

АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070600 – «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»

Мирошникова Анастасия Петровна

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ШТОКВЕРКОВОГО ТИПА (НА ПРИМЕРЕ ВАСИЛЬКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Главным объектом исследования является Васильковское месторождение, локализованное в узле пересечения Донгульгашского и Васильковско-Березовского разломов. Оно характеризуется каркасно-блоковым тектоническим строением и контрастными гидротермальными изменениями пород. Месторождение размещается в Алтыбайском интрузивном массиве, сложенном габбро, габбро-диоритами, диоритами, кварцевыми диоритами, плагиогранитами и гранодиоритами. Штокверковое оруденение представлено прожилковыми, прожилково-вкрапленными и вкрапленными рудами. Главным рудным минералом является арсенопирит.

Актуальность. Золото является одним из приоритетных видов полезных ископаемых. Велико значение золота, как валютного резерва государства, необходимого для стабильного развития экономики, экономической безопасности в условиях кризисов и спада производства. Территория Казахстана достаточно богата своими минеральными ресурсами, одним из приоритетных направлений является укрепление минерально сырьевой базы золота. Перед РК стоит важная задача увеличить золотодобычу до обозначенного Президентом страны уровня – 70 т в год. Задача может быть решена за счет вовлечения в эксплуатацию наиболее перспективных типов золоторудных месторождений, к одному из которых относятся золото-сульфидно-кварцевые штокверковые месторождения.

Перспективность этих месторождений заключается, прежде всего, в том, что многие из них относятся к крупным и сверхкрупным (Форт-Нокс на Аляске, Джеруй в Кыргызстане, Джилао в Таджикистане и др.). Васильковское месторождение является крупнейшим месторождением золота в Казахстане, оно разрабатывается в настоящее время ТОО «Altyntau Kokshetau». Однако до сих пор окончательно не решены многие вопросы, касающиеся механизма формирования рудных тел, возраста вмещающих золотое оруденение пород, глубины распространения рудных тел и т.д.

Некоторые эти проблемы нашли решение в данной диссертационной работе.

Объектом исследования является Васильковское золото-сульфидно-кварцевое месторождение.

Целью диссертационной работы является выявление критериев прогноза и поиска штокверковых золото-сульфидно-кварцевых месторождений (на примере Васильковского месторождения).

Задачи исследования:

1. Изучить породы зерендинского интрузивного массива при помощи современных методов исследования (оптическая микроскопия, спектральный анализ и др.), установить критерии сходства и/или различия пород габброидного и гранодиоритового комплексов;

2. Современными изотопно-геохронологическими методами определить абсолютный возраст гранодиоритового и габбрового комплексов, вмещающих Васильковское месторождение.

3. Используя современные инструментальные методы исследования (сканирующая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный анализ) на новом уровне детально изучить минеральный состав руд Васильковского месторождения, выделить основные стадии минералообразования и уточнить последовательность формирования рудных ассоциаций;

4. Определить формы выделения и минералы-носители золота, установить его минералого-геохимические особенности (состав, пробность);

5. Основываясь на проведенных автором исследованиях и анализе данных предыдущих исследователей уточнить критерии прогноза и поиска золото-сульфидно-кварцевых месторождений штокверкового типа (на примере Васильковского месторождения).

Решение перечисленных задач в результате проведенного исследования позволили диссертанту вынести на защиту следующие **защищаемые положения:**

Первое защищаемое положение. Золоторудная минерализация на Васильковском месторождении связана с внедрением габброидной и гранодиоритовой интрузии, сформированных в тектонически напряженной геодинамической обстановке, что способствовало интенсивному метасоматическому преобразованию пород в контактовой зоне и проявлению процессов эндогенного рудообразования. Различные модели поведения РЗЭ, контрастные содержания рассеянных элементов (Rb, Th, Ce, Zr) и другие петрохимические показатели указывают на стадийное поступление рудоносного флюида из различных магматических источников при переменном механизме плавления.

Второе защищаемое положение. Локальный U-Pb (SHRIMP) метод определения возраста вмещающих магматических пород показал, что габброидный и гранодиоритовый комплексы внедрялись в пределах узкого временного интервала (470–465 Ma), что соответствует средне-ордовикскому времени.

Третье защищаемое положение. На месторождении проявлено золото двух генераций: свободное, связанное с кварц-карбонатными прожилками и связанное с сульфидами. Основным носителем золота является арсенопирит, при этом золото не входит в кристаллическую решетку арсенопиритов,

являясь механической примесью, что подтверждается его высокой пробностью и результатами электронной микроскопии. Прослежена тесная ассоциация золота с минералами висмута.

Четвертое защищаемое положение. Установлены закономерности формирования и последовательность рудообразования на Васильковском месторождении, уточнены критерии прогноза и поисков сульфидно-кварцевых штокверковых месторождений (коллизонная геодинамическая обстановка, высокая тектоническая активность; рудоконтролирующая роль разрывной тектоники, интенсивные процессы метасоматоза и их зональность; проявление Au-As-Bi-Te минерализации, значительный вертикальный размах золотого оруденения).

Научная новизна:

- на основании интерпретации закономерностей распределения редких и рассеянных элементов уточнены источники рудоносного флюида;
- на основе определения возраста вмещающих магматических комплексов (15 обр.) U-Pb методом (SHRIMP) достоверно установлен возраст магматических комплексов;
- определена форма нахождения золота в рудах месторождения;
- установлены новые, не описанные ранее в литературе минералы (мальдонит, ингодит, хедлейит);
- определена этапность и стадийность формирования оруденения, а также детализована последовательность формирования рудных ассоциаций
- уточнены геологические условия формирования и предложены критерии прогнозирования штокверковых золото-сульфидно-кварцевых месторождений на примере месторождения Васильковское.

Практическая значимость

Полученные результаты по возрасту внедрения интрузивных комплексов и данные о их источниках могут эффективно использоваться при планировании и проведении дальнейших геологоразведочных работ на территории Северного Казахстана и сопредельных районов.

Новые данные по минеральному составу руд месторождения могут быть использованы для повышения процента извлечения золота и корректировки уже применяемых технологических схем обогащения золото-мышьяковистых руд (см. Акт внедрения в производство).

Уточненные критерии прогноза и поисков могут быть использованы для выявления новых и изучения известных аналогичных сульфидно-кварцевых штокверковых месторождениях.

Основные результаты исследования:

Проведен большой объем исследований и аналитических работ, направленных на изучение вещественного состава пород и руд Васильковского месторождения. Впервые проведены комплексные геохронологические исследования U-Pb, Ar-Ar и Re-Os методами. Аналитические работы проводились в научно-исследовательских лабораториях Казахстана, России и Ирландии.

Петрографические характеристики пород, структурно-текстурные характеристики и особенности срастания и замещения минералов исследовались в шлифах (86 штук) при помощи оптических микроскопов Olympus VX-51 (филиал РГП «НЦ КИМС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск), Polam-MCP300 (ФГБУ «ВСЕГЕИ» им. А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург).

Для изучения петрохимических особенностей гранодиоритового и габброидного комплексов проведен полный силикатный анализ для 27 образцов. Анализы выполнялись в лаборатории ALS Minerals в г. Лугри (Ирландия). Концентрации элементов определялись методами ICP-AES, ICP-MS.

Минералогический анализ руд и рудных минералов проведен для 140 образцов (85 аншлифов, 55 брикетов). Исследования выполнялись на оптическом микроскопе Olympus VX-51 в филиал РГП «НЦ КИМС РК» «ВНИИцветмет». Количественный состав минералов, характер распределения золота и его пробность определялись на сканирующем электронном микроскопе Tescan Mira 3 LMU JSM-6510LV оборудованном энергодисперсионным спектрометром INCAEnergy 350 в Аналитическом центре Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (г. Новосибирск), а также на растровом сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV производства фирмы «JEOL Ltd.» с приставкой энергодисперсионного анализа INCA Energy производства «OXFORD Instruments» лаборатории инженерного профиля «ИРГЕТАС» (г. Усть-Каменогорск). Выполнено определение концентраций благородных металлов (Au и Ag) в арсенопиритах различных генераций атомно-абсорбционным методом на спектрометре Перкин-Элмер в АЦ Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (г. Новосибирск).

Определен изотопный состав серы сульфидов для 16 образцов в АЦ ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) на масспектрометре Finnigan D, для анализа был использован газ SO₂, полученный из сульфидов в процессе окисления в твердом состоянии.

Геохронологические исследования магматических пород, вмещающих гранодиоритовый и габбровый комплексы, выполнялось в ФГБУ «ВСЕГЕИ» им. А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург) – всего 15 образцов. Возраст определялся локальным U-Pb методом (SHRIMP) по циркону, как наиболее устойчивому и информативному минералу. Для всех цирконов (более 300 кристаллов) был выполнен катодолюминесцентный анализ при помощи сканирующего электронного микроскопа CamScan MX2500 с системой CLI/QUA2.

Для определения возраста рудной минерализации был выполнен анализ ⁴⁰Ar/³⁹Ar для биотита, серицита и КППШ из рудной ассоциации (всего 5 образцов). Анализ был проведен в АЦ ИГМ СО РАН (г. Новосибирск) на масспектрометре Micromass Noble gas 5400 по методике ступенчатого прогрева в кварцевом реакторе.

Фактический материал и личный вклад автора

Диссертационная работа базируется на материалах полевых работ (3 полевых сезона, более 200 образцов) и исследований докторанта за период 2012-2018 гг. Автором самостоятельно проведено изучение вещественного состава пород и руд, а также интерпретация полученных данных по геохимии, геохронологии и изотопии.

Работа проводилась при грантовом финансировании Комитета науки МОН РК по теме «Металлогенический анализ щелочного магматизма и золотого оруденения на примере месторождений Бакырчик, Васильковское и Секисовка» (2015-2017 гг.).

В работе кроме собственных материалов диссертанта были использованы также опубликованные и фондовые материалы ряда предыдущих исследователей – В. М. Абишева, М.С. Рафаиловича, В.Б. Чекваидзе, И.З. Исаковича и других отечественных и зарубежных авторов, перечень которых и ссылки на которые приведены в списке использованных источников.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертационной работы докладывались на зарубежной 12-ой ежегодной конференции «12 th SGA Biennial Meeting: Mineral deposit research for a high – tech world» (Sweden, Uppsala, 12-15 августа, 2013 г.), на Международной студенческой конференции «37th Annual Meeting Mineral Deposits Studies Group» (Oxford, UK, 6-7 января 2014 г.), Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение», (Алматы, 18-19 марта 2014 г.), Международном симпозиуме «Гигантские месторождения золота Центральной Азии. Укрепление золоторудного потенциала Казахстана» (Алматы, 2014 г.), на 13-ой конференции «13th Biennial SGA Meeting on Mineral Resources in a Sustainable» (Nancy, France, 24-27 августа 2015 г.), IX Международной конференции «Эффективное использование ресурсов и охраны окружающей среды – ключевые вопросы развития горно-металлургического комплекса» и XII Международной научной конференции «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноминералов» (г. Усть-Каменогорск, 20-23 мая, 2015 г.), Международной научно-практической конференции Абишевские чтения – 2016 «Инновации в комплексной переработке минерального сырья» (г. Алматы, 21-22 января 2016 г.), на 6-ой Российской молодежной научно-практической школе с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования», (г. Москва, Россия, 28 ноября – 2 декабря 2016 г.), на 38-ой Международной ежегодной зимней конференции «Mineral Deposits Studies Group» (Ireland, 4-7 января 2016 г.), на ежегодной конференции SEG «Ore Deposits of Asia: China and Beyond Proceedings of International Conference» (Beijing, China, 17-20 сентября 2017 г.) и на Сатпаевских чтениях «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии» (г. Алматы, 12 апреля 2018).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 28 работ, из них 7 в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК (Вестник ВКГТУ, Труды университета, Горный журнал Казахстана, Геология и охрана недр); 4 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science Core Collection; одна монография в соавторстве и 16 статей в материалах международных научных конференций дальнего и ближнего зарубежья.