

# Комплексное золотое и редкометальное оруденение Казахстана

<sup>1</sup>**МИЗЕРНАЯ Марина Александровна**, к.г.-м.н., ассоциированный профессор, mizernaya58@bk.ru,

<sup>1</sup>**МИЗЕРНЫЙ Аркадий Игоревич**, докторант, a.mizernyy@bk.ru,

<sup>1</sup>**\*АКЫЛБАЕВА Асель Темирбаева**, докторант, akilbaeva@mail.ru,

<sup>2</sup>**МИРОШНИКОВА Анастасия Петровна**, PhD, старший научный сотрудник, anastasiya-2588@mail.ru,

<sup>3</sup>**JOYASHISH Thakurta**, PhD, ассоциированный профессор, joyashish@hotmail.com,

<sup>1</sup>НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. А.К. Протозанова, 69,

<sup>2</sup>Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», Казахстан, Усть-Каменогорск, ул. Промышленная, 1,

<sup>3</sup>Университет Западного Мичигана, США, Каламазу, Западная Мичиган-авеню, 1903,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Актуальность работы обусловлена важностью изучения минерального состава некоторых комплексных месторождений редких и благородных металлов Северного и Восточного Казахстана – как возможных источников попутных ценных компонентов. Новый подход к изучению месторождений отвечает современным требованиям к ресурсам таких критических видов сырья, как редкие земли, редкие и благородные металлы.

**Цель работы:** изучение золоторудной и редкометальной минерализации, парагенетических минеральных ассоциаций, характерных для того или иного типа месторождений с целью выявления ресурсов для извлечения нетрадиционных видов сырья на примере месторождений Бакырчик, Васильковское, Секисовское.

**Объекты исследований:** комплексные золоторудные, редкометально-редкоземельные месторождения Казахстана.

**Методика:** полевые работы, отбор проб для определения химического состава методами ICP MS, выявление закономерностей распределения основных рудных минералов и полезных примесей в рудных телах месторождений. Изучение микроструктуры и вещественного состава рудных минералов на электронном сканирующем микроскопе (JSM 6390LV), сравнительная характеристика рудной минерализации изучаемых месторождений.

**Результаты:** изучение золотосодержащих комплексов и руд редких металлов известных и новых месторождений выявило широкое развитие в них сложных соединений редких и благородных металлов. Комплексное изучение золотосодержащих и редкометальных руд предполагает постановку задачи разностороннего учета основных и попутных компонентов при проведении всех стадий работ: начиная геолого-оценочной до эксплуатационной разведки. Современные технологии обогащения, новейшие способы разработки позволяют сейчас отнести эти месторождения к объектам первоочередного промышленного освоения. Их изучение имеет научное значение в вопросах эндогенного рудообразования и создает предпосылки выявления новых перспективных площадей и месторождений как в Казахстане, так и в других регионах мира.

**Ключевые слова:** месторождения, редкие металлы, редкие земли, Казахстан, ресурсы, золото, магматизм, минеральные ассоциации, золотосодержащие минералы, прогноз.

## Введение

Современные требования к ресурсам некоторых критических видов сырья позволили по-новому взглянуть на подход к изучению месторождений. Развитие аналитической базы, появление новых современных, в том числе высокоточных методов исследований химического и минерального состава руд и вмещающих пород создали предпосылки для изменения методики исследования и геолого-экономической оценки место-

рождений. Проблеме изучения и выявления основных минеральных ассоциаций комплексных месторождений редких и благородных металлов посвящена данная публикация.

Геологическая история формирования Центральной Азии (ЦА) рассмотрена в многочисленных работах [1-6]. Согласно этим источникам ее геодинамическая эволюция интерпретируется как сближение в позднем девоне-раннем карбоне Казахской и Сибирской, а в позднем карбо-

не-перми сближением и столкновением Восточно-Европейского, Казахстанско-Байкальского и Сибирского континентов. Все эти процессы привели к широкому проявлению коллизионного магматизма, метаморфизма и формированию сложных рудно-магматических систем [1, 3]. Особый интерес вызывают крупные коллизионные мезотермальные системы, приведшие к формированию различных промышленных типов месторождений золоторудного золото-редкометалльного типов. Некоторые из таких объектов, о которых пойдет речь в данной статье, приведены на рисунке 1 А.

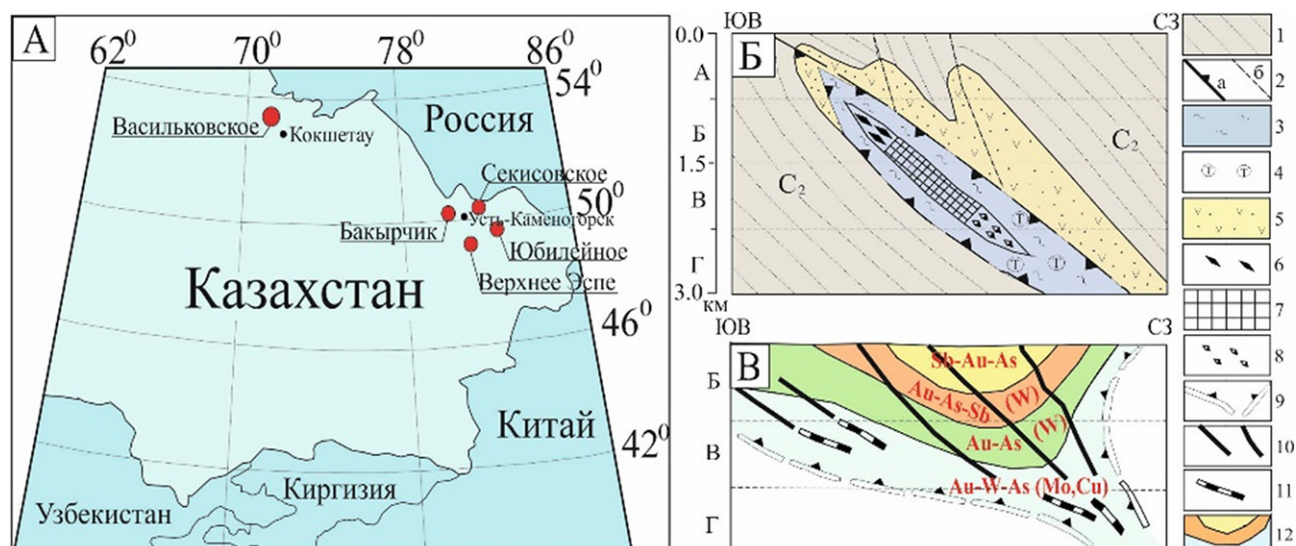
Пристальное внимание в последние годы привлечено к нетрадиционным источникам благородных и редких металлов (Коробейник, 1999, 2004; Быховский и др., 1999; Поцелуев, 2014). Эти объекты в условиях роста цен и спроса на фоне развития рациональных технологий извлечения полезных компонентов могут стать источниками попутного извлечения ценных компонентов. Например, высокие концентрации редких металлов установлены на многих собственно золоторудных и колчеданно-полиметаллических месторождениях Африки (Витватерсранд, ЮАР), Австралии (Олимпия Дем), Узбекистана (Мурунтау), Казахстана (Юбилейное, Васильковка, Риддер-Сокольное) и др. С другой стороны, повышенные концентрации благородных металлов выявлены во многих крупных редкометалльных месторождениях мира (Косачинное, Чаглинка, Северный Казахстан), Оюу Толгой (Монголия) и др. Факторы формирования подобных комплексных месторождений, выявление критериев их поиска и оценки являются главными задачами разработки

современных прогнозно-поисковых технологий [2-6].

### Комплексные золото-редкометалльные месторождения

Формирование золото-редкометалльных месторождений, по мнению многих авторов, характерно для заключительных стадий тектонических циклов и связано с проявлением щелочного магматизма. Это, в свою очередь, образует сложные ассоциации благородных металлов и редких элементов: W-Mo; W-Mo-Be; Sn-W-Mo; Be-Sn-Ta-Nb и др. [1, 7, 8]. В качестве примера рассмотрим крупное месторождений Au-W типа Бакырчик. Месторождение пространственно приурочено к Западно-Калбинскому золоторудному поясу в Восточном Казахстане и находится в 70 км от областного центра г. Усть-Каменогорск. Бакырчикское рудное включает такие месторождения, как Бакырчик, Глубокий Лог, Большевик, Промежуточное, Холодный Ключ, Чалобай и Сарбас. Золотоносные углеродисто-алевропелитовые горизонты совместно с сингенетичной золото-пиритовой минерализацией приурочены к континентальным терригенным отложениям (бакырчикская черносланцевая толща С3). Содержание золота выше фонового (достигает 100-150 мг/т).

Рудные тела (среднее содержание золота 9,4 г/т) изучены до глубины 1000-1500 м. Структуры, локализующие оруденение, установлены геофизическими методами до глубин 3000 м. Отмечается четкий структурный контроль и приуроченность месторождений к узлам пересечения разломов Кызыловской зоной смятия. Рудные тела представляют собой линзовидные, ленто- и



Условные обозначения: 1 – углеродсодержащие породы; 2 – зона смятия: а – зона надвигов, б – зона разломов; 3 – развитие серицитизации; 4 – зона турмалинизации; 5 – хлорит-альбитовый метасоматоз; 6-8 – метасоматические преобразования: 6 – углеродистые каолинит-гидрослюдистые; 7 – углерод-серицитовая, 8 – серицит-флогопит-карбонатная

Рисунок 1 – Схематическая карта расположения объектов (А); зональности Бакырчикского рудного поля: метасоматическая (Б) и геохимическая (В) [7]

линзообразные субсогласные минерализованные зоны [7].

На месторождении установлена линейная метасоматическая зональность пород. Для внешней зоны характерны изменения пород в виде карбонатизации и хлоритизации. Внутренние зоны подверглись лиственизации, березитизации и альбитизации. Зоны минерализации представлены несколькими парагенетическими минеральными ассоциациями. По степени распространенности (от меньшего к большему) выделяют: мельниковит-пирит-пирротин-марказитовую, золото-кварц-карбонат-халькопиритовую с шеелитом, золото-кварц-полиметаллическую, кварц-карбонат-антимонит-тетраэдритовую и золото-пирит-арсенопиритовую ассоциации минералов [8]. Арсенопирит составляет порядка 3,0-15,0% и представлен зернами призматической, игольчатой и столбчатой формы. Содержание пирита колеблется в пределах 1,5-22,0%. Форма зерен пирита кубическая, додекаэдрическая. Основной полезный компонент – золото. Содержание Au в пиритах достигает десятков, реже сотен г/т. В арсенопиритах содержания Au до сотен г/т. Отмечаются повышенные содержания Ag (до 5 г/т). В рудах содержатся меди до 1,5%, олова, молибдена, вольфрама, висмута – сотые доли % [1, 7].

Бакырчик многими авторами признан аналогом известных гигантских месторождений золота в черносланцевых толщах Мурунтау, Кумтор и пр. Общим для всех месторождений являются повышенные содержания вольфрама и других редкоземельных металлов за счет проявления поздней золото-кварц-карбонат-шеелит-халькопирит-молибденовой минерализации (переотложенная формация). Доля вольфрамитов в рудах месторождения Кумтор составляет от 0 до 30,4%, содержания примесей в вольфрамите кальция составляют в г/т: Sc 20-300; La 500-1000; Sr 30000; Mo 10-1000; Y 100-6000; Yb 400. Содержания редких и редкоземельных в шеелитах Мурунтау в г/т достигают: Y 100-6000; Nd 250; Ce 190-350; Eu 2-130; Sr 400-1100; Lu 0,5-4,0; Sm 20-90. Парагенезис золота и редких металлов на месторождении Бакырчик пока изучен недостаточно, однако Марченко Л.Г. в рудах месторождения установлены редкие металлы и редкие земли (W, Mo, Sn, Y, Ce, Ga, In, Ta, Yb, Er, La и др.). Шеелитовый концентрат может рассматриваться как источник получения вольфрама и редких земель, молибдена, висмута. На месторождении Бакырчик максимально продуктивны на золото средние-верхние горизонты, содержание вольфрама растет с глубиной.

Наиболее интересна вольфрамовая минерализация, которая в подобных месторождениях может быть источником извлечения большой группы ценных компонентов (редкие металлы и редкие земли), что значительно повышает рентабельность их отработки. Источником вольфрама предполагаются также продукты передела (гра-

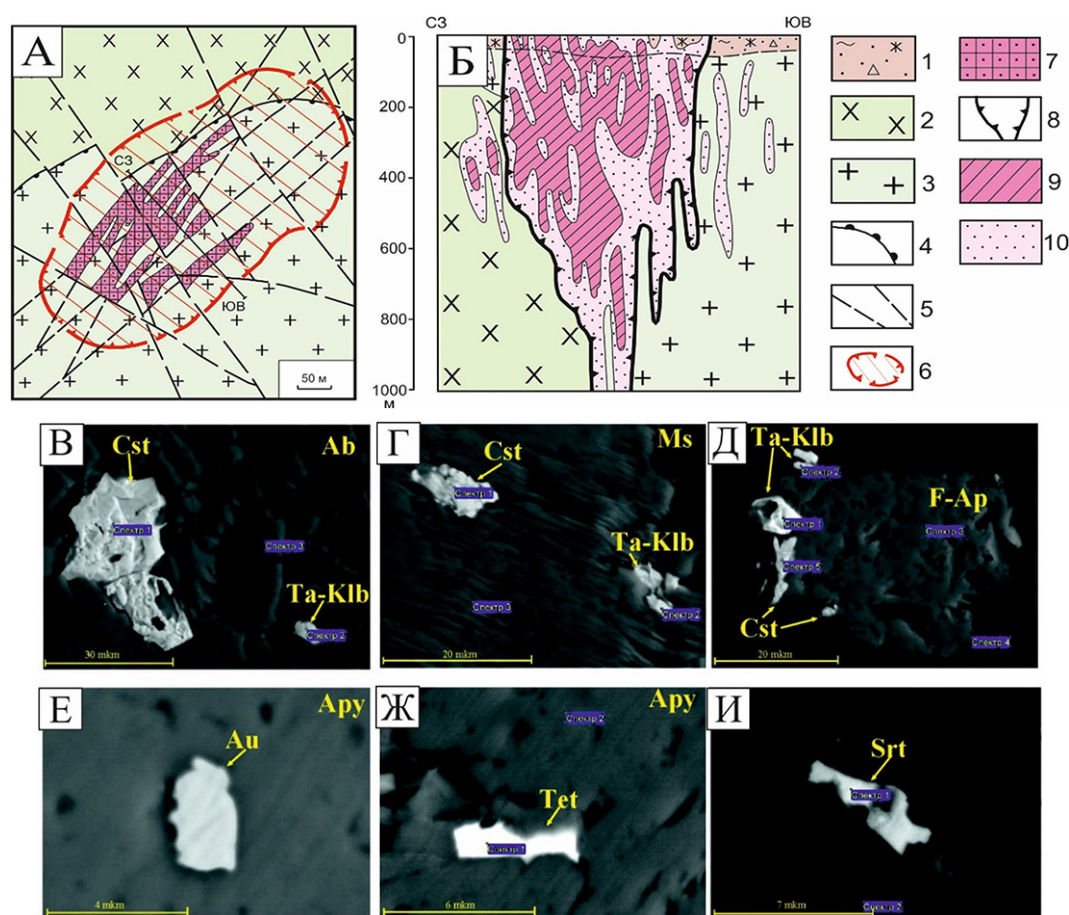
витационные концентраты золото-сульфидных руд).

### **Золото-сульфидные месторождения с редкометалльной минерализацией**

Изучены месторождения, приуроченные к мезотермальным плутонам повышенной основности (Секисовское) и щелочности (Васильковское). Руды характеризуются разнообразием теллуридов золота, серебра, высоким содержанием в них минералов висмута, редких металлов и редких земель.

**Месторождение Васильковское** расположено в Северном Казахстане, в 17 км северо-западнее г. Кокшетау. Рудное поле приурочено к узлу пересечения Донгульгайского и Васильковско-Березовского разломов, что привело к возникновению своеобразного каркасно-блокового тектонического строения описываемой территории. Как видно на рисунке 2А, основная часть рудных тел приурочена к зонам контактов габбро-диоритов, диоритов, гранодиоритов, плагиогранитов. Рудные тела формируют своеобразный штокверк, сечением до сотен метров на поверхности и сильно сужающийся с глубиной. По вертикали рудная минерализация установлена до 1,0-1,5 км, при среднем содержании золота 3-5 г/т. Штокверк представлен серией золотоносных жил, падающих под углами от 350 до 4000 к юго-западу (рисунок 2Б) [9, 10]. Рядом авторов в пределах месторождения была установлена концентрическая метасоматическая, геохимическая и минеральная зональность. Зональность подтверждается проявлением локальных гидротермальных изменений: калишпатизацией, окварцеванием, альбитизацией, березитизацией, хлоритизацией и пр.

В пределах месторождения развиты две минеральные ассоциации: ранняя и поздняя. К ранней ассоциации относится золото-пирит-арсенопирит-кварцевая и подразделяется она на пирит-пирротин-кварц-марказитовую; собственно золоторудную золото-пирит-арсенопирит-кварцевую (с выделениями пирротина, леллингита, халькопирита) и золото-висмутитовую, пирит-арсенопирит-кварцевую (с повышенным содержанием молибдена, шеелита, кубанита, самородного висмута, висмутитов, тетрадимита, блеклой руды). Поздняя золото-кварц-полиметаллическая характеризуется выделениями самородного золота, кварца, блеклой руды, разнообразных теллуридов, галенита, тетрадимита) [1, 12]. Установлено, что наиболее продуктивное золотое оруденение в пределах рудного штокверка локализовано на участках совмещения березитов и калишпатитов. Хлорит-альбитовые метасоматиты развиты вдоль рудоносных структур. Широкое распространение имеют жильные минералы (кварц, карбонат, турмалин, серицит, флюорит). В основе штокверка локализуются кулисообразные, субпараллельные, пересекающиеся жилы мелкозернистого темно-серого кварца с сульфидами и самород-



Условные обозначения: А, Б: 1 – зона коры выветривания; 2-3 – породы зерендинского интрузивного комплекса ( $O_3-S_1$ ); 2 – породы габбро-диоритового комплекса; 3 – гранодиоритовый комплекс; 4 – граница пород габбро-диоритового и гранодиоритового комплексов; 5 – тектонические разломы; 6 – прожилковая и прожилково-вкрапленная минерализация; 7 – рудные штокверы, 8 – контур рудного штокверка; 9-10 – процентные содержания золота: 9 – от средних до высоких; 10 – ниже среднего [10]. Микровключения редкометалльных минералов, золота и сульфидов в альбитизированных гранитах (сканирующий электронный микроскоп JSM 6390LV): В – вкрапленность касситерита (Cst) и танталит-колумбита (Ta-Klb) в альбите (Ab) и Г – во фтористом мусковите (Ms); Д – микровключения касситерита (Cst) и танталит-колумбита (Ta-Klb) на контакте с фторапатитом (F-Ap); Е – золото (Au) комковидной формы в арсенопирите (Apy); Ж – вкрапленность тетрадимита (Tet) и И – сарторита (Srt).

Рисунок 2 – Геологическая позиция, геологический разрез и редкометалльные минеральные ассоциации Васильковского месторождения

ным золотом (рудная стадия). В передней части штокверка развиты крупные золотоносные жилы, мощностью до 1,0 м [4]. Широко распространены пострудные образования, представленные в верхних частях минерализованных зон кварц-турмалиновой ассоциацией. Кварцевые жилы, гнезда и прожилки с кальцитом и серицитом приурочены к верхним и средним горизонтам. В корневой части штокверка отмечается флюорит. Карбонат-эпидот-пренитовая минеральная ассоциация широко представлена по периферии рудоносного штокверка [8, 11].

Золото, в основном, связано с пирит-арсенопирит-кварцевой и висмутин-пирит-арсенопирит-кварцевой ассоциациями. Отмечается вертикальная минералогическая зональность: центральная часть штокверка сложена золото-пирит-арсенопирит-кварцевой и золото-висмутин-пирит-арсенопирит-кварцевой ассоциа-

циями; пирит-пирротин-марказит-кварцевая ассоциация характерна преимущественно для средних и глубоких горизонтов; для верхних горизонтов наиболее характерна золото-полиметаллическая и кварц-карбонат-антимонит-тетраэдритовая ассоциации. Наиболее распространенными рудными минералами являются пирит и арсенопирит, которые ассоциируются с кварц-карбонатными жилами и прожилками.

Состав арсенопиритов разнообразен, содержания: Au (от первых единиц до сотен г/т); Ag (5-50 г/т); Bi (от доли единиц до 100-300 г/т); платиноидов (0,3-0,5 г/т); базовых металлов – Cu, Pb; Zn, Co (до 0,01-0,1%); Mo (20-50 г/т). Для арсенопиритов верхних горизонтов характерны повышенные содержания мышьяка, серебра, меди. На средних и глубоких горизонтах в арсенопиритах отмечается возрастание содержаний цинка, молибдена, висмута и др.

Для золота характерно полимодальное распределение концентраций: в околорудных породах средние содержания равны до 0,37 (г/т); в рудных зонах до 1,0 (г/т); в рудных телах около 3,7 (г/т), рудных столбах – более 10 (г/т). При этом в центральной части рудоносного штокверка отмечаются средние и высокие содержания золота, на периферии – низкие. Содержания As колеблется в пределах от 0% до 8,5%. Содержание несомненно зависит от типа минерализации – наименьшее содержание мышьяка во вкрапленных рудах (0,01-0,1%), для прожилковой и прожилково-вкрапленной эти значения выше (от 0,3% до 2,0% и выше). Отмечается тесная корреляция золота с такими элементами, как Bi, As, Ag, Pb, Cu [1, 13]. Главными элементами-индикаторами оруденения являются As, Bi (при показателе контрастности сотни-тысячи кларков) [13].

Новые результаты исследования авторов показывают, что зоны площадной микроклинизации пересекаются более поздними золотоносными прожилками и практически являются дорудными. По данным растровой электронной микроскопии, в них наблюдаются микровключения циркона, монацита и флюорита, отмечается также вкрапленность галенита и халькопирита, тантал-колумбита, касситерита и др. (рисунок 2 В-И). По результатам исследований на ICP-MS повышены значения (г/т): Rb (182,6), Nb (17,48), Sn (5,04), Mo (3,99). Среди редких земель характерные элементы La, Ce, Nd, Pr, а также Cd, Dy, Er, Yb, что согласуется с результатами масс-спектрометрии (рисунок 3А). Благородные и сопутствующие элементы имеют невысокие значения (г/т): Au (0,07), Ag (0,20), As (15,4) и Sb (1,84).

Альбитизация проявилась в габброидах, гранодиоритах и гранитах, имеет площадное и локальное развитие. Процесс альбитизации сопровождался привнесением редких щелочей (г/т): Li (1212), Rb (1282) и Cs (41,25) и редких элементов: Nb (38,92), Ta (6,26), Be (7,03), Sn (17,58) (рисунок 1Б). В альбитизированных гранитах также повышены содержания Zn, Pb, Cu, Bi при низких значениях As (11,3), Sb (1,33), Ag (0,85), Au (0,14). По растровой электронной микроскопии для этих гранитов типичны редкометалльные минералы танталит-колумбит (с примесью W – 3,73 вес %), касситерит (с примесью Ta – 2,24 вес %) и колумбит, ассоциирующие с кварцем, альбитом, фтористым мусковитом и фторапатитом. Микровключение танталоносного минерала (Ta – 77,04 вес %) обнаружено, также, в измененных габброидах. Размеры этих минералов изменяются от первых единиц до 50 мкм.

Секисовское месторождение. Секисовское рудное поле расположено в Рудном Алтае, в Восточном Казахстане [12]. Месторождение расположено в пределах Шемонаихинско-Нарымского линеамента, выделяемого по данным дешифрирования космоснимков, и находится во внутренней северо-западной части Секисовской кольце-

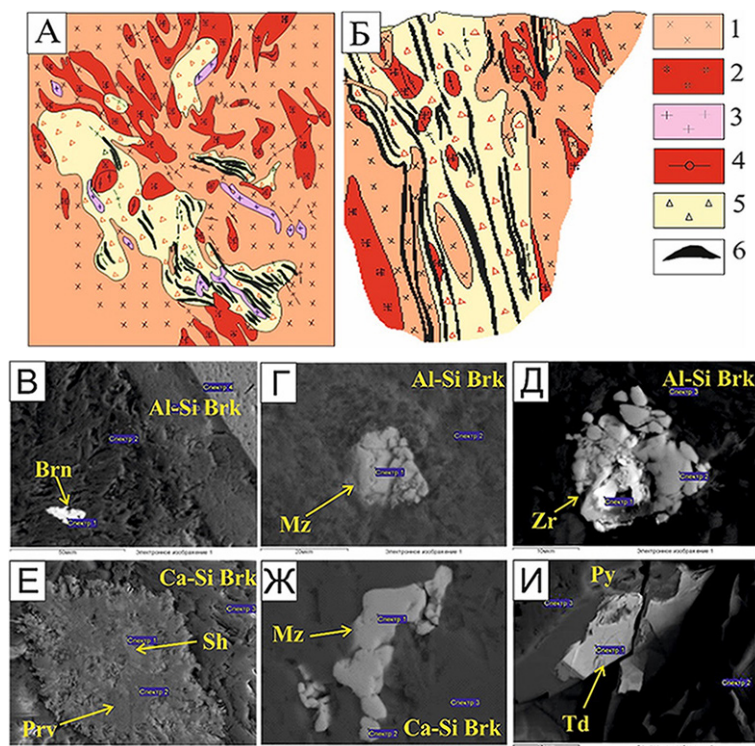
вой структуры.

Месторождение локализовано в пределах многофазного габбродиорит-диорит-гранодиорит-гранитового Секисовского массива змеиногорского коллизионного комплекса. Он имеет площадь около 100 км<sup>2</sup> и прорывает вулканогенно-осадочные породы фаменского и нижнекаменноугольного возрастов. Северо-восточная его часть осложнена региональными тектоническими нарушениями северо-западного простирания, в которых локализуются зоны explosивно-гидротермальных брекчий [1, 14-16]. Рудовмещающими породами на месторождении являются explosивно-гидротермальные брекчий, имеющие трубообразную, вытянутую форму, размером от 40х100 м до 120х500 м (рисунок 2 А,Б). Их прослеженная длина на глубину превышает 950 м [14]. По минеральному составу выделены четыре типа гидротермальных explosивных брекчий: среднего состава; средне-основного состава; смешанного состава и кислого состава. Цемент брекчий представлен мелкозернистым перетертым измененным материалом (кварц, серицит, хлорит) с вкрапленностью сульфидов, от долей процента до 15% (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит). В цементе брекчий также встречаются мелкие обломки остатков вмещающих пород. Установлено, что золотое оруденение пространственно и генетически связано с сульфидами и кварцевыми прожилками [15, 16]. Распределение носит гнездово-прожилковый характер. Повышенные содержания золота отмечены на контактах различных типов брекчий и вдоль контактов брекчий и вмещающих диоритов и даек кислого состава.

Золото распределено неравномерно. Наиболее высокие концентрации золота отмечаются на контакте брекчий разного типа, а также брекчий с диоритами и дайками кислого состава. В первичных рудах развито два минеральных парагенезиса. Для ранних брекчий (на средних и глубоких горизонтах) характерен золото-железо-медный-редкометалльный парагенезис (золото, кварц, магнетит, пирротин, марказит, пирит, шеелит, висмутин, молибденит, халькопирит).

В измененных вмещающих породах и рудных брекчиях позднего этапа по результатам исследований на ICP-MS отмечаются повышенные содержания редких и редкоземельных элементов в г/т: (W до 1; Te 0,3-0,4; Sn 13,5; Rb 26,1-59,64; Nb 1,9-5,7; Cs 2,5; Nd 5,2-18,7; Y 5,4-35,7; Sr 65,0-200,0; Sm 1,7-3,13; Th 0,4-0,9) (рисунок 3).

В поздний этап при формировании брекчий смешанного типа отложился золото-серебро-висмут-теллур-полиметаллическая ассоциация (с золотом II, самородным серебром, теллуридами, кварцем, карбонатами, пиритом, халькопиритом, алтаитом, айкинитом, теннатитом, галенитом, сфалеритом, гринокитом, теллуrowисмутином, петцитом, гесситом, кренеритом, калаверитом, силванитом, шеелитом, брейнеритом и др.) (рисунок 2 В-И) на верхних уровнях



Условные обозначения: А-Б: 1 – гранодиориты, кварцевые диориты; 2 – биотит-роговообманковые граниты, плагиограниты; 3 – аплитовидные граниты, гранит-порфиры и 4 – плагиогранит-порфиры змеиногорского комплекса (С2-3); 5 – эксплозивные брекчии смешанного и кислого состава; 6 – золоторудные тела. Распределение редких металлов и редких земель в рудоносных брекчиях месторождения Секисовское: спайдеграммы редких (А) и редкоземельных элементов; В – браннерит (Brn) в алюмосиликатах цемента брекчии (Al-Si Brk); Г – моноцит (Mz) в алюмосиликатах цемента брекчии (Al-Si Brk); Д – циркон (Zr) в алюмосиликатах цемента брекчии (Al-Si Brk); Е – сросток шеелита (Sh) с перовскитом (Prv) в кальцит-кварцевом цементе брекчии (Ca-Si Brk); Ж – моноцит (Mz) в кальцит-кварцевом цементе брекчии (Ca-Si Brk); И – тетрадимит (Td) в пирите (Py).

Рисунок 3 – Геологическая позиция, геологический разрез и редкометалльные минералы Секисовского месторождения

брекчиевидных тел. Данная ассоциация контролируется дайками кварцевых альбитофитов, гранит-порфиров и фельзитов [10]. Преобладают жилки кварц-карбонатного и кварц-сульфидного составов. Золото находится в свободной форме, в виде теллуридов и тонкодисперсных примесей в сульфидах. Содержания в пиритах Au 30-1000 г/т; Bi 300-400 до 1000 г/т; Mo до 1 г/т. Отмечено уменьшение концентрации золота во всех типах брекчий с глубиной в 2,5-6 раз, а также закономерное повышение содержаний золота вблизи контактов брекчий разных типов, брекчий с магматитами, в том числе с постгранитными дайками. Рудные тела в объеме представляют собой крутопадающие рудно-геохимические струи, залегающие субсогласно брекчиевым телам. С глубиной уменьшение площади струй незначительно, что может свидетельствовать о большом вертикальном размахе оруденения [1, 10].

Как видно, на золото-сульфидных штокверковых месторождениях Васильковское и Секисовское, кроме золота широко представлена редкометалльная минерализация, что необходимо учитывать при дальнейших оценочных работах и в технологии обогащения руд.

### Заключение

Исследования показали, что многие золоторудные месторождения, в силу особенностей протекания процессов рудообразования и проявления различных типов минерализации, можно считать комплексными. Выявлены разностадийные процессы золотой и редкометалльной минерализации в пределах крупных рудоконтролирующих структур рудных полей известных месторождений. Установлено, что комплексная минерализация чаще всего проявляется в пределах долгоживущих рудоконтролирующих структур (зоны смятия, зоны пересечения разнонаправленных тектонических разломов глубокого заложения, кольцевые структуры, наличие глубоко залегающих интрузий и т.д.). На некоторых из них выявлены перспективы одновременного с золотом извлечения из золотосодержащих руд редких и редкоземельных элементов. В первую очередь в Восточном Казахстане – это Бакырчикский крупный рудный узел, связанный со становлением Кызыловской зоны смятия и приуроченным к ней месторождениям золота в черносланцевых толщах Бакырчик, Большевик и др. (W, Mo, As, Sb, Pt, REE и др.). Значительный интерес в отноше-

нии редких металлов и редких земель представляют некоторые золото-сульфидно-кварцевые штокверковые месторождения Васильковское (W, Mo,

Bi, Co, Ni, Sb, U, Pt, лантаноиды и др.) в Северном Казахстане, Секисовское (W, Mo, Bi, Co, Sn, Rb, Pt и др.) в Восточном Казахстане и др.

Исследования выполнялись в рамках гранта BR10264558 – Комитета геологии Министерства экологии, геологии и окружающей среды РК и гранта AP08856325 Министерства науки и высшего образования РК.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рафаилович М.С. Геология золота Центральной Азии: эволюция оруденения, метасоматические формации, эксплозивные брекчии. – Алматы, 2013. – 423 с.
2. Поцелуев А.А. благороднометалльное оруденение в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях Центральной Азии. – Томск: STT: 2014. – 292 с.
3. Yakubchuk A. Architecture and mineral deposit settings of the Altaid orogenic collage: a revised model // Journal Asian Earth Sciences. – 2004. – Vol. 23. – pp. 761-779.
4. Windley B.F., Alexeiev D., Xiao W.J., Kroner A., Badarch G. Tectonic models for accretion of the Central Asian orogenic belt // J. Geol. Soc. London. – 2007. – V. 164. – pp. 31-47.
5. Буслов М.М. Тектоника и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль поздне-палеозойских крупноамплитудных сдвигов // Геология и геофизика, 2011. – Томск. 52 (1). – С. 66-90.
6. Y.Liu, W.Li, Zh.Feng, Qu.Wen, F.Neubauer, Ch.Liang. A review of the Paleozoic tectonics in the eastern part of Central Asian Orogenic Belt // Gondwana Research, 2017. – V. 43. – pp. 123-148.
7. Бакырчик (Геология, геохимия и оруденение) / Отв. редактор Нарсеев В.А. – М.: ЦНИИГРИ, 2001. – 174 с.
8. Байбатша А.Б. Модели месторождений благородных металлов: Монография – Алматы, КазНТУ, 2014. – 452 с.
9. Абишев В.М., Баханова Е.В, Зорин Ю.М и др. Геология, вещественный состав и геохимические особенности Васильковского золоторудного месторождения // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. – Алма-Аты, 1972. С. 107-162.
10. Атлас месторождений полезных ископаемых Казахстана. – Алматы, 2004. – 141 с.

### Қазақстанның кешенді алтын және сирек металды кенденуі

<sup>1</sup>МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, г.-м.ф.к., қауымдастырылған профессор, mizernaya58@bk.ru,

<sup>1</sup>МИЗЕРНЫЙ Аркадий Игоревич, докторант, a.mizernyy@bk.ru,

<sup>1</sup>\*АКЫЛБАЕВА Асель Темирбаева, докторант, akilbaeva@mail.ru,

<sup>2</sup>МИРОШНИКОВА Анастасия Петровна, PhD, аға ғылыми қызметкер, anastasiya-2588@mail.ru,

<sup>3</sup>JOYASHISH Thakurta, PhD, қауымдастырылған профессор, joyashish@hotmail.com,

<sup>1</sup>«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Өскемен, А.К. Протозанов көшесі, 69,

<sup>2</sup>«ҚР МШКҚӨ ҰО» РМК филиалы «ВНИИцветмет», Қазақстан, Өскемен, Промышленная көшесі, 1,

<sup>3</sup>Батыс Мичиган университеті, АҚШ, Каламазу, Батыс Мичиган даңғылы, 1903,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Жұмыстың өзектілігі ілеспе құнды компоненттердің көзі ретінде сирек және асыл металдардың кешенді кен орындарын қалыптастыру заңдылықтарын зерттеу және анықтау қажеттілігіне байланысты. Кен орындарын зерттеудің жаңа тәсілі сирек кездесетін жерлер және асыл металдар сияқты шикізаттың сыны түрлерінің ресурстарына қойылатын заманауи талаптарға жауап береді.

Жұмыстың мақсаты: Бақыршық, Васильковское, Секисовское кен орындарының мысалында шикізаттың дәстүрлі емес түрлерін алу үшін ресурстарды анықтау мақсатында кен орындарының белгілі бір түріне тән алтын кені мен сирек металл минералдануының, парагенетикалық минералды бірлестіктердің түзілу процесстерін зерттеу.

Зерттеу объектілері: Қазақстанның кешенді алтын кені, сирек металды-сирек жер кен орындары.

Әдістеме: ICP MS әдістерімен химиялық құрамды анықтау үшін кенді жыныстар мен кенді денелерден сынама алу, негізгі кенді минералдар мен пайдалы қоспалардың таралу заңдылықтарын анықтау. Электрондық сканерлеу микроскопында (JSM 6390LV) кен минералдарының микроқұрылымы мен заттық құрамын зерттеу, зерттелетін кен орындарының кен минералдануының салыстырмалы сипаттамасы.

Нәтижелері: құрамында алтыны бар кешендер мен белгілі және жаңа кен орындарының сирек металдарының кендерін зерттеу олардағы сирек және асыл металдардың күрделі қосылыстарының кең дамуын анықтады. Құрамында алтыны бар және сирек кездесетін металл кендерін кешенді зерттеу жұмыстың барлық кезеңдерін жүргізу кезінде негізгі және ілеспе компоненттерді жан-жақты есепке алу міндетін қояды көздейді: геологиялық бағалаудан бастап пайдалану барлауына дейін. Байытудың заманауи технологиялары, игерудің жаңа әдістері қазір бұл кен орындарын бірінші кезектегі өнеркәсіптік игеру объектілеріне жатқызуға мүм-

кіндік береді. Оларды зерттеу эндогендік кен түзілу мәселелерінде ғылыми маңызға ие және Қазақстанда да, әлемнің басқа өңірлерінде де жаңа перспективалы алаңдар мен кен орындарын анықтаудың алғышарттарын жасайды.

**Кілт сөздер:** кен орындары, сирек металдар, сирек кездесетін жерлер, Қазақстан, ресурстар, алтын, магматизм, минералды ассоциациялар, құрамында алтыны бар минералдар, болжам.

### **Complex Gold and Rare Metal Mineralization of Kazakhstan**

<sup>1</sup>**MIZERNAYA Marina**, Cand. of Geol. and Min. Sci., Associate Professor, mizernaya58@bk.ru,

<sup>1</sup>**MIZERNYY Arkady**, doctoral student, a.mizernyy@bk.ru,

<sup>1\*</sup>**AKYLBAEVA Asel**, doctoral student, akilbaevaa@mail.ru,

<sup>2</sup>**MIROSHNIKOVA Anastasia**, PhD, Senior Researcher, anastasiya-2588@mail.ru,

<sup>3</sup>**JOYASHISH Thakurta**, PhD, Associate Professor, joyashish@hotmail.com,

<sup>1</sup>NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Kazakhstan, Oskemen, A.K. Protozanov Street, 69,

<sup>2</sup>Branch of RSE «NC IPMRM RK» «VNIItsvetmet», Kazakhstan, Oskemen, Promyshlennaya Street, 1,

<sup>3</sup>Western Michigan University, USA, Kalamazoo, Western Michigan Avenue, 1903,

\*corresponding author.

**Abstract.** The relevance of the research arises from the need to study and reveal patterns of formation of complex rare and noble metals deposits – as a source of associated valuable components. A new approach to the study of deposits meets modern requirements for the resources of such critical types of raw materials as rare earths, rare and precious metals.

The aim of research: studying the processes of formation of gold ore and rare metal mineralization, paragenetic mineral associations that are characteristic for a particular type of deposits in order to identify resources for extracting non-traditional types of raw materials on the example of the deposits Bakyrchik, Vasilkovskoye, Sekisovskoye, Verkhnee Espe, Yubileynoye.

Objects of researches: gold, rare-metal-rare-earth deposits of Kazakhstan.

Methods of researches: Sampling from ore-bearing rocks and ore bodies to determine the chemical composition by methods ICP MS, identification of patterns in the distribution of basic ore minerals and useful impurities. Microprobe analysis using a scanning electron microscope JSM 6390LV with an energy dispersive attachment, comparative characteristics of ore mineralization of the studied deposits.

Research results. The study of gold and rare metal ores of known and new deposits found the extensive development of complex compounds of rare and precious metals. The complexity of ores involves setting a versatile task of basic and trace elements recording during all stages of work: from geological evaluation to production exploration. Modern processing technology and the latest development techniques allow classifying those fields as objects of industrial development priority. Studying them has scientific significance in the matters of endogenous ore formation, and creates a prerequisite to identifying promising new areas and deposits, both in Kazakhstan and in other parts of the world.

**Keywords:** deposits, rare metals, rare earth, Kazakhstan, resources, gold, magmatism, mineral associations, gold minerals, forecast.

### **REFERENCES**

1. Rafailovich M.S. Geologiya zolota Central'noj Azii: jevoljucija orudnenenija, metasomaticheskie formacii, jeksplozivnye brekchii. Almaty, 2013. 423 p.
2. Podeluev A.A. Blagorodnometall'noe orudnenie v gidrotermal'nyh uranovyh i redkometall'nyh mestorozhdenijah Central'noj Azii. – Tomsk: STT: 2014. 292 p.
3. Yakubchuk A. Architecture and mineral deposit settings of the Altaid orogenic collage: a revised model // Journal Asian Earth Sciences. – 2004. – Vol. 23. – pp. 761-779.
4. Windley B.F., Alexeiev D., Xiao W.J., Kroner A., Badarch G. Tectonic models for accretion of the Central Asian orogenic belt // J. Geol. Soc. London. – 2007. – V. 164. – pp. 31-47.
5. Buslov M.M. Tektonika i geodinamika Central'no-Aziatskogo skladchatogo pojasa: rol' pozdne-paleozojskih krupnoamplitudnyh sdvigoj // Geologija i geofizika, 2011. – Tomsk. 52 (1). – pp. 66-90.
6. Y.Liu, W.Li, Zh.Feng, Qu.Wen, F.Neubauer, Ch.Liang. A review of the Paleozoic tectonics in the eastern part of Central Asian Orogenic Belt // Gondwana Research, 2017. – V. 43. – pp. 123-148.
7. Bakyrchik (Geologija, geohimija i orudnenie) / Otv. redaktor Narseev V.A. – Moscow: CNIIGRI, 2001. – 174 p.
8. Bajbatsha A.B. Modeli mestorozhdenij blagorodnyh metallov: Monografija – Almaty, KazNTU, 2014. 452 p.
9. Abishev V.M., Bahanova E.V, Zorin Ju.M i dr. Geologija, veshhestvennyj sostav i geohimicheskie osobennosti Vasil'kovskogo zolotorudnogo mestorozhdenija // Geologija, geohimija i mineralogija zolotorudnyh rajonov i mestorozhdenij Kazahstana. – Almaty, 1972. pp. 107-162.
10. Atlas mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh Kazahstana. – Almaty, 2004. 141 p.