formirovaniya zolotogo orudneniya Uzbekistana]. Materialy Vserossiyskoy konferentsii "Samorodnoe zoloto, tipomorfizm mineralnykh assotsiatsiy, usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy, zadachi prikladnykh issledovaniy", M. IGEM RAN - Abstracts of All-Russian Conference "Native gold, typomorphism of mineral associations, conditions of origin of deposits, the task of applied researches, M. IGEM RAS, Vol. II, 289-291.

Надійшла до редколегії 08.10.14



B. Diachkov, Dr.Sci. (Geol.-Min.), Prof., Academician of NAS RK  
Z. Chernenko, Cand. Sci. (Geol.-Min.)  
E-mail: Zinchernenko@mail.ru,  
M. Mizernaya, PhD  
E.V. Teut, MSc, Senior Research Fellow, Research Engineer  
Serikbaev East Kazakhstan State Technical University,  
19 D. Serikbaeva Str., Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

### IDENTIFYING PROSPECTIVE GOLD MINERALIZATION AREAS IN WESTERN KALBA (EASTERN KAZAKHSTAN): AN INNOVATIVE APPROACH

*A new type of gold deposits in Eastern Kazakhstan is gold ores commonly found in hydrothermally altered carbonate rocks. We have suggested a geological-genetic model of their origin based on a volumetric stereo-metallogenic analysis of West Kalba and Zharna-Saur zones. Use has been made of comprehensive geologic-geophysical methods and high-precision analyses to develop criteria for predicting, prospecting and evaluating gold-carbonate formations, as well as identifying new prospective areas having category P2 and P3 gold resources. In addition to describing the geological structure of the Earth's surface, this model applies to exploring its deeper strata, hence the term "volumetric or stereo metallogeny".*

*Our research into the genesis of gold deposits in Western Kalba has yielded more accurate data on the geotectonic position of the gold-bearing structures and the age of gold mineralization, there being a connection between typical gold associations and particular ore parent formations. The local gold mineralization zones (West Kalba, Zhana-Boko-Zaisan), whose position is obliquely counter relative to the traditional north-westerly direction of the Altai structures, intersect the volcanic-sedimentary and terrigenous strata of different age (from Devonian to C<sub>2-3</sub>). These gold-bearing zones are cut and metamorphosed by the Kalba-Naryn Pluton granitoids, which points to their Pre-Permian age.*

*The results of the laboratory tests performed on modern equipment in the laboratories IRGETAS D.Serikbaev EKSTU, analytical centers of IGM SB RAS (Novosibirsk, Russia) and the Natural History Museum in the UK (London) showed that gold-sulfide ores (primary and oxidized) contain free gold in the form of fine particles in pyrite and arsenopyrite. The nanoscale gold particle sizes range from microns to 0,1–0,5 mm. The gold particles are bright yellow in color and high purity (an average of 935 ‰). According to the X-ray diffraction analysis, the gold-bearing jasperoids are composed mainly of silica and iron oxides. The results of the atomic absorption analysis of rocks showed that gold has a very uneven distribution (from 0,1 to 33,5 g/t), while the silver content is low (from 0,06 to 2,66 g/t). Electron microscopy yielded new data on the distribution of noble metals (Au, Ag, Pt, Pd), associated chalcophiles and rare earth elements in the ores and host rocks, as well as mineral indicators for identifying new ore deposits.*

*Keywords: gold, unconventional type of gold mineralization, carbonate formation, assessment of the prospects, West Kalba, Charskaya zone, Eastern Kazakhstan.*

Б. Дячков, д-р геол.-мінерал. наук, проф., академік НАН РК  
З. Черненко, канд. геол.-мінерал. наук  
E-mail: Zinchernenko@mail.ru,  
М. Мізерна, канд. геол.-мінерал. наук  
Є. Теут, магістр, старш. наук. співроб., інженер-дослідник  
Східно-Казахстанський державний технічний університет ім. Д. Серікбаєва,  
вул. Д. Серікбаєва, 19, м. Усть-Каменогорськ, Республіка Казахстан

### ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИДІЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПЛОЩ НА ЗОЛОТЕ ЗРУДЕНІННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАХІДНОЇ КАЛБИ (СХІДНИЙ КАЗАХСТАН)

*Геолого-генетична модель формування нового для Східно-Казахстанського регіону типу золоторудних родовищ у гідротермально змінених карбонатних породах базується на об'ємному стереометалогенічному аналізі території Західно-Калбінської і Жарма-Саурської зон. Для їхнього вивчення застосовувалися детальні геолого-геофізичні методи дослідження і високоточні аналізи, які дають підставу для розробки критеріїв прогнозування, пошуку та оцінки золотовмісних карбонатних формацій, а також виділення нових перспективних площ і ділянок з розрахунком ресурсів золота за категоріями P2 і P3. В основі цієї концепції, крім вивчення геологічної будови поверхні Землі, лежить вивчення особливостей геологічного розвитку її глибинних частин. Звідси її назва – об'ємна металогенія або стереометалогенія.*

*У зв'язку з проблемою вивчення віку і генезису золоторудних родовищ Західної Калби виконано аналіз матеріалів минулих років і результатів нових досліджень, що дозволив уточнити геотектонічну позицію золотонесних структур і визначити вік золотого зрудення на підставі його зв'язку з конкретною рудогенеруючою формацією. У регіональному плані відомі зони золоторудної мінералізації (Західно-Калбінська, Жана-Бок-Зайсанська та ін.) мають кососічну позицію щодо традиційного північно-західного напрямку алтайських структур, перетинають різновікові вулканогенно-осадові і теригенні товщі (від девону до C<sub>2-3</sub>), а самі зрізаються і метаморфізуються гранітоїдами Калба-Наримського плутону, тобто мають докалбінський (допермський) вік.*

*За результатами лабораторних досліджень, виконаних на сучасному обладнанні в лабораторіях "ІРГЕТАС" ВКГУ ім. Д. Серікбаєва, Аналітичному центрі ІГМ СО РАН (м. Новосибірськ, РФ) і в Музеї Природознавства Великобританії (м. Лондон), встановлено, що в золото-сульфідних рудах (первинних і окислених) золото перебуває у вільному стані і утворює тонкодисперсні включення в піриті і арсенопіриті. Розмір золотин має нанорівневий масштаб і варіює від перших одиниць мкм до 0,1–0,5 мм, колір його яскраво-жовтий, пробність висока (в середньому, 935‰). За даними рентгенофазового аналізу, золотонесні джаспероїди складаються, в основному, з кремнезему і окислів заліза. За результатами атомно-абсорбційного аналізу, золото в них має вкрай нерівномірний розподіл (від 0,1 до 33,5 г/т), а вміст срібла невисокий (від 0,06 до 2,66 г/т). За результатами електронної мікроскопії отримано нові дані про розподіл благородних металів (Au, Ag, Pt, Pd) і супутніх халькофільних, рідкісних і рідкісноземельних елементів у рудах і вмшуючих породах і намічено мінерали-індикатори для виявлення нових рудних об'єктів.*

*Ключові слова: золото, нетрадиційний тип золоторудного зрудення, карбонатні формації, оцінка перспектив, Західна Калба, Чарська зона, Східний Казахстан.*